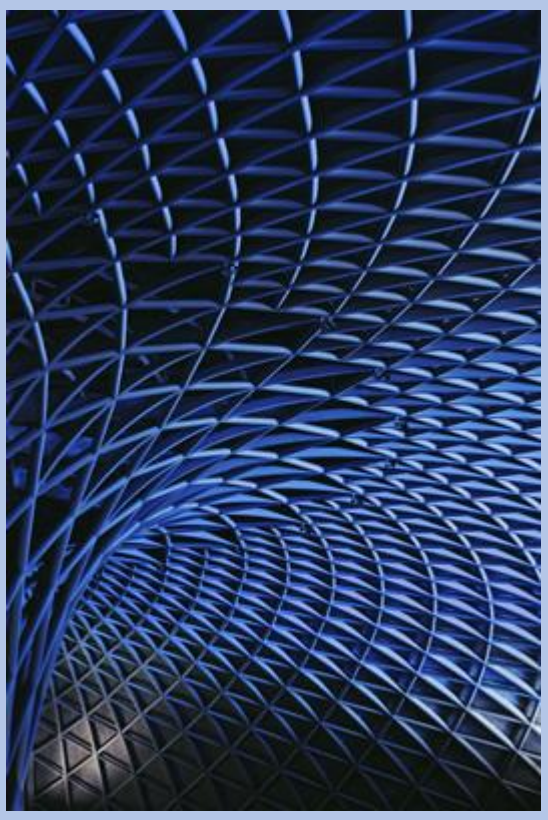
AXIS VM X6

BENUTZERHANDBUCH



Dieses Programm soll die Planungsarbeit erleichtern. Die Benutzung dieses Programms verringert nicht die Verantwortung des Benutzers. Bei der Problemlösung ist auch weiterhin verbindliche Sorgfalt und die Beachtung der gültigen Vorschriften, Regelungen und Normen notwendig.

Inter-CAD Kft.

Copyright © 1991-2022 Inter-CAD Kft
™ Alle Marken- und Produktnamen sind die Schutzmarken ihrer Besitzer.

Die INTER-CAD Kft. behält sich das Recht vor, ihr Produkt ohne Voranzeige zu ändern.

INHALT

1. Neue Funktionen in Version X6 13

2. Benutzung 16

2.1. Systemanforderungen 16

2.2. Programmschutz und Installation, Programmstart, Upgrade, Kapazität, Sprache 17

2.2.1. Hardwareschlüssel 17

2.2.2. Software-Schlüssel 20

2.2.3. Installation 22

2.3. Wie soll ich beginnen? 30

2.4. Die Aufteilung des Bildschirmes 31

2.5. Arbeiten mit der Tastatur, mit der Maus und dem Cursor 32

2.6. Tastaturkürzel 34

2.7. Schnellmenü 39

2.8. Dialog-Fenster 39

2.9. Tabellen 40

2.10. Ausgabezusammenstellung 47

2.10.1. Ausgabe Werkzeugleiste 50

2.10.2. Ausgabe 50

2.10.3. Editieren 52

2.10.3.1. Vorlagenbasierte Ausgabe 53

2.10.3.2. Editieren einer Vorlage 54

2.10.3.3. Filter basierender Report 58

2.10.4. Zeichnungen 58

2.10.5. Galerie 58

2.10.6. Galerie und Zeichnungsbibliothek Werkzeugleiste 59

2.10.7. Texteditor 59

2.11. Geschosse 60

2.12. Folienmanager 60

2.13. Zeichnungsbibliothek 60

2.14. Ansicht in Zeichnungsbibliothek speichern 60

2.15. Aktuelle Ansicht als 3D PDF exportieren – PDF Modul 60

2.16. Die Symbolpalette 61

2.16.1. Markierung 62

2.16.2. Vergrößern, Verkleinern 64

2.16.3. Ansichten 65

2.16.4. Darstellungen 67

2.16.5. Farbcodierung 70

2.16.6. Geometrische Objekt-Transformationen 72

2.16.6.1. Verschieben 73

2.16.6.2. Drehen 74

2.16.6.3. Spiegeln 75

2.16.6.4. Skalieren 76

2.16.7. Arbeitsebenen 77

2.16.8. Achs-Raster 78

2.16.9. Lineale 80

2.16.10. Geometriewerkzeuge 81

2.16.11. Bemassung, Symbole und Texte 82

2.16.11.1. Achsenparallele Bemassungslinien 83

2.16.11.2. Angepasste Bemassungslinien 85

2.16.11.3. Winkelbemassung 85

2.16.11.4. Bogenlänge 86

2.16.11.5. Bogenradius 86
2.16.11.6. Höhen- und Kotenbemassung 86
2.16.11.7. Textbox 87
2.16.11.8. Ergebnisse 89
2.16.11.9. Isolinienbeschriftung 91
2.16.11.10. Bemassungslinie 91
2.16.12. Hintergrundfolie editieren 91
2.16.13. Umbenennen/Umnummerieren 93
2.16.14. Detail 94
2.16.15. Schnitt 96
2.16.16. Virtuelle Stäbe 100
2.16.17. Suchen 103
2.16.18. Darstellung 103
2.16.19. Modell-Optionen 108
2.16.19.1. Punktraster & Cursor 109
2.16.19.2. Bearbeiten 110
2.16.19.3. Zeichnung 111
2.16.19.4. Überprüfen der Lasten 112
2.16.20. Information 112
2.17. Intelligente Eingabezeile 113
2.18. Schnellschalter 116
2.18.1. Objektfang 117
2.19. Informationspalette 117
2.19.1. Infopalette 118
2.19.2. Koordinaten-Palette 118
2.19.3. Farbcodierung 118
2.19.4. Farbskala 119
2.19.5. Perspektiven-Ansicht Werkzeug 122
3. Menü 123
3.1. Datei 123
3.1.1. Neues Modell 123
3.1.2. Vorherige Überarbeitungen 124
3.1.3. Öffnen 125
3.1.4. Speichern 126
3.1.5. Speichern unter 126
3.1.6. Export 126
3.1.6.1. Als DXF exportieren 126
3.1.6.2. Als IFC exportieren 127
3.1.6.3. Exportieren in Revit 128
3.1.6.4. In Tekla Strukturen exportieren 132
3.1.6.5. In Nemetschek AllPlan exportieren 132
3.1.6.6. In AxisVM exportieren 134
3.1.6.7. In andere Programmen exportieren 135
3.1.7. Import 136
3.1.7.1. Eine DXF-Datei importieren 136
3.1.7.2. IFC-Dateien importieren 137
3.1.7.3. Revit RAE Dateien importieren 139
3.1.7.4. Import aus Tekla Structures 145
3.1.7.5. PDF-Dateien importieren – PDF Modul 145
3.1.7.6. SAF-Dateien importieren 146
3.1.7.7. AxisVM AXS-Dateien importieren 147
3.1.7.8. Dateien von anderen Programmen importieren 148
3.1.8. Parametrisierte Geometriemodelle 149
3.1.8.1. Grasshopper/Rhinoceros Plugin 150
3.1.8.2. Dynamo/Revit Plugin 150
3.1.9. Tekla Structures-AxisVM Verbindung – TI modul 150
3.1.9.1. Zwei-Weg Verbindung für Tekla Strukturen Version 2019 und neuer 150
3.1.9.2. Ein-Weg Verbindung für Tekla Strukturen der Version 2019 und neuer 161

3.1.10. Kopfzeile ... 164
3.1.11. Drucker einrichten ... 164
3.1.12. Drucken ... 164
3.1.13. Drucken aus Datei ... 167
3.1.14. Modelldatenbank ... 167
3.1.15. Materialdatenbank ... 168
3.1.16. Profildatenbank ... 173
3.1.16.1. Querschnittseditor ... 177
3.1.17. Feder-Bibliothek ... 191
3.1.17.1. Node-to-node spring ... 192
3.1.17.2. Seismische Isolatoren ... 196
3.1.18. Beenden ... 197
3.2. Editieren ... 198
3.2.1. Rückgangig (Undo) ... 198
3.2.2. Vorgängig (Redo) ... 198
3.2.3. Letzten Befehl wiederholen ... 198
3.2.4. Alle markieren ... 198
3.2.5. Vorherige Auswahl speichern ... 199
3.2.6. Kopieren ... 199
3.2.7. Einfügen ... 199
3.2.8. Kopieren-/Einfügen-Optionen ... 199
3.2.9. Löschen ... 200
3.2.10. Tabellenanzeige ... 201
3.2.11. Ausgabe Zusammenstellen ... 201
3.2.12. Bilder und Bemessungen speichern ... 202
3.2.13. Gewichtsanalyse ... 202
3.2.14. Konstruktionselemente zusammenstellen ... 203
3.2.15. Konstruktionselemente auflösen ... 203
3.2.16. Flächenlasten auf Stäben konvertieren ... 203
3.2.17. Stäbe in Schalenmodell konvertieren ... 203
3.2.18. Schalenmodell für eine Knotenverbindung erzeugen ... 204
3.2.19. Konvertieren von Lasten einer ausgewählten Lastebene zu einzelnen Lasten ... 204
3.2.20. Automatische Referenzen konvertieren ... 204
3.2.21. Parametrische Rippen unabhängig machen ... 204
3.3. Einstellungen ... 204
3.3.1. Darstellung ... 205
3.3.2. Modelleigenschaften ... 205
3.3.3. Folienmanager ... 205
3.3.4. Stockwerke ... 207
3.3.5. Lineale ... 209
3.3.6. Raster ... 209
3.3.7. Norm ... 209
3.3.8. Einheiten ... 210
3.3.9. Gravitation ... 211
3.3.10. Steifigkeitsreduktion ... 211
3.3.11. Grundeinstellungen... ... 212
3.3.11.1. Datensicherheit ... 213
3.3.11.2. Farben ... 215
3.3.11.3. Graphische Symbole ... 215
3.3.11.4. Schriftarten ... 216
3.3.11.5. Dialogfenster ... 217
3.3.11.6. Default namen ... 218
3.3.11.7. Bearbeiten ... 218
3.3.11.8. Netzgenerierung ... 219
3.3.11.9. Werkzeugleiste ... 220
3.3.11.10. Darstellung ... 221
3.3.11.11. Details ... 222
3.3.11.12. Lastgruppen ... 222
3.3.11.13. Berechnung ... 223
3.3.11.14. Ausgabe ... 224

3.3.11.15. Aktualisierung ... 225
3.3.12. Tastaturkürzel ... 226
3.3.13. Sprache ... 227
3.3.14. Dokumentationssprache ... 228
3.3.15. Werkzeugleisten in Standardposition Setzen ... 228
3.3.16. Dialogfenster in Standardposition ... 228
3.4. Ansichten ... 228
3.5. Plugins ... 230
3.6. Fenster ... 230
3.6.1. Eigenschaftseditor ... 230
3.6.2. Infopalette / Koordinatenpalette / Farbskalapalette ... 231
3.6.3. Hintergrundbild ... 231
3.6.4. Horizontale Aufteilung ... 232
3.6.5. Vertikale Aufteilung ... 233
3.6.6. Weitere Aufteilungen ... 233
3.6.7. Schliessen ... 234
3.6.8. Beschriftungsgrösse ändern ... 234
3.6.9. Überschneidung von Beschriftungen vermeiden ... 234
3.6.10. Zeichnungsbibliothek ... 234
3.6.10.1. Export von Zeichnungen als 3D PDF Datei – PDF Modul ... 236
3.6.11. Ansicht in Zeichnungsbibliothek speichern ... 236
3.7. Hilfe ... 237
3.7.1. Inhalt ... 237
3.7.2. Wegweiser ... 237
3.7.3. AxisVM Home Page ... 237
3.7.4. AxisVM Update ... 238
3.7.5. Info über AxisVM ... 238
3.7.6. Release-Informationen ... 238
3.8. Hauptsymbolleiste ... 239
3.8.1. 3D PDF Erstellen – PDF Modul ... 239
4. Dateneingabe ... 240
4.1. Geometrie ... 240
4.2. Das Eingabefenster ... 241
4.2.1. Aufteilung der Arbeitsfläche in mehrere Fenster ... 241
4.3. Koordinatensysteme ... 242
4.3.1. Grund- (Orthogonales) Koordinatensystem ... 242
4.3.2. Hilfs- (Zylinder, Kugel) Koordinatensysteme ... 243
4.4. Koordinatenpalette ... 243
4.5. Hilfsnetz- (Grid) System ... 244
4.6. Cursorschrittweite (Snap) ... 244
4.7. Editorzubehör ... 245
4.7.1. Umgebungskreis (Aura) ... 245
4.7.2. Die numerische Eingabe eines Koordinatenwertes ... 246
4.7.3. Abstandmessung ... 247
4.7.4. Gebundene Richtungen ... 247
4.7.5. Koordinaten Sperren ... 248
4.7.6. Automatisches Trimmen ... 249
4.8. Befehle im Geometrie Editor ... 249
4.8.1. Knotenpunkt ... 249
4.8.2. Linie ... 250
4.8.3. Kreisbogen ... 251
4.8.4. Horizontale Aufteilung ... 252
4.8.5. Vertikale Aufteilung ... 252
4.8.6. Viereck- und Dreieckaufteilung ... 252
4.8.7. Linienaufteilung ... 254

4.8.8. Schnittpunkt ... 254
4.8.9. Knoten entfernen ... 254
4.8.10. Zwischenknoten entfernen ... 255
4.8.11. Linien bis zu anderen Linien verlängern ... 255
4.8.12. Linien schneiden um andere Linien zu erreichen ... 256
4.8.13. Linien bis Schnittpunkt verlängern/schneiden ... 256
4.8.14. Kürzeste Verbindung ... 257
4.8.15. Modell mit Ebene schneiden ... 257
4.8.16. Modell mit Ebene schneiden und eine Modellhälfte löschen ... 257
4.8.17. Bereichsknotenpunkte ... 257
4.8.18. Nicht benötigte Linien und Knoten löschen ... 257
4.8.19. Geometrie kontrollieren ... 258
4.8.20. Fläche ... 259
4.8.21. Modifizieren, Transformieren ... 259
4.8.22. Löschen ... 261
4.9. Elemente ... 262
4.9.1. Material ... 262
4.9.2. Querschnitt ... 264
4.9.2.1. Profiltabellen durchsuchen ... 265
4.9.3. Federeigenschaften ... 267
4.9.4. Objekte direkt erstellen ... 268
4.9.5. Auflager direkt erstellen ... 269
4.9.6. Bereich ... 270
4.9.6.1. Definieren eines normalen Bereichs ... 271
4.9.6.2. Verbundrippen Bereich ... 273
4.9.6.3. Hohlkern Bereich ... 274
4.9.6.4. Parametrisierte Rippendecken ... 275
4.9.6.5. Trapezförmige Profilbleche ... 276
4.9.6.6. Bereich mit benutzerdefinierter Steifigkeitsmatrix ... 277
4.9.6.7. XLAM-Bereich – XLM Modul ... 278
4.9.7. Loch ... 280
4.9.8. Bereichsoperationen ... 280
4.9.9. Linienelemente ... 281
4.9.9.1. Fachwerkstab ... 282
4.9.9.2. Stabelement ... 283
4.9.9.3. 7DOF - Stabelemente mit sieben Freiheitsgraden ... 293
4.9.9.4. Plattenbalkenelemente ... 295
4.9.10. Flächenelemente ... 298
4.9.10.1. Scheibe ... 299
4.9.10.2. Platte ... 300
4.9.10.3. Schale ... 301
4.9.11. Knoten-/Punktlager ... 302
4.9.11.1. Berechnung der Auflagersteifigkeit ... 305
4.9.12. Linienauflager ... 310
4.9.12.1. Berechnung der lokalen Linienauflagersteifigkeiten ... 312
4.9.13. Flächenauflager ... 313
4.9.13.1. Berechnung der Auflagersteifigkeit ... 314
4.9.14. Randgelenk ... 315
4.9.15. Starrkörperelemente ... 315
4.9.16. Diaphragma ... 316
4.9.17. Feder ... 317
4.9.18. Kontaktelement ... 319
4.9.19. Seismische Isolatoren ... 320
4.9.20. Verbindungselement ... 322
4.9.21. Freiheitsgrade ... 325
4.9.22. Referenzen ... 327
4.9.23. Generieren eines statischen Systems aus einem Architekturmodell ... 331
4.9.24. Ändern ... 335
4.9.25. Löschen ... 335
4.10. Lasten ... 336

4.10.1. Lastfälle, Lastfallgruppen ... 336
4.10.2. Lastfallkombinationen ... 343
4.10.3. Knotenlasten ... 346
4.10.4. Konzentrierte Lasten auf Stabelementen ... 347
4.10.5. Einzellast auf Bereich oder Lastebene ... 348
4.10.6. Linienlast auf Stab /Plattenbalken ... 349
4.10.7. Randlast ... 350
4.10.8. Linienlast auf Bereich oder Lastebene ... 351
4.10.9. Flächenlasten ... 353
4.10.10. Netzunabhängige Flächenlasten auf Bereichen ... 354
4.10.11. Flächenlast verteilt über Linienelemente ... 357
4.10.12. Lastebenen ... 359
4.10.13. Schneelasten – SWG Modul ... 361
4.10.14. Windlasten – SWG Modul ... 369
4.10.15. Generieren der Windlast aus CFD-Dateien (Computational Fluid Dynamics) – CFD Modul ... 382
4.10.16. Flüssigkeitslast ... 383
4.10.17. Eigengewicht ... 383
4.10.18. Längenänderung ... 383
4.10.19. Spann-/Druckkraft / Initialkraft ... 384
4.10.20. Temperaturlast auf Linienelementen ... 384
4.10.21. Temperaturlast auf Bereichen ... 385
4.10.22. Auflagerbewegungen ... 385
4.10.23. Einflusslinie ... 386
4.10.24. Erdbebenbemessung – SE1 Modul ... 386
4.10.24.1. Berechnung der seismischen Lasten nach Eurocode 8 ... 388
4.10.24.2. Erdbebenberechnung nach SIA 261 (Schweiz) ... 393
4.10.24.3. Erdbebenberechnung nach EC8-1 NA (Deutschland) ... 393
4.10.24.4. Erdbebenberechnung nach NTC 2018 (Italien) ... 393
4.10.24.5. Erdbebenberechnung nach P100-1 (Rumanien) ... 394
4.10.24.6. Erdbebenberechnung nach NPR 9998:2018 (Niederlande) ... 394
4.10.25. Pushover Lasten – SE2 Modul ... 394
4.10.26. Globale Imperfektion ... 396
4.10.27. Lokale Imperfektionen proportional zur Knickform ... 397
4.10.28. Vorspannung – PS1 Modul ... 397
4.10.28.1. Nachspannen von Träger- und Rippenelementen ... 397
4.10.28.2. Nachspannen von Bereichen ... 406
4.10.29. Bewegliche Lasten ... 409
4.10.29.1. Bewegliche Lasten auf Linienelementen ... 411
4.10.29.2. Bewegliche Lasten auf Bereichen oder Lastebenen ... 412
4.10.30. Dynamische Lasten (für Time-History-Berechnung) - DYN Modul ... 413
4.10.30.1. Dynamische Knotenlast ... 418
4.10.30.2. Dynamische Konzentrierte Lasten in Bereichen oder auf Lastebenen ... 419
4.10.30.3. Netzunabhängige, dynamische Flächenlast in bereichen oder auf Lastebenen ... 419
4.10.30.4. Dynamische Auflager beschleunigung ... 419
4.10.30.5. Dynamische Knoten-beschleunigung ... 420
4.10.30.6. Dynamsiche Punklast in Bereichen und Lastebenen. ... 420
4.10.30.7. Dynamische Flächenlasten in Bereichen und Lastebenen. ... 420
4.10.31. Brandeinwirkung auf Lienienelemente aus Stahl – SD8 Modul ... 421
4.10.32. Brandeinwirkung auf Lienienelemente aus Holz – TD8 modul ... 427
4.10.33. Brandeinwirkung auf Lienienelemente aus Beton – RC8-B module ... 431
4.10.34. Lasten in separate Lastfälle aufteilen ... 434
4.10.35. Knotenmassen ... 435
4.10.36. Modifizieren ... 435
4.10.37. Löschen ... 435
4.11. Netz ... 436
4.11.1. Netzgenerierung ... 436
4.11.1.1. Netzgenerierung von Linienelementen ... 436
4.11.1.2. Netzgenerierung von Bereichen ... 437
4.11.2. Netzverfeinerung ... 438
4.11.3. Netzüberprüfung ... 439

4.11.4. Freie Kanten auswählen ... 439
4.11.5. Alle Netze löschen ... 439

5. Berechnung ... 440

5.1. Statik ... 442
5.2. Schwingungsanalyse ... 447
5.2.1. Schwingungsfaktor ... 449
5.3. Dynamische Berechnung ... 451
5.4. Knicken ... 454
5.5. Finite Elemente ... 455
5.6. Schritte einer Analyse ... 458
5.7. Fehlermeldungen ... 459

6. Ergebnisse ... 460

6.1. Statik ... 460
6.1.1. Minimum-, Maximum Werte ... 466
6.1.2. Animation ... 467
6.1.3. Diagrammdarstellung ... 468
6.1.4. Pushover Kapazitätskurven ... 472
6.1.4.1. Kapazitätskurven nach Eurocode 8 ... 473
6.1.4.2. Beschleunigung-Verschiebung Antwortspektrum (ADRS) ... 473
6.1.4.3. Drift ... 474
6.1.5. Ergebnistabellen ... 474
6.1.5.1. Resultattabellen von Segmentschnitten ... 476
6.1.6. Verschiebung ... 476
6.1.6.1. Nichtlineare Berechnung der totalen Durchbiegung (wtot) für Stahlbeton Platten ... 479
6.1.6.2. Relative Verschiebungen ... 479
6.1.7. Knotengeschwindigkeiten ... 480
6.1.8. Knotenbeschleunigungen ... 481
6.1.9. Stab/Fachwerkstab - Schnittkräfte ... 481
6.1.10. Plattenbalken - Schnittkräfte ... 484
6.1.11. Virtueller Stab Schnittkräfte ... 485
6.1.12. Flächenelemente - Beanspruchungen ... 486
6.1.13. Auflagerelement - Beanspruchungen ... 488
6.1.14. Schnittkräfte der Linie-Linie-Verbindungselementen und Kantenachsen ... 489
6.1.15. Innere Kräfte von Federelementen ... 490
6.1.16. Dehnungen von Fachwerk-, Stab- und Plattenbalkenelementen ... 490
6.1.17. Spannungspunkt-Dehnungen von Fachwerk-, Träger- und Rippenelementen ... 491
6.1.18. Dehnung von Flächenelementen ... 491
6.1.19. Spannungspunkt-Dehnungen von Flächenelementen ... 493
6.1.20. Verformungen von Federelmenten ... 493
6.1.21. Stab/Fachwerkstabelement - Spannungen ... 493
6.1.22. Flächenelemente - Spannungen ... 498
6.1.23. Nichtlineare Resultate von Federelementen ... 502
6.1.24. Federelement dynamische Resultate ... 503
6.1.25. Einflusslinien ... 504
6.1.26. Unberücksichtigte Kräfte ... 505
6.2. Knicken ... 505
6.2.1. Berücksichtigung von lokalen Imperfektionen proportional zur Knickform – IMP-Modul ... 505
6.3. Schwingungen ... 507
6.4. Dynamik ... 508
6.5. Bewehrung ... 509
6.5.1. Parameter der Flächenbewehrung und Bewehrungsberechnung - RC1 Modul ... 509
6.5.1.1. Berechnung der othogonalen x/y Bewehrung gemäss Eurocode 2 ... 513
6.5.1.2. Berechnung der othogonalen x/y Bewehrung gemäss DIN EN, DIN 1045-1 und SIA 262 ... 515
6.5.1.3. Berechnung von schiefer Bewehrung gemäss Eurocode 2 und SIA 262 ... 516

6.5.1.4. Berechnung der Bewehrung von Verbunddecken mit Tapezblechen nach Eurocode und SIA ... 517
6.5.2. Vorhandene Bewehrung ... 521
6.5.2.1. Bewehrung für Flächenelemente und Bereiche ... 522
6.5.2.2. Netzunabhängige Bewehrung ... 524
6.5.3. Balkenbewehrung (einachsige Biegung) ... 525
6.5.4. Tatsächliche Bewehrung gegen zweiachsige Biegung (Stütze) ... 529
6.5.5. Nichtlineare Berechnung der Balken- und Stützenbewehrung ... 533
6.5.6. Nichtlineare Berechnung von Stahlbetonflächen ... 535
6.5.7. Rissnachweis ... 536
6.5.7.1. Berechnung nach Eurocode 2 ... 537
6.5.7.2. Berechnung nach DIN 1045-1 ... 537
6.5.8. Schubwiderstandsberechnung von Platten und Schalen – RC3 Modul ... 538
6.5.8.1. Berechnung nach Eurocode 2 ... 539
6.5.8.2. Berechnung nach DIN 1045-1 ... 539
6.5.8.3. Berechnung nach SIA 262 ... 540
6.5.9. Bemessung der Stützenbewehrung RC2 Modul ... 540
6.5.9.1. Berechnung der Exzentrizität ... 547
6.5.9.2. Kontrolle von Stahlbetonstützen nach Eurocode 2 (Biegung mit Normalkraft) ... 549
6.5.9.3. Kontrolle von Stahlbetonstützen nach DIN 1045-1 (Biegung mit Normalkraft) ... 551
6.5.9.4. Nachweis von Stahlbetonstützen nach SIA 262 (Biegung mit Normalkraft) ... 552
6.5.9.5. Querkraft- und Torsionsnachweis für Stahlbetonstützen ... 553
6.5.9.6. Querkraft- und Torsionsnachweis gemäss Euro Code 2 und DIN 1045-1 ... 555
6.5.9.7. Querkraft- und Torsionsnachweis gemäss SIA 262 ... 557
6.5.9.8. Kapazitätsbemessung: Berechnung des Bemessungswerts der Querkraft nach Eurocode und SIA ... 557
6.5.10. Bemessung von Verbundstützen – RC2 Modul ... 559
6.5.10.1. Bemessung nach Eurocode und SIA-Normen ... 561
6.5.11. Bemessung der Balkenbewehrung – RC2 Modul ... 562
6.5.11.1. Arbeitsschritte Balkenbemessung ... 563
6.5.11.2. Kontrolle Balkenbemessung ... 566
6.5.11.3. Nachweis der aktuellen Balkenbewehrung ... 568
6.5.11.4. Balkenbewehrung nach Eurocode2 ... 570
6.5.11.5. Balkenbemessung gemäß DIN 1045-1 ... 572
6.5.11.6. Balkenbemessung gemäß SIA 262:2003 ... 574
6.5.12. Brandbemessung von Stahlbetonträgern und -stützen – RC8-B Modul ... 575
6.5.13. Durchstanznachweis – RC3 Modul ... 578
6.5.13.1. Durchstanzanalyse gemäss Eurocode ... 579
6.5.13.2. Durchstanzanalyse gemäss SIA 262 ... 587
6.5.13.3. Durchstanzbewehrung nach DIN 1045-1 ... 590
6.5.13.4. Durchstanzbewehrung nach SIA 262:2003 ... 592
6.5.14. Fundamentbemessung – RC4 Modul ... 592
6.5.14.1. Bemessung Einzelfundament ... 592
6.5.14.2. Bemessung Streifenfundament ... 604
6.5.14.3. Bodenschichten-Editor ... 604
6.5.14.4. Bodenschichtenbibliothek ... 606
6.5.15. Bemessung von Stahlbetonkernen und -wänden – RC5 modul ... 606
6.5.15.1. Definition der Wand-/Kernbewehrung ... 611
6.5.15.2. Kern-/Wandbewehrung bemessen ... 614
6.5.15.3. Berechnung der Exzentrizität ... 616
6.5.15.4. Nachweis von Stahlbetonwänden gegen Querkraft ... 619
6.5.15.5. Resultate ... 622
6.5.16. Spannungs-Dehnungs-Analyse von Stahlbetonquerschnitten – RC6 Modul ... 624
6.5.16.1. Spannungs-Dehnungs-Analyse von Trägern und Stützen ... 624
6.5.16.2. Parameter der Spannungs-Dehnungs-Berechnung ... 626
6.5.16.3. Spannungs-Dehnungs-Berechnung ... 628
6.5.16.4. Ergebnisse ... 628
6.5.16.5. Spannungs-Dehnungs-Analyse von Flächenelementen ... 630
6.6. Stahlbemessung ... 632
6.6.1. Stahlbemessung nach Eurocode 3 – SD1 Modul ... 632
6.6.1.1. Bemesssungsparameter Tragsicherheit ... 638
6.6.1.2. Bemessungsparameter Gebrauchstauglichkeit ... 646

6.6.1.3. Diagramme und Bemessungsberechnungen ... 647
6.6.1.4. Stahl-Querschnitt optimieren – SD9 modul ... 649
6.6.2. Stahlbemessung nach SIA 263:2003 ... 653
6.6.3. Brandbemessung von Stahlträgern gemäss Eurocode 3 – SD8 modul ... 657
6.6.4. Schraubenverbindungen ... 667
6.6.5. Bemessung von Stahlbauverbindungen – SC1 Modul ... 670
6.7. Holzbemessung ... 672
6.7.1. Holzbemessung – TD1 Modul ... 672
6.7.1.1. GZT-Bemessungsparameter (ULS) ... 676
6.7.1.2. GZG-Bemessungsparameter (SLS) ... 678
6.7.2. Holz Brandbemessung – TD8 Modul ... 682
6.7.3. Holzquerschnitt-Optimierung – TD9 Modul ... 685
6.8. Bemessung von XLAM Bereichen – XLM Modul ... 686
6.9. Mauerwerkwände Bemessung – MD1 Modul ... 689
6.9.1. Komplexe Analyse von unbewehrten Mauerwerken ... 689
6.9.1.1. Definition von Mauerwerkswänden und ihre Paramter ... 689
6.9.1.2. Parameter von Mauerwerkswandstreifen ... 693
6.9.1.3. Bereich als Mauerwerkswand überprüfen ... 695
6.9.1.4. Nachweis von Mauerwerkwänden, Definition von Bemessungs- und Anschlussparameter ... 695
6.9.1.5. Anzeigen der Mauerwerkswände im Modell ... 702
6.9.1.6. Resultate ... 703
6.9.1.7. Prinzipien der Überprüfung ... 708
6.9.1.8. Nachweis nach Eurocode 6 ... 709
6.9.1.9. Nachweis nach NTC ... 713
6.9.1.10. Nachweis nach SIA ... 716
7. Programmierung AxisVM – COM Modul ... 720
8. AxisVM Viewer und Viewer Expert ... 721
9. Beispiele ... 722
9.1. Ebenes Rahmentragwerk aus Stahl, statische Analyse Statik/I (Theorie I. Ordnung) ... 722
9.2. Ebenes Rahmentragwerk aus Stahl, statische Analyse Statik II (Theorie II. Ordnung) ... 723
9.3. Ebenes Rahmentragwerk aus Stahl, Biegeknick-Analyse ... 724
9.4. Ebenes Rahmentragwerk aus Stahl, Schwingungsanalyse nach der Theorie I. Ordnung ... 725
9.5. Ebenes Rahmentragwerk aus Stahl, Schwingungsanalyse nach der Theorie II. Ordnung ... 726
9.6. Stahlbetonscheibe, statische Analyse nach Theorie I. Ordnung ... 727
9.7. Stahlbetonplatte, in den Kanten gelenkig aufgelagert, statische Analyse nach Theorie I. Ordnung ... 728
9.8. Stahlbetonplatte, alle Kanten eingespannt, statische Analyse nach Theorie I. Ordnung ... 729
10. Literatur ... 730

MODULE IN AXISVM

STAHLBETON	
RC1 – *Bewehrungsberechnung für Flächenelemente*	6.5.1 Parameter der Flächenbewehrung und Bewehrungs-berechnung - RC1 Modul
RC2 – *Stützenbewehrungsnachweis*	6.5.9 Bemessung der Stützenbewehrung RC2 Modul 6.5.10 Bemessung von Verbundstützen – RC2 Modul
RC2 – *Bemessung der Balkenbewehrung*	6.5.11 Bemessung der Balkenbewehrung – RC2 Modul
RC3 – *Durchstanznachweis und Berechnung der Schubtragfähigkeit*	6.5.13 Durchstanznachweis – RC3 Modul 6.5.8 Schubwiderstandsberechnung von Platten und Scha-len – RC3 Modul
RC4 – *Bemessung von Einzel- und Streifenfundamenten*	6.5.14 Fundamentbemessung – RC4 Modul
RC5 – *Nachweis von Stahlbetonwänden und -kernen*	6.5.15 Bemessung von Stahlbetonkernen und -wänden – RC5 modul
RC6 – *Spannungs-Dehnungs-Analyse von Stahlbetonquerschnitten*	6.5.16 Spannungs-Dehnungs-Analyse von Stahlbet-onquerschnitten – RC6 Modul
RC8-B – *Brandschutznachweise für Stahlbetonträger und -stützen*	6.5.12 Brandbemessung von Stahlbetonträgern und -stützen – RC8-B Modul
PS1 – *Vorspannung von Stahlbetonträgern und -flächen*	4.10.28 Vorspannung – PS1 Modul
STAHLBAU	
SD1 – *Stahlbaunachweise für Träger und Stützen*	6.6.1 Stahlbemessung nach Eurocode 3 – SD1 Modul
SD8 – *Brandschutznachweis für Stahl*	6.6.2 Stahlbemessung nach SIA 263:2003
SD9 – *Optimierung von Stahlquerschnitten*	6.6.1.4 Stahl-Querschnitt optimieren – SD9 modul
7DOF – *Stabelement mit 7 Freiheitsgraden (Verwölbung)*	4.9.9.3 7DOF - Stabelemente mit sieben Freiheitsgraden
SC1 – *Bemessung von Stahlbauverbindungen*	6.6.5 Bemessung von Stahlbauverbindungen – SC1 Modul
HOLZBAU	
TD1 – *Holzbaunachweise für Träger und Stützen*	6.7.1 Holzbemessung – TD1 Modul
TD8 – *Brandschutznachweis für Holz*	6.7.2 Holz Brandbemessung – TD8 Modul
TD9 – *Optimierung von Holzquerschnitten*	6.7.3 Holzquerschnitt-Optimierung – TD9 Modul
XLM – *Nachweis von Brettsperrholzplatten*	6.8 Bemessung von XLAM Bereichen – XLM Modul
MAUERWERK	
MD1 – *Mauerwerksnachweise*	6.9 Mauerwerkwände Bemessung – MD1 Modul
MODULES FOR SEISMIC ANALYSIS	
SE1 – *Erdbebenanalyse nach Antwortspektrenverfahren*	4.10.24 Erdbebenbemessung – SE1 Modul
SE2 – *Erdbebenanalyse nach Pushoververfahren*	4.10.25 Pushover Lasten – SE2 Modul
DYN – *Zeitabhängiges Berechnungsverfahren (time-history)*	4.10.30 Dynamische Lasten (für Time-History-Berechnung) - DYN Modul
MODULE FÜR DIE DYNAMISCHE ANALYSE	
FFA – *Schrittfrequenzanalyse*	5.2.1 Schwingungsfaktor
DYN – *Dynamische Analyse*	5.3 Dynamische Berechnung
GENERIERUNG VON METEOROLOGISCHEN EINWIRKUNGEN	
SWG – *Wind- und Schneelastgenerator*	4.10.13 Schneelasten – SWG Modul 4.10.14 Windlasten – SWG Modul
CFD – *Generieren von Windlasten aus den Ergebnissen einer CFD-Software (Computational Fluid Dynamics)*	4.10.15 Generieren der Windlast aus CFD-Dateien (Com-putational Fluid Dynamics) – CFD Modul
BIM-SCHNITTSTELLEN	
SAF, IFC, TI, ALP, REV, PDF, DXF – *Schnittstellen für CAD-Programme*	3.1.6 Export 3.1.7 Import
ALLGEMEINE MODULE	
IMP – *Imperfektionen affin zur Knickform*	4.10.27 Lokale Imperfektionen proportional zur Knickform

1. Neue Funktionen in Version X6

Allgemein

Intelligente Eingabezeile und Suche	*2.17 Intelligente Eingabezeile*
Speziele Aufteilung der Fensteranordnung im Windows-Menu	*3.6.6 Weitere Aufteilungen*
Verbesserter Auswahl-Filter	*2.16.1 Markierung*
Logische Teile nach Typ bei speziellen Bereichen	*2.16.14 Detail*
Anpassung weiterer grafischer Symbole	*3.3.11.3 Graphische Symbole*

Bearbeitung

Ausblenden ausgewählter Elemente	*2.18 Schnellschalter*
Bewegen von virtuellen Streifen mit den zugrundeliegenden Elementen	
Systeme von strukturellen Rasterlinien kopieren	*3.3.5 Lineale*
Überprüfen des Netzes mit Auswahl freier Kanten	*4.11.4 Freie Kanten auswählen*

BIM und Interkonnektivität

Neue AxisVM-Komponenten für Rhino/Grasshopper	*3.1.8.1 Grasshopper/Rhinoceros Plugin*
Import und Export von Lasten bei SAF-Schnittstelle (SAF-Modul)	*3.1.6.5.1 Export ins SAF Dateiformat* *3.1.7.6 SAF-Dateien importieren*
Import und Export von Lagerungsbedingungen bei Tekla-Schnittstelle (**TI**-Modul)	*3.1.6.4 In Tekla Strukturen exportieren* *3.1.7.4 Import aus Tekla Structures*

Elemente

Parametrisierte, I-Querschnitte mit zwei Stegen, gekreuzte I-Querschnitte, SFB, IFB, symmetrische und asymmetrische HSQ-Profile	*3.1.16 Profildatenbank*
Direkte parametrische Bearbeitung von Fachwerk-, Stab- und Plattenbalkenquerschnitten	*4.9.9 Linienelemente*
Direkte Definition von einfacher oder doppelter Voute für I-Profile	*4.9.9.2 Stabelement*
Exzentrische Stäbe	*4.9.9.2.1 Exzentrizität von Stäben und Plattenbalken*
Neue Stabelemente mit sieben Freiheitsgraden (**neues 7DOF-Modul**)	*4.9.9.3 7DOF - Stabelemente mit sieben Freiheitsgraden*
Kopieren der Steifigkeitswerte von Punktlagern aus Excel nach Axis	*4.9.11 Knoten-/Punktlager*

Lasten

Lastfälle können aus einer strukturierten Auswahlliste im Tab Lasten ausgewählt werden	*4.10 Lasten*
Neue Fuktion Lastteilung	*4.10.34 Lasten in separate Lastfälle aufteilen*
Darstellung von farbcodierten Oberflächenlasten von mehreren Lastfällen einer Lastgruppe in einer Ansicht	*2.16.5 Farbcodierung*
Erzeugen von Windlasten von CFD-Modellen (**neues CFD-Modul**)	*4.10.15 Generieren der Windlast aus CFD-Dateien (Computational Fluid Dynamics) – CFD Modul*
Darstellung von farbcodierten Schnee- und Windlasten	

Ansetzen von exzentrischen, konzentrierten oder verteilten Lasten auf Stäben und rippen	*4.10.4 Konzentrierte Lasten auf Stabelementen* *4.10.6 Linienlast auf Stab /Plattenbalken*
Option um mehrere Lasten zu bearbeiten	*3.3.2 Modelleigenschaften*
Standardfarben für Flächen- und Linienlasten können verändert werden	*3.3.11.3 Graphische Symbole*
Regeln, um benutzerdefinierte Kombinationen in der Tabelle der kritischen Lastgruppen zu erstellen	*4.10.2 Lastfallkombinationen*
Mehrere Erdbebenkräfte aus unterschiedlichen Eigenschwingungsergebnissen	*4.10.24 Erdbebenbemessung – SE1 Modul*
Definieren der Richtung des Spektrums für Erdbebenanalyse	*4.10.24 Erdbebenbemessung – SE1 Modul*
Wenn Erdbebenkräfte aus Eigenschwingungsergebnissen generiert wurden, die mit Steifigkeitsreduktion berechnet wurden, werden zwei Analysen durchgeführt (mit und ohne Steifigkeitsreduktion) und die Ergebnisse mit Steifigkeitsreduktion werden nur in Kombinationen angezeigt, welche Erdbebenlastfälle enthalten	*4.10.24 Erdbebenbemessung – SE1 Modul*
Definieren von sich bewegenden Lasten auf Lastebenen	*4.10.29 Bewegliche Lasten*
Transparente Darstellungsoption für Lastebene	*2.16.4 Darstellungen*
Ausweiten der Auswahl auf Lasten mit derselben Komponente der Lastintensität	*3.6.1 Eigenschaftseditor*

Berechnung

Berücksichtigung von Imperfektionen proportinal zur Knickform (**neues IMP-Modul**)	*6.2.1 Berücksichtigung von lokalen Imperfektionen proportional zur Knickform – IMP-Modul*
Nichtlineare Analyse mit der Bewehrung, welche von der Umhüllenden der nichtlineaen Berechnung der Tragsicherheitsanalyse gewonnen wurde	*5.1 Statik*

Ergebnisse

Darstellung der Resultate im gerenderten Modell	*2.16.4 Darstellungen* *6.1 Statik*
In der gerenderten Ansicht kann die Verteilung der Normalspannungen im Querschnitt dargestellt werden	*6.1.21 Stab/Fachwerkstabelement - Spannungen*
In der gerenderten Ansicht können gleichzeitig die oberen und unteren Werte der Oberflächenspannungen, Bewehrungsgehalte und Risseiten dargestellt werden (**RC1**-Modul)	*6.1.22 Flächenelemente - Spannungen*
Neue, semi-automatische, kritische Kombinationen	*6.1 Statik*
Nach jeder Resultatkomponente filtern	*2.17 Intelligente Eingabezeile*
Zweifarbiger (positiv/negativ) Farbdarstellung	*2.19.4 Farbskala*
Neue Optionen der Farblegende, um Werte ausserhalb der Reichweite nicht mehr zu berücksichtigen	*2.19.4 Farbskala*
Neue Optionen der Farblegende	*6.1.1 Minimum-, Maximum Werte*

Bemessung

Unterstützung des norwegischen, nationalen Anhangs für den Eurocode	
Ergebnisse der Rissberechnung für berechnete und eingegebene Bewehrung (**RC1**-Modul)	*6.5.6 Nichtlineare Berechnung von Stahlbetonflächen*
Berechnung der erforderliche Bewehrung Trapezblechverbunddecken (**RC1**-Modul)	*6.5.1.4 Berechnung der Bewehrung von Verbunddecken mit Tapezblechen nach Eurocode und SIA*

Verbesserung der Geschwindigkeit bei der Bemessung von Stahlbetonbalken (**RC2**-Modul)	*6.5.10 Bemessung von Verbundstützen – RC2 Modul*
Normierte spezifische Normalkraft-Ergebniskomponente für Stahlbetonstützen und -träger in seismischen Bemessungssituationen	*6.5.3 Balkenbewehrung (einachsige Biegung)* 6.5.10 *Bemessung von Verbundstützen – RC2 Modul*
Neuer Bodenprofil-Editor und neue Bodenprofil-Bibliothek	*6.5.14.3 Bodenschichten-Editor* *6.5.14.4 Bodenschichtenbibliothek*
Schubbemessung von Stahlbetonwänden (**RC5**-Modul)	*6.5.15.4 Nachweis von Stahlbetonwänden gegen Querkraft*
Spannungs- und Dehnungs-Ergebniskomponenten für Beton und Bewehrungsstäbe (**RC1-**Modul / Flächenbewehrung)	*6.5.16.5 Spannungs-Dehnungs-Analyse von Flächenelementen*
Brandbemessung von Stahlbetonträgern und -stützen (**neues RC8-B**-Modul)	*6.5.12 Brandbemessung von Stahlbetonträgern und -stützen – RC8-B Modul*
Aktualisieren des Querschnitts von Stahl- und Holzbauteilen mit dem in der Bemessung verwendeten Querschnitt (**SD1**- und **TD1**-Modul)	*6.6.1 Stahlbemessung nach Eurocode 3 – SD1 Modul* *6.7.1 Holzbemessung – TD1 Modul*

Ausgabe

Nutzung der Resultatkomponenten und -diagramme von Stahlbetonstützen, -wänden und Mauerwerkswänden in der Tabelle Browser (**RC2**, **RC5**, **MD1**-Modul)	*6.5.8 Schubwiderstandsberechnung von Platten und Schalen – RC3 Modul*
Nutzung der Resultatkomponenten und -diagramme von Stahlbetonstützen (**RC2**-Modul)	
Vordefinierte Fenstereinstellungen für die Überprüfung der Stützenbewehrung (**RC2**-Modul)	
Benutzerdefinierte Kraftwerte zur Überprüfung der Bewehrung von Stahlbetonstützen werden in der Stütze gespeichert (**RC2**-Modul)	
Benutzerdefinierte Kraftwerte zur Überprüfung der Bewehrung von Stahlbetonstützen können über die Zwischenablage eingefügt werden (**RC2-**Modul)	
Ausgabebericht der Bemessungsberechnung für Stahlbetonstützen (**RC2**-Modul)	
Neue Tabelle für spezifische Bewehrungsgehalte berechnet für jeden Bereich (**RC1**-Modul)	
Berichte der Stahlbemessung enthalten die Parameter der effektiven Querschnitte und die seitliche Lagerung (**SD1-**Modul)	
Neue Funktionen für die Bemessung von genieteten Verbindung (**SC1-**Modul)	

2. Benutzung

Willkommen zu AxisVM!

AxisVM ist ein Finite-Elemente-Programm für statische Berechnungen inkl. Schwingungsanalyse und Knicken. Es wurde speziell für Bauingenieure entwickelt. AxisVM kombiniert die vielvälltigen Berechnungsmöglichkeiten mit einer intuitiv und sehr einfachen grafischen Eingabe.

Pre-Prozessor

Modellierung: Geometrisches Tool (Punkt, Linie, Ebenen); automatisches Raster; Material und Querschnittsdateien; Element- und Lasttools, Importieren und Exportieren von CAD-Objekten (DXF); Schnittstelle für Architekturdesign-Softwareprodukte, wie ArchiCAD via IFC von Graphisoft, zur direkten Erstellung eines Modellrahmenwerks.
Schnittstelle zur Grafiksoftware ArchiCAD, um ein Modell-Framework direkt erstellen zu können.
Sie können jeden Schritt während der Modellierung grafisch überwachen. Mehrfaches Zurück und Vorwärts (Undo/Redo), sowie eine Online-Hilfe stehen zur Verfügung.

Berechnung

Statisch, Schwingungen und Knicken

Post-Prozessor

Darstellung der Ergebnisse: verformte/unverformte Anzeige; Diagramme und IsoLinien/Oberflächenplotts; Animation; benutzerdefinierte tabellarische Berichte.
Nach der Berechnung unterstützt AxisVM starke Visualisierungs-Tools, die eine schnelle Interpretation der Ergebnisse möglich machen, und numerische Hilfsprogramme, die unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse spätere Berechnungen ermitteln, dokumentieren und darstellen. Die Ergebnisse können zudem genutzt werden, um das verformte oder animierte Objekt, bzw. die Iso-Linien/ Oberflächenplots darzustellen. AxisVM stellt die Ergebnisse als Linien- oder Flächendiagramm dar.

Ausgabe-zusammenstellung

Die Ausgabe ist immer ein Teil der Berechnung und eine grafische Schnittstelle bereichert den Vorgang und vereinfacht die Bemühungen. AxisVM erstellt qualitative hochwertige Ausgaben von Texten, um das Modell und die dazugehörigen Ergebnisse bestmöglich zu dokumentieren. Zusätzlich können Daten und Grafiken leicht exportiert werden. (DXF, BMP, JPG ,PNG, WMF, EMF, RTF, HTML, TXT, DBF).

2.1. Systemanforderungen

In der Tabelle unten sehen Sie, welche Hardware- und Softwareanforderungen mindestens erfüllt werden müssen, damit Sie maximale Produktivität mit AxisVM erreichen können.

Empfohlene Hardware

mindestens 16 GB RAM
100 GB Festplattenspeicher
21" Bildschirm (oder grösser) mit mindestens 1920x1080
Windows10 64-Bit-Betriebssystem
Ein Dual oder Multi-Core Prozessor über 2 GHz

Minimale Konfiguration

4 GB RAM
10 GB freier Speicherplatz
15" XGA Color Monitor mindestens 1024x768 Auflösung
Windows 7 Betriebssystem

Unterstützte Betriebssysteme

Windows 11, Windows 10, Windows 8, Windows 7, Windows Server 2008 (32- oder 64-Bit-Betriebssysteme). Teilweise unterstützt (Einige Add-ons oder Plugins funktionieren ev. nicht): Windows Vista, Windows XP/SP3, , Windows Server 2003/SP1
Sowohl 32 bit als auch 64 bit Betriebssysteme werden unterstützt

Speicherzugriff von 64 bit und 32 bit Versionen

Maximaler Speicherzugriff beschleunigt die Berechnung erheblich.
Die 64 bit Version von AxisVM X4 läuft nur unter 64 bit Betriebssystemen und hat vollen Zugriff auf den Speicher. Die AxisVM 32 bit Version läuft auf 32 und 64 bit Betriebssystemen. Aber ohne Verwendung des erweiterten Arbeitsspeichers ist die Zuweisung des freien Speicherplatzes an eine einzelne Anwendung auf 2 GB beschränkt.

2.2. Programmschutz und Installation, Programmstart, Upgrade, Kapazität, Sprache

Die Software ist durch einen Hardwareschlüssel oder Softwareschlüssel gesichert.

2.2.1. Hardwareschlüssel

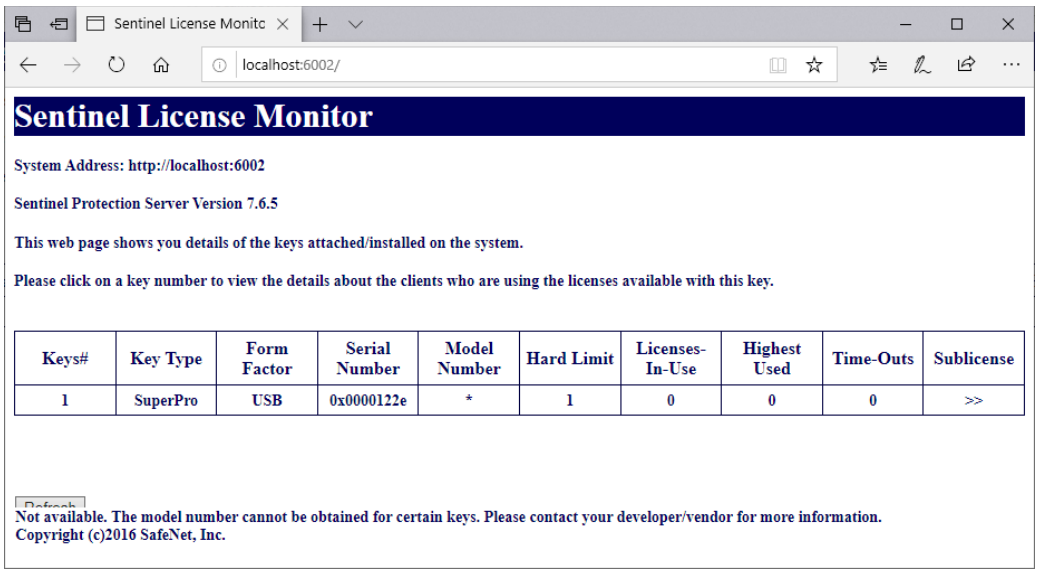
Im Falle des Schutzes durch den Hardware-Schlüssel kann die Software auf mehreren Computern installiert werden, kann jedoch nur gestartet werden, falls der Hardware-Schlüssel angeschlossen ist. Schliessen Sie den Hardware-Schlüssel erst nach vollständiger Beendigung der Installation an, da gewissen Operationssysteme versuchen werden das angeschlossene Gerät zu erkennen. Dies könnte Probleme mit der Installation der Treiber mitsichbringen.

Super Pro Hardware-Schlüssel

Die gebräuchlichste Art des Schutzes ist der Sentinel SuperPro Hardware-Schlüssel, welcher als Netzwerkschlüssel für einzel- oder Mehrbenutzer erhältlich ist. Eine einzelen Lizenz kann nur auf einem Computer benutzt werden (auf Windows Terminal Server Netzwerken beschränkt auf einen einzelnen Terminal).
Die Ausführung des Hardware-Schlüssels benötigt ein Treiber. Dies geschieht automatisch durch den AxisVM Installer, falls dies nicht funktioniert kann es später nachgeholt werden.
Nach dem Abschluss der AxisVM Installation, suchen Sie den *Sentinel* Ordner und führen Sie den Sentinel Protection Installer aus von dort. Falls Sie einen USB-Stick haben, führen Sie *Startup.exe* aus und wählen Sie **Reinstall driver**.

Super Pro Netzwerk Hardware Schlüssel

Falls Sie eine Netzwerklizenz haben, müssen Sie den Netzwerk-Schlüssel installieren. In den meisten Fällen sind AxisVM und der Schlüssel auf verschiedenen Computern. Um den Schlüssel durch das Netzwerk verfügbar zu machen, muss der Sentinel Treiber mittels *Sentinel Protection Installer* auf *beiden Computern* installiert sein. Verbinden. Netzwerk-Schlüssel können sowohl in lokalen Netzwerken (LAN) als auch über einen Fernzugriff (VPN) verwendet werden.
Sie den Schlüssel mit dem USB Anschluss von einem der beiden Computern. Auf diese Weise wählen Sie den AxisVM Server.
Nach der Fertigstellung der Installation eine Applikation namens *Sentinel Protection Server* wird gestartet um eine Verbindung zwischen dem Hardware-Schlüssel, welcher an den Server angeschlossen ist und dem Client-Rechner herzustellen. Netzwerklizenzen erlauben es soviele AxisVM Kopien auf dem Netzwerk laufen zu lassen wie die Anzahl gekaufter Lizenzen. Gestartete AxisVM Applikationen werden im Hardware-Schlüssel registriert. Beenden der AxisVM Applikation auf einem Rechner, löscht die Registrierung und macht die Lizenz verfügbar für einen anderen Rechner. Falls die AxisVM Applikatio keine Rückmeldung mehr liefert, wird die Registrierung nicht sofort gelöscht. Dies geschieht erst nach 3 Minuten, wenn das Ausbleiben der Rückmeldung vom Server entdeckt wurde.
Der Hersteller des Hardware-Schlüssels stellt eine Applikation namens *Sentinel License Monitor* zur Verfügung um den Status der registrierten Netzwerklizenzen und der freien Netzwerklizenzen zu prüfen und die nicht ansprechbaren Lizenzen, falls notwendig, zu entfernen. Um diese Applikation zu starten, öffnen Sie ihren Internetbrowser und tippen Sie die lokale Netzwerk IP-Adresse des Servers ein (z.B. der Rechner, in dem der Hardware-Schlüssel angeschlossen ist) und fügen Sie eine Referenz mit dem Port 6002 an, z.B.: http://192.168.18.167:6002. Falls sie den Internetbrowser auf dem Rechner an dem der Hardware-Schlüssel angeschlossen ist öffnen, tippen Sie einfach http://localhost:6002.



☞ ***Firewall Einstellung: Aktivieren Sie die TCP/IP und UDP Protokolle am Port 6001 und 6002, um die Netzwerkfähigkeit sicherzustellen.***

Zugriff beschleunigen auf Sentinel SuperPro Netzwerkdongle

Diese Einstellung wird für eine VPN Verbindung benötigt.
Wenn AxisVM gestartet wird an alle PC's im Netzwerk nach einem laufenden Sentinel Pro Server gesucht, unabhängig ob ein Dongle eingesteckt ist oder nicht. Das kann die Suche verlangsamen. Um die Suche zu beschleunigen, ist empfehlenswert, an jedem Client eine Umgebungsvariable NSP_HOST zu definieren. Damit kann die exakte IP-Adresse des Computers definiert werden, an dem der USB-Dongle steckt: Z.B.: NSP_HOST = 192.168.0.23

Falls mehrere Netzwerkdongle im Netzwerk vorhanden sind, können mehrere Umgebungsvariablen definiert werden, NSP_HOST1, ..., NSP_HOST5. Es sind max. 5 Netzwerkdongle möglich.

Um AxisVM über Netzwerk starten zu können muss der SuperPro Server laufen. Wird dieser gestoppt, werden alle laufenden AxisVM Instanzen beendet.

Sentinel HL *Hardware-Schlüssel*

Der **Sentinel HL** Schlüssel ist eine neue Art eines Schutzgerätes, welches keine Treiberinstallation benötigt. Wenn es an einen USB Port angeschlossen wird, erkennt es Windows als ein HID (Human Interface Device).
Sentinel HL Schlüssel haben auch Einzelbenutzer und Netzwerkmodel. Ein einzelne Lizenz kann nur auf einem Rechner benutzt werden (auf Windows Terminal Server Netzwerken, beschränkt auf einen einzelnen Terminal).

Sentinel HL *Netzwerk Hardware-Schlüssel*

Netzwerk-Schlüssel können sowohl in lokalen Netzwerken (LAN) als auch über einen Fernzugriff (VPN) verwendet werden. Verbinden Sie den Schlüssel mit Ihrem Computer, um diesen als Lizenz-Server zu verwenden und AxisVM auf Ihrem Copumter zu installieren. Das Programm *Sentinel Runtime Envorinment* muss zu diesem Zweck sowohl auf dem Server als auch auf Ihrem Computer installiert sein. Das Programm können Sie installieren, indem Sie *InstallSentinelRuntime* ausführen. Sie finden diese Datei im Ordner *Sentinel LDK*, welcher während der Installation im Ordner AxisVM angelegt wurde.
Sentinel Runtime Environment erzeugt eine Verbindung zwischen dem Hardware-Schlüssel, welcher mit dem Server verbunden ist, und ihrem Comuter. Wenn das Programm nicht läuft, kann AxisVM nicht gestartet werden.
Netzwerklizenzen erlauben es soviele AxisVM Applikationen auf dem Netzwerk gleichzeitig zu starten, wie die Anzahl an gekaufter Lizenzen. Sentinel HL Netzwerk-Schlüssel benötigen eine Installation des HASP Laufzeitumgebung. Um dies zu starten, suchen Sie den Sntinel LDK Ordner im AxisVM Installationsordner und starten Sie den *HASPUserSetup* Applikation von dort. Die HASP Laufzeitumgebung bietet eine Verbinung zwischen dem an den Server angeschlossenen Hardware-Schlüssel und dem Benutzerrechner. Falls die Umgebung nicht läuft, kann AxisVm auf dem Benutzerrechner nicht gestartet werden.
Um weitere Lizenzen eines Netzwerk-Schlüssel zu kaufen, öffnen Sie den Admin *Control Center* (mehr dazu weiter unten), wählen Sie *Sentinel Schlüssel* und wählen Sie vom Menu auf der linken Seite den passenden Netzwerk-Schlüssel aus der Liste. Klicken Sie auf das *C2V* Icon auf der rechten Seite um die *c2v* Datei zu speichern. Senden Sie diese Datei zu Ihrem Verteiler mit ihrem Lizenzordner. Ihr Verteiler wird Ihnen eine v2c Datei mit der zusätzlichen Lizenz zurückschicken. Speichern Sie das auf Ihrem Rechner. Um die Anzahl der Lizenzen zu updaten, wählen Sie *Update/Anfügen* von dem Menu auf der linken

Seite, suchen Sie dann die v2c Datei, welche Sie vorher gespeichert haben. Klicken Sie auf die *Öffnen* Taste um die Lizenzinformationen auf den Netzwerk-Schlüssel zu transferieren. Die neue Lizenz wird nun zugänglich werden.

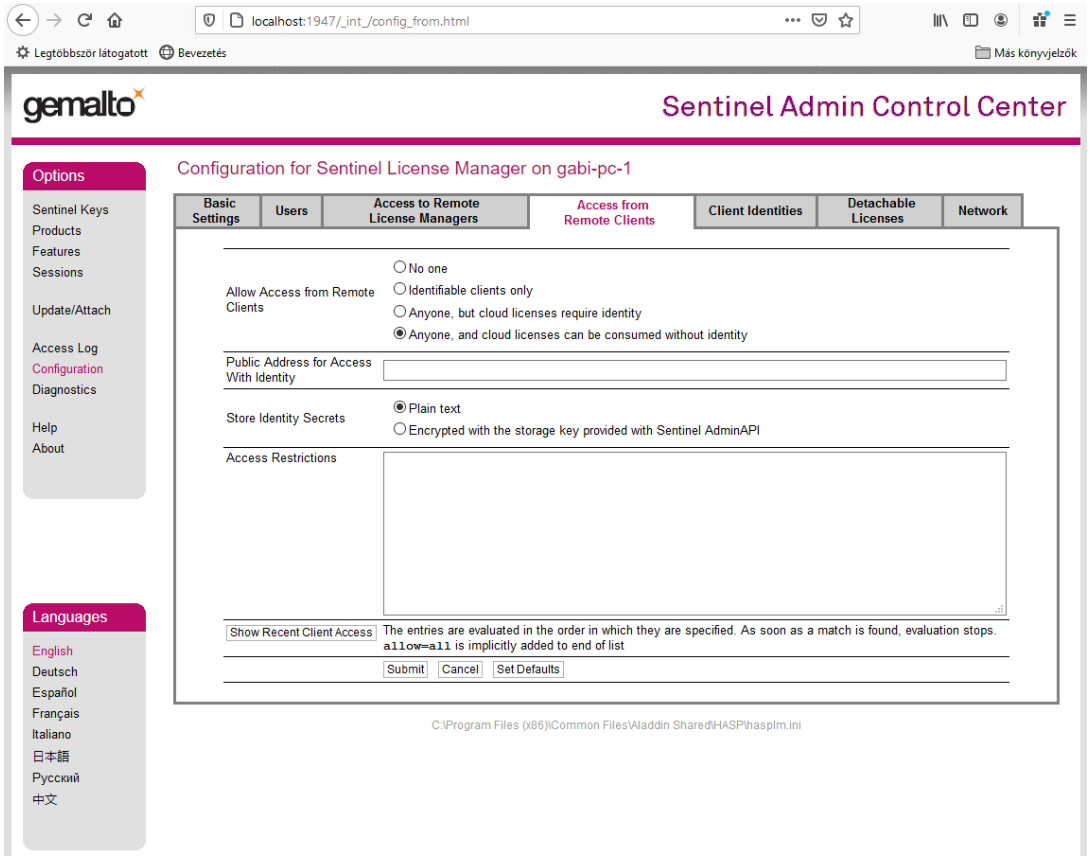
☞ ***FIREWALL SETUP: Enable TCP / IP and UDP protocols on port 1947 on the firewall to ensure network operation.***

Konfiguration des Servers und Ihres Comouters

Um ein korrektes Funktionieren des Sentinel HL-Schlüssels sicherzustellen, muss das *Sentinel Control Center* sowohl auf dem Server als auch auf Ihrem Computer konfiguriert sein.

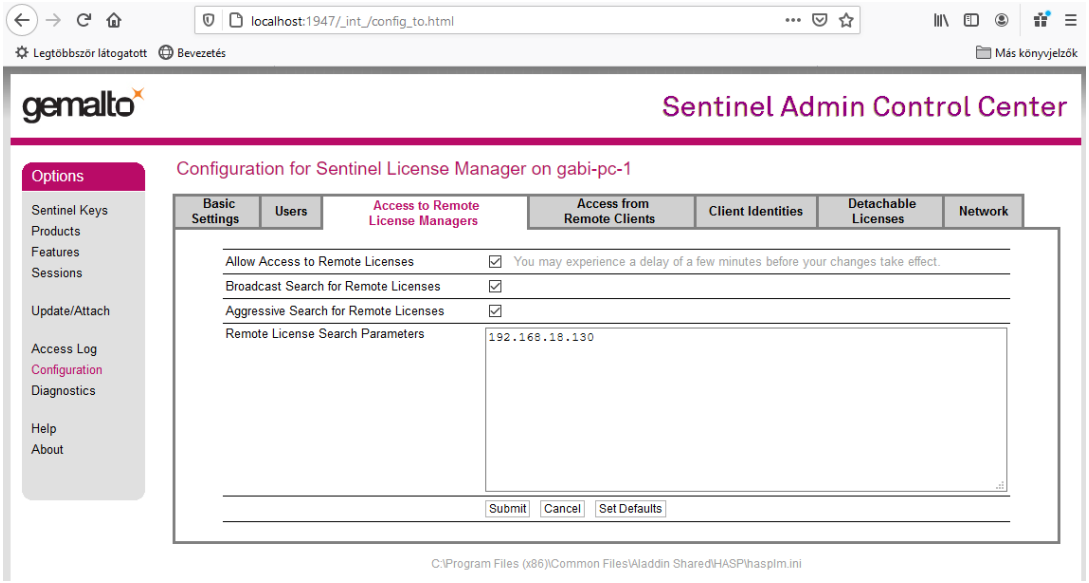
Server

Öffnen sie einen Internet-Browser und geben Sie *localhost:1947* in der Adresszeile ein. So erhalten Sie Zugang zum Sentinel Admin Control Center. Die Sprache der Webseite kann links gewählt werden. Wählen Sie den Tab Zugriff von "*Remote Clients*" und wählen Sie unter Zugriff von "*Remote-Clients zulassen*" "*Auf alle Lizenzen kann ohne Identität zugegriffen werden*".



Kunde

Öffnen sie einen Internet-Browser und geben Sie *localhost:1947* in der Adresszeile ein. So erhalten Sie Zugang zum Sentinel Admin Control Center. Klicken Sie anschlissend auf den Tab *Zugang zum Fernlizenzen-Manager* und schalten Sie *Zugang für Fernlizenzen erlauben, Suche nach Fernlizenzen übertragen* und *Aggresive Suche nach Fernlizenzen* ein. Geben Sie nun die IP-Adresse des Servers im Fenster *Sucheinstellungen für Fernlizenzen* ein und klicken Sie anschliessend auf *Zustellen.*
Wenn der Server und Ihr Computer richtig eingestellt sind, können Sie nun auf der linken Seite unter *Optionen Sentinel-Schlüssel* wählen und eine Liste aller installierten Sentinel HL- und SL-Schlüssel erscheint.



2.2.2. Software-Schlüssel

Ein Software-Schlüssel Schutz ersetzt den Hardware-Schlüssel, welcher über den USB-Port mit Ihrem Computer verbunden ist. Softwarelizenzen sind verfügbar in einer lokalen oder einer Netzwerk-Version. Mit der lokalen Version ist es möglich, Axis auf einem Computer zu starten, während mit der Netzwerk-Version Axis auf mehreren Comoutern gestartet werden kann, wenn diese über ein lokales Netzwerk miteinander verbunden sind.
Der Software-Schlüssel Schutz erlaubt es, das Program auf dem Rechner, auf dem der Software-Schlüssel installiert ist, zu öffnen. Software-Schlüssel können durch eine Applikation zwischen Rechnern transferiert werden (dazu später mehr). Nach dem Transferieren der Softwarelizenz wird das Programm nur noch auf dem anderen Rechner laufen und nicht mehr auf dem Ersten.
Softwarelizenzen sind mit den Hardwareelemnten des Computer verbunden, deshalb wird jede Veränderung der Hardware (z.B. Ersetzen des Motherboard, CPU, Ethernetkarte, Festplatte) die Lizenz ungültig machen.
Um ein solcher Verlust zu verhindern, muss die Lizenz verübergehend auf einen anderen Rechner transferiert werden, **bevor** die Hardware gewechselt oder ein Hardwareelement ersetzt wird. Danach kann die Lizenz vom anderen Rechner zurücktransferiert werden.

Sentinel SL Software-Schlüssel

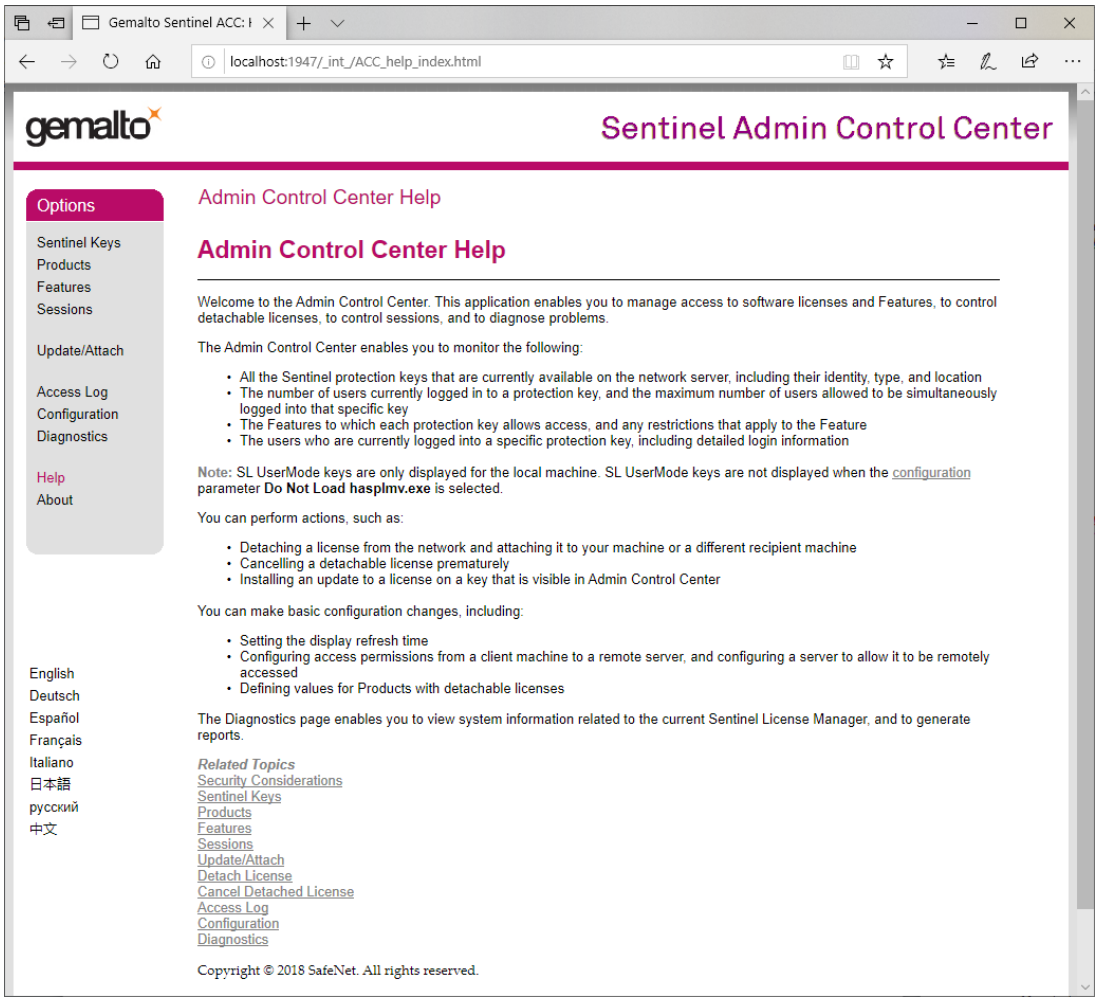
Sentinel SL ist kein Gerät, welches an einen Port angeschlossen wird. Es ist ein Software-Schlüssel, welcher spezifisch auf die vorhandene Hardware ausgerichtet ist. Es kann nicht direkt kopiert werden, aber es kann auf einen anderen Rechner, welcher das gleiche RUS Werkzeug des Schutzpakets verwendet (Details kommen weiter unten).
Software-Schlüssel sind eine gute Lösung, falls der Speicherplatz, die Verbindung oder der Schutz eines physikalischen Schlüssels Probleme bereitet.
Da der Software-Schlüssel auf dem Harddrive / SSD des Rechners gespeicheret ist, können Viren, Schadprogramme oder Schwachstellen im Update des Betriebssystems möglicherweise den Schlüssel beschädigen. In diesem Fall muss ein neuer Software-Schlüssel gekauft werden.

Installieren der Sentinel HASP Laufzeitumgebung

Der Software-Schlüssel benötigt die Installation der Sentinel HASP Laufzeitumgebung.
Laden Sie es von *www.axisvm.eu* herunter (Sie finden es unter *Downloads / Sentinel Driver* oder suchen Sie *InstallSentinelRuntime.exe* in dem Sentinel LDK Ordner in Ihrer AxisVM Installation.

Sentinel Admin Control Center

Um den Status der Umgebung zu checken, starten Sie ihren Internetbrowser auf dem Server und geben Sie *http://localhost:1947* ein.



Das *Sentinel Admin Control Center* bietet einen Überblick über die Sentinel HL und SL Schlüssel, ihre Benutzerinformationen und hilft beim Trennen der Benutzer von den Lizenzen. Wählen Sie *Sentinel Schlüssel* vom Menu auf der linken Seite um die verfügbaren Schlüssel des Netzwerks anzuzeigen.
Falls mehr als ein Hardware-Schlüssel angeschlossen ist und Sie nicht sicher sind welcher zu AxisVM gehört, wählen sie *Produkte* vom Menu auf der linken Seite. The Liste der Schlüssel wird dann nach geschützten Produkten neu geordnet. Suchen Sie den, welcher AxisVM schützt.

Einen Sentinel SL Software-Schlüssl beantragen

Ein Software-Schlüssel benötigt die Installation der Sentinel HASP Laufzeitumgebung. Für mehr Details gehen Sie zu *Installieren der Sentinel HASP Laufzeitumgebung* weiter oben. Nach der Fertigstellung der Installation öffnen Sie die *RUS_AxisVM_En.exe* Applikation von dem *SentinelRuntime* Unterordner im AxisVM Installationsordner. Um eine Softwarelizenz zu beantragen, wählen Sie die Option *Installation eines neuen Schutzschlüssels* weiter unten und klicken Sie den *Information sammeln* Knopf.
Speichern Sie die Datei, mit einer c2v Erweiterung, welche durch diese Applikation erstellt wurde und senden Sie als Anhang einer Lizenzanfrage an ihren AxisVM Verteiler.

Anwenden einer Sentinel SL Softwarelizenz

Eine Softwarelizenz ist eine v2c Datei, welche Ihnen von ihrem Verteiler zugesendet wurde. Speichern Sie diese auf ihrem Computer.
Öffnen Sie die RUS_AxisVM_En.exe Applikation von dem *SentinelRuntime* Unterordner in dem AxisVM Installationsordner. Wählen Sie den Reiter *Lizenzdatei anwenden* und geben Sie den Dateinamen mit dem ganzen Pfad im *Update Datei* Feld ein oder klicken Sie die [...] Taste um zu browsen.
Das Klicken der *Update anwenden* Taste aktiviert die Softwarelizenz.
Konsultieren Sie die Lizenz durch den *Admin Control Center* Tool (oben beschrieben). Wählen Sie *Sentinel Schlüssel* vom Menu auf der linken Seite und checken Sie, ob Ihre Sentinel Lizenz in der Liste vorkommt.

Sentinel SL Lizenztransfer

Ein Softwareschlüssel kann auf einen anderen Rechner transferiert werden. Nach der Fertigstellung des Transfers wird AxisVM nur auf dem anderen Rechner laufen (es funktioniert genau wie ein Entfernen eines Hardwareschutz Schlüssels, welcher danach an einen anderen Rechner angeschlossen wird). Um die Lizenz zu transferieren, öffnen Sie die RUS_AxisVM_En.exe Applikation ebenfalls auf dem anderen Rechner, wählen Sie den Reiter *Transfer der Lizenz* und generieren

Sie dadurch eine Empfängerinformationsdatei (*.id) und kopieren Sie diese Datei auf den ersten Rechner. Gehen Sie zurück zum ersten Rechner, klicken Sie ebenfalls auf den Reiter *Transfer der Lizenz* und gehen Sie dann zu der *Lesen der Empfängerinformationsdatei von* Taste. Klicken Sie dann auf die [...] Taste und laden Sie die *.id Datei, welche Sie von dem anderen Rechner kopiert haben und füllen Sie die *Generieren der Lizenztransferdatei zu* Datei aus. Klicken Sie dann auf die *Generieren der Lizenztransferdatei* Taste. Kopieren Sie die generierte Datei mit dem Dateityp h2h zu dem anderen Rechner. Gehen sie zu diesem Rechner und wählen Sie den Reiter *Anwender der Lizenzdatei*, gehen Sie dann zur *Update Datei* Taste, suchen Sie die h2h Datei, welche Sie kopiert haben und klicken Sie auf *Anwenden des Updates*.

Konfinaration des Servers und Ihres Comouters

Damit der Software-Schlüssel richtig funktioniert, muss das *Sentinel Admin Control Center* auf dem Server und auf Ihrem Computer so eingestellt werden, wie dies am Ende der vorherigen Seite beschrieben wurde.

2.2.3. Installation

Softwareschutz

Das Programm wird durch einen Hardware-Dongle geschützt. Es sind zwei Arten von Dongle verfügbar: Parallelport- (LPT) und USB-Dongle.

☞ ***Stecken Sie den Dongle erst nach abgeschlossener Installation ein, da bestimmte Betriebssysteme versuchen, das eingesteckte Gerät zu erkennen. Dieser Vorgang kann sich negativ auf die Treiberinstallation auswirken.***

Nicht-Netzwerktreiber werden automatisch installiert. Falls hierbei Probleme auftreten, können Sie den Treiber auch später von der DVD laden. Führen Sie das Startup-Programm aus und wählen Sie **Reinstall driver** (Treiber neu installieren) aus.

Standard-Dongle

Installieren Sie zunächst das Programm und stecken Sie den Dongle anschließend am Computer ein.

Netzwerk-Dongle

Falls Sie eine Netzwerk-Version haben, müssen Sie den Netzwerk-Dongle installieren. In den meisten Fällen sind AxisVM und der Dongle auf verschiedenen Computern installiert. Installieren Sie den Sentinel-Treiber auf beiden Computern (Workstation und Server), damit der Dongle über das Netzwerk verfügbar gemacht werden kann.

AxisVM Netzwerklizenz wird mit einem USB **Sentinel Super Pro Netzwerkdongle** ausgeliefert.

1. Wenn Sie eine Installations-DVD haben, führen Sie Startup.exe aus und wählen ***Sie Treiber neu installieren***. Wenn Sie das Installationspaket von der Website heruntergeladen haben, finden Sie das Setup-Programm Sentinel Superpro 7.6.9 im Ordner Sentinel unter dem Installationsordner AxisVM.
2. Verbinden Sie den Dongle mit dem Parallel- oder USB-Port eines der beiden Computer. Auf diese Weise wählen Sie den AxisVM-Server aus.

☞ ***Der SuperPro-Server muss auf dem Server ausgeführt werden, damit AxisVM auf einem beliebigen Computer im Netzwerk ausgeführt werden kann. Sollte SuperPro nicht mehr ausgeführt werden, werden alle laufenden AxisVM-Programme gestoppt.***

Vorbereitung der Installation von AxisVM auf dem Mac

Macs haben eine kleine Anzahl von professionellen strukturellen Analyse-Software auf dem Markt, die meisten Programme unterstützen nur Windows.

Wenn Sie AxisVM auf Ihrem Mac verwenden möchten, haben Sie hier einige Möglichkeiten:

1. Virtuelle Maschinen

Wir empfehlen die Verwendung eines Programms für virtuelle Maschinen, idealerweise *Parallels* oder *VMWare Fusion*, um Windows-Anwendungen auf einem Mac ohne Neustart auszuführen. Für maximale Leistung empfehlen wir stattdessen das Booten von Windows mit *Boot Camp*.

Eine virtuelle Maschine ist eine der besten Möglichkeiten, Windows-Desktop-Software auszuführen. Sie ermöglicht es Ihnen, Windows und andere Betriebssysteme in einem Fenster auf Ihrem Mac-Desktop zu installieren.

Sie benötigen eine Windows-Lizenz, um Windows auf einer virtuellen Maschine zu installieren. Wenn Sie bereits einen Produktschlüssel haben, können Sie Windows kostenlos herunterladen und in einem Programm für virtuelle Maschinen installieren.

Beliebte Programme für Mac sind *Parallels* und *VMware Fusion*. Beide Programme sind kostenpflichtig. Sie müssen also sowohl eine Windows-Lizenz als auch ihr bevorzugtes Programm für die virtuelle Maschine erwerben. *Parallels* und *VMWare Fusion* bieten beide kostenlose Testversionen an, sodass Siebeide Programme ausprobieren und entscheiden können, welches für Sie am besten ist.

2. Boot Camp

Mit dem *Boot Camp* von Apple können Sie Windows neben MacOS auf Ihrem Mac installieren. Es kann immer nur ein Betriebssystem gleichzeitig ausgeführt werden, daher müssen Sie Ihren Mac neu starten, um zwischen MacOS und Windows wechseln zu können.

Wenn Sie Windows auf Ihrem Mac installieren, können Sie Windows- und Windows-Anwendungen mit der maximal möglichen Leistung verwenden. Ihr Mac wird genauso gut funktionieren wie ein Windows PC mit den gleichen Spezifikationen.

Der Nachteil ist, dass Sie MacOS-Anwendungen und Windows-Anwendungen nicht gleichzeitig nebeneinander ausführen können. Ausserdem muss die Festplatte ihres Macs unterteilt werden, um eine Windows-Partition zu erstellen. Sie müssen also die Festplatte in einen Windows- und einen MacOS-Teil aufspalten. Wenn Sie nur eine Windows-Desktop-Anwendung neben Ihren Mac-Anwendungen ausführen möchten, ist eine virtuelle Maschine besser geeignet, da nicht viel Leistung benötigt wird. Andererseits wird Boot Camp die ideale Lösung darstellen, wenn Sie grafisch anspruchsvolle Software verwenden möchten. Für die Verwendung von AxisVM stellt dies also die bessere Lösung dar.

Wie bei virtuellen Maschinen benötigen Sie auch bei der Boot Camp Lösung eine Windows-Lizenz, um Windows auf Ihrem Mac zu installieren.

3. Remote Desktop

Wenn Sie bereits über ein Windows-System verfügen, können Sie die Windows-Installatoin auf Ihrem Mac überspringen und mithilfe der Remote-Desktop-Software von Ihrem Mac aus auf den Windows-Computer zugreifen.

☞ ***Wird der* Remote Desktop *verwendet, benötigt der Anwender eine Netzwerklizenz (auch wenn es nur eine Einzellizenz ist) um AxisVM auf einem Mac zu starten.***

Der installierte Netzwerkdongle Server läuft automatisch nach dem Aufstarten.

Wenn AxisVM auf einem Client gestartet wird, beginnt es im Netzwerk nach verfügbaren Netzwerkdonglen zu suchen indem jeder PC, auf dem der Sentinel Pro Server läuft abgecheckt wird, egal ob ein Dongle angeschlossen ist oder nicht. Dies kann den Suchprozess verlangsamen. Um die Verbindungsgeschwindigkeit zu verbessern wird empfohlen, auf dem Client eine NSP_HOST Umgebungsvariable zu erzeugen, indem die IP-Adresse des PCs mit dem Dongle eingetragen wird, z.B.: NSP_HOST = 192.168.0.23.

☞ ***Im Falle dass mehrere Netzwerkdongle im Netzwerk vorhanden sind ist es möglich, NSP_HOST1, …., NSP_HOST5 als Umgebungsvariablen zu setzen, welche die verschiedenen PCs mit Dongles identifizieren. Das Maximum der auf diese Weise verwaltbaren Dongles ist fünf.***

☞ ***Um AxisVM auf irgendeinem PC im Netzwerk ausführen zu können muss der SuperPro Server auf dem Server gestartet sein. Wenn er angehalten wird stoppen alle laufenden AxisVM Lizenzen.***

Installation

AxisVM wird auf Vista / Windows 7/Windows 8-Betriebssystemen ausgeführt. Wenn Sie die Installationssoftware von unserer Website heruntergeladen haben, führen Sie sie aus. Andernfalls verbinden Sie den AxisVM Installations-USB-Stick mit Ihrem Comouter. Das Installationsprogramm startet für gewöhnlich automatisch. Falls es nicht starten sollte, klicken Sie auf *Start* und anschliessend auf *Ausführen*. Öffnen Sie das Programm Startup.exe auf dem USB-Stick. Klicken Sie auf **AxisVM X6 Setup** und folgen Sie den Bildschirmanleitungen. Bei der Installation wird die 64 Bit Version vorgeschlagen, die 32 Bit Version wird dann auch noch parallel installiert. Die 64 Bit Version kann nicht auf 32 Bit Betriebssystemen verwendet werden.

Installation unter Windows Vista, Windows 7/ Windows 8 oderWindows 10 Betriebssystem:

- Sie benötigen dazu den neusten Sentinel Treiber. Laden Sie von *www.axisvm.eu - Downloads / Sentinel Driver*
- Nach der Installation von AxisVM klicken Sie bitte mit der rechten Maustaste auf das AxisVM Icon
- Wählen Sie das Menü Eigenschaften
- Wählen Sie das Menü Kompatibilität und aktivieren Sie dort die Option *Programm als Administrator ausführen*

Voreingestellt wird das Programm in den Ordner C:\AxisVM_X6 und die Beispiele in den Ordner C:\AxisVM_X6\Beispiele installiert. Sie können während der Installation auch ein anderes Laufwerk oder einen anderen Ordner angeben. Das Setup erstellt die AxisVM Programmgruppe, die auch das AxisVM-Icon beinhaltet.
Die Anwendung kann im üblichen Ordner C:\Program Files\AxisVM_X6 (C:\Program Files (x86)\AxisVM_X6 unter 64-bit Betriebssystemen). In diesem Fall muss die Eigenschaft *Als Administrator ausführen* gesetzt sein für **AxisVM.exe, AxisVM_x64.exe** und **\IDTFConverter \DTFConverter.exe**. Das Setzen dieser Option erfolgt im Windows Explorer, indem auf die Datei mit der rechten Maustaste geklickt wird, anschließend „Eigenschaften" gewählt wird und dann im Register „Kompatibilität" das entsprechende Kästchen aktiviert wird. Anwender ohne Administratorrechte sollten sich unbedingt vom Administrator das Schreibrecht für den Ordner C:\Program Files\AxisVM_X6 geben lassen.

32/64-Bit-Versionen

Auf 64 bit Betriebssystemen kann der Anwender selber entscheiden, ob er die 32 bit oder die 64 bit Version vom AxisVM X6 installiert. Wird die 64 bit Version ausgewählt, wird zusätzlich auch die 32 bit Variante installiert, allerdings ohne Icon auf dem Desktop. Auf 32 bit Systemen wird nur die 32 bit Version von AxisVM installiert.

☞ ***Es wird nicht empfohlen, AxisVM unter c:\program files zu installieren, da das Programm dort nur mit Administratorrechten gestartet werden kann und evtl. Bibliotheken wie der 3D PDF Generator nicht laufen.***

Silent-Modus installation

Die Software kann mit Hilfe einer Befehlszeile im Silent-Modus installiert werden. Das Setup Programm erlaubt optionale Befehlszeilen-Parameter. Das kann hilfreich sein für Systemadministratoren und für andere Programme welche das Setup-Programm aufrufen.

Untenstehend sind zwei typische Beispiele aufgeführt je für 32 Bit und 64 Bit Versionen:

Im Fall einer 64-Bit Version:
setup.exe /VERYSILENT /SUPPRESSMSGBOXES /NORESTART /Dir="C:\AxisVMX6" lang=nl NoIcons=0 types=64bits Tasks=extensions1,extensions2

Im Fall einer 32-Bit Version:
setup.exe /VERYSILENT /SUPPRESSMSGBOXES /NORESTART /Dir="C:\AxisVMX6" lang=nl NoIcons=0 types=32bits Tasks=extensions1,extensions2

AxisVM Setup ist mit einem Inno Setup installer hergestellt. Die wichtigsten optionalen Befehlszeilen-Parameter sind unten in englisch aufgelistet. Für weitere Informationen sehen Sie bitte in der Inno Setup Hilfe nach.

/SP-

Disables the This will install... Do you wish to continue? prompt at the beginning of Setup. Of course, this will have no effect if the DisableStartupPrompt [Setup] section directive was set to yes.

/SILENT, /VERYSILENT

Instructs Setup to be silent or very silent. When Setup is silent the wizard and the background window are not displayed but the installation progress window is. When a setup is very silent this installation progress window is not displayed. Everything else is normal so for example error messages during installation are displayed and the startup prompt is (if you haven't disabled it with DisableStartupPrompt or the '/SP-' command line option explained above).

If a restart is necessary and the '/NORESTART' command isn't used (see below) and Setup is silent, it will display a Reboot now? message box. If it's very silent it will reboot without asking.

/SUPPRESSMSGBOXES

Instructs Setup to suppress message boxes. Only has an effect when combined with '/SILENT' and '/VERYSILENT'.

The default response in situations where there's a choice is:

- Yes in a 'Keep newer file?' situation.
- No in a 'File exists, confirm overwrite.' situation.
- Abort in Abort/Retry situations.
- Cancel in Retry/Cancel situations.
- Yes (=continue) in a DiskSpaceWarning/DirExists/DirDoesntExist/NoUninstallWarning/ExitSetupMessage/ConfirmUninstall situation.
- Yes (=restart) in a FinishedRestartMessage/UninstalledAndNeedsRestart situation.

5 message boxes are not suppressible:

- The About Setup message box.
- The Exit Setup? message box.
- The FileNotInDir2 message box displayed when Setup requires a new disk to be inserted and the disk was not found.
- Any (error) message box displayed before Setup (or Uninstall) could read the command line parameters.
- Any message box displayed by [Code] support function MsgBox.

/LOG

Causes Setup to create a log file in the user's TEMP directory detailing file installation and [Run] actions taken during the installation process. This can be a helpful debugging aid. For example, if you suspect a file isn't being replaced when you believe it should be (or vice versa), the log file will tell you if the file was really skipped, and why.

The log file is created with a unique name based on the current date. (It will not overwrite or append to existing files.)

The information contained in the log file is technical in nature and therefore not intended to be understandable by end users. Nor is it designed to be machine-parseable; the format of the file is subject to change without notice.

/LOG="filename"

Same as /LOG, except it allows you to specify a fixed path/filename to use for the log file. If a file with the specified name already exists it will be overwritten. If the file cannot be created, Setup will abort with an error message.

/NOCANCEL

Prevents the user from cancelling during the installation process, by disabling the Cancel button and ignoring clicks on the close button. Useful along with '/SILENT' or '/VERYSILENT'.

/NORESTART

Instructs Setup not to reboot even if it's necessary.

/LANG=language

Specifies the language to use. language specifies the internal name of the language as specified in a [Languages] section entry.

When a valid /LANG parameter is used, the Select Language dialog will be suppressed.

/DIR="x:\dirname"

Overrides the default directory name displayed on the Select Destination Location wizard page. A fully qualified pathname must be specified.

/GROUP="folder name"

Overrides the default folder name displayed on the Select Start Menu Folder wizard page. If the [Setup] section directive DisableProgramGroupPage was set to yes, this command line parameter is ignored.

/NOICONS

Instructs Setup to initially check the Don't create a Start Menu folder check box on the Select Start Menu Folder wizard page.

/TYPE=type name

Overrides the default setup type.

If the specified type exists and isn't a custom type, then any /COMPONENTS parameter will be ignored.

/COMPONENTS="comma separated list of component names"

Overrides the default component settings. Using this command line parameter causes Setup to automatically select a custom type. If no custom type is defined, this parameter is ignored.

Only the specified components will be selected; the rest will be deselected.

If a component name is prefixed with a "*" character, any child components will be selected as well (except for those that include the dontinheritcheck flag). If a component name is prefixed with a "!" character, the component will be deselected.

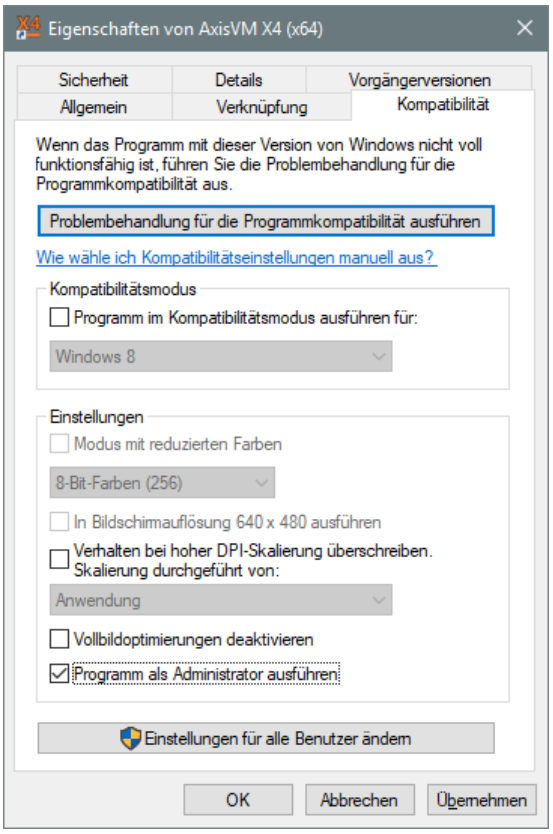
This parameter does not change the state of components that include the fixed flag.
Example:
Deselect all components, then select the "help" and "plugins" components:
/COMPONENTS="help,plugins"
Example:
Deselect all components, then select a parent component and all of its children with the exception of one:
/COMPONENTS="*parent,!parent\child"

/TASKS="comma separated list of task names"

Specifies a list of tasks that should be initially selected.
Only the specified tasks will be selected; the rest will be deselected. Use the /MERGETASKS parameter instead if you want to keep the default set of tasks and only select/deselect some of them.

If a task name is prefixed with a "*" character, any child tasks will be selected as well (except for those that include the dontinheritcheck flag). If a task name is prefixed with a "!" character, the task will be deselected.
Example:
Deselect all tasks, then select the "desktopicon" and "fileassoc" tasks:
/TASKS="desktopicon,fileassoc"
Example:
Deselect all tasks, then select a parent task and all of its children with the exception of one:
/TASKS="*parent,!parent\child"

Fehlerbehebung



Windows 7, Windows 8 oder Windows 10

Das Installationsprogramm erstellt automatisch eine Desktop-Verknüpfung von AxisVM X6.
Klicken Sie auf das Symbol, um AxisVM zu starten.
Je nach Sicherheitseinstellungen des Betriebssystems erscheint vielleicht eine Sicherheitswarnung. Klicken Sie auf "ja" und fahren Sie fort.
Falls AxisVM nicht gestartet wird, legen Sie die Benutzerrechte folgendermassen fest:

- Mit der rechten Maustaste auf das AxisVM X6 Symbol auf dem Desktop klicken
- Eigenschaften auswählen
- Register Kompatibilität auswählen und unten “Als Administrator ausführen” anklicken

Falls Sie Administratorrechte besitzen, das Programm aber nicht startet, überprüfen Sie folgende Probleme:

1. ***Wenn eine Anzeige mit Fehlercode erscheint***, überprüfen Sie, ob der Hardware-Key (Lizenz-Dongle) richtig eingesteckt ist und die grüne LED leuchtet. Falls keine LED leuchtet ist vielleicht der USB-Port defekt.
2. ***Falls keine Anzeige erscheint***, das Programm aber dennoch nicht startet, überprüfen Sie Ihr Antivirus-Programm (siehe unten).

Zusatzprogramme

Sie können Zusatzprogramme für AxisVM verwenden, z.B. von externen Entwicklern oder von Ihnen selber. Um diese Programme zu starten, muss AxisVM COM Server in der Windows Registry registriert sein. Wenn AxisVM mit Administratorrechten installiert wurde, dann ist das schon erfolgt. Wenn die Registrierung fehlgeschlagen ist, dann kann “Register_AxisVM.bat” (auf 32 bit Systemen) bzw. “AxisVM_x64.bat” auf bit Systemen mit Administratorrechten gestartet werden.

☞ ***32 bit Zusatzprogramme starten die AxisVM 32 bit Version und laufen auch nur unter dieser. 64 bit Zusatzprogramme können nur in der AxisVM 64 bit Version verwendet werden.***

Fehlerhafte Virenwarnung

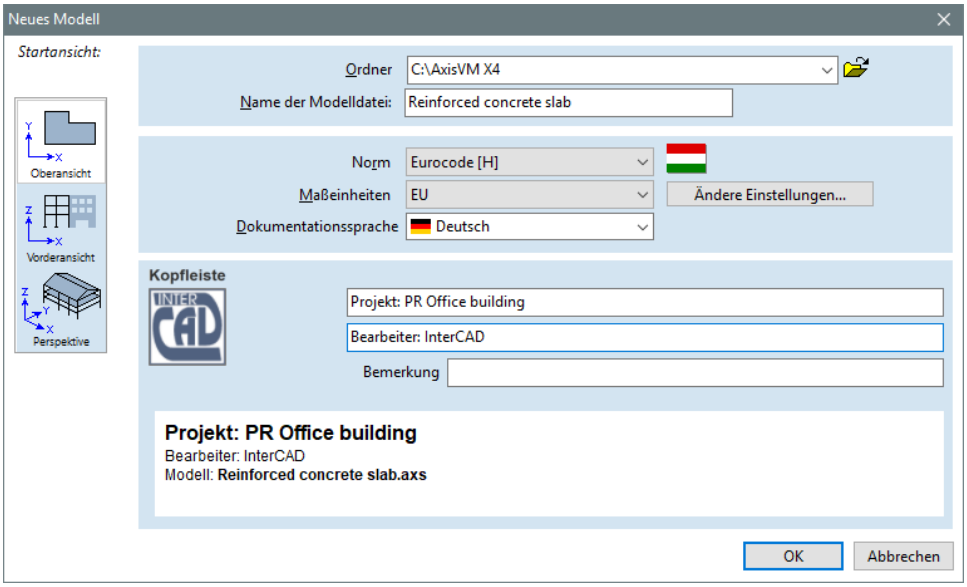
Anti Viren Programme können eine Virenmeldung während der Installation von AxisVMX4 produzieren. Das wird durch die Funktion in Antiviren Programmen “Heuristic Algorithmus” verursacht. Dieser Algorithmus schlägt evtl. Alarm aufgrund des speziellen Softwareschutzes von AxisVM. Falls das passiert, können folgende Schritte helfen:

- Wenn das Antivirus Programm AxisVM.exe in Quarantäne gesteckt hat, holen Sie es da heraus
- Fügen Sie AxisVM.exe zu den Ausnahmen, um eine Kontrolle zu umgehen
- Reduzieren Sie die Sensitivität des “Heuristic Algorithmus”

Die Homepage “virustotal” bietet eine Untersuchung mit 47 unterschiedlichen Antiviren Programmen an.

Starten von AxisVM

Klicken Sie auf Start-Programme, AxisVM-Ordner, und klicken Sie das AxisVM X6 Icon. Nach dem Start (***Siehe...*** *3.7.5 Info über AxisVM*) erscheint ein Willkommsfenster.
Durch Deaktivieren des Kontrollkästchens am unteren Rand des Dialogfensters kann dieses Willkommensfenster in Zukunft unterdrückt werden. Um es wieder zu aktivieren, kann unter Einstellungen \Grundeinstellungen \Datensicherheit das entsprechende Kontrollkästchen wieder markiert werden.



☞ ***Falls Sie eine ältere Version von Windows und Internet Explorer haben, können gewisse Toolbaricons nicht angezeigt werden. In diesem Fall müssen Sie Ihr Windows aktualisieren.***

AxisVM starten im Sicherheitsmodus

Sowohl AxisVM.exe (32 Bit) und AxisVM_x64.exe (64 Bit) können im Sicherheitsmodus mit *axisvm.exe /SAFE* oder *axisvm_x64.exe /SAFE* gestartet werden.
Der Sicherheitsmodus wird empfohlen für (1) Probleme mit der Grafikkarte oder einem Treiber, (2) wenn Probleme im Multithreading Modus auftreten, (3) wenn AxisVM beim Versuch alte Dateien wiederherzustellen hängt, (4) wenn ein PlugIn oder Zusatzmodul Probleme verursacht.

AxisVM starten im Fehlerbehebungsmodus

Falls beim Starten von AxisVM ein Fehler auftritt oder das Programm nicht gestartet werden kann, führen Sie AxisVM.exe (32Bit-Version) oder AxisVM_x64.exe (64Bit-Version) mit den Switch /USERDEBUG und anschliessend /NETDONGLELOG im Fall einer Netzwerklizenz beziehungsweise /USERDEBUG im Fall einer Einzellizenz aus.
Diese zusätzlichen Befehle erzeugen beim Startprozess ein log-File. Dieses log-File können Sie dem technischen Support senden; damit kann das Problem identifiziert werden.

Programm und Dateitypen

	Datei	Dateier-weiterung	Kann geöffnet werden durch				
			Standard	Viewer	Academic	Demo	Mini
Erstellt durch	Standard	.axs/.axe	ja	ja	ja	ja	AE
	Viewer	.axv/.axw	nein	ja	nein	nein	nein
	Academic	.axs/.axe	OMW	ja	ja	OMW	AE
	Trial	.axs/.axe	ja	ja	ja	ja	AE
	Light	.axd/.axr	ja	ja	ja	ja	ja

OMW Öffnen mit Wasserzeichen
AE Abhängig von der Anzahl Elemente im Modell (Begrenzung Mini Version)

Upgrades

Es wird empfohlen, die neue Version in einen neuen Ordner zu installieren, damit bleibt die alte Version erhalten.

Konvertieren alter Modelle

Speichern im Format einer älteren AxisVM-Version kann zu Datenverlust führen.

Schritte für eine Berechnung

Die wichtigsten Schritte zur Berechnung mit AxisVM sind:

Eingabe (Pre-Prozessor)
↓

Berechnung			
Statik (linear/nichtlinear)	Schwingung (erster/zweiter Ordnung)	Dynamisch (linear/nichtlinear)	Knicken
↓			

Ergebnisse (Post-Prozessor)

Grenzen

Es gibt Beschränkungen je nach Programmversion:

Vollversion: Professional Version		
Parameter		**Maximal**
Knotenpunkte		Unbeschränkt
Material Kennwerte		Unbeschränkt
Elemente	Fachwerkstab	Unbeschränkt
	Stab	Unbeschränkt
	Rippe	Unbeschränkt
	Scheibe	Unbeschränkt
	Platte	Unbeschränkt
	Schale	Unbeschränkt
	Auflager	Unbeschränkt
	Starrkörper	Unbeschränkt
	Diaphragma	Unbeschränkt
	Feder	Unbeschränkt
	Kontaktelement	Unbeschränkt
	Verbindungselement	Unbeschränkt
Lastfälle		Unbeschränkt
Lastfallkombinationen		Unbeschränkt
Eigenformen		Unbeschränkt

Limitierte Version: Small Business Version		
Parameter		**Maximal**
Knotenpunkte		Unbeschränkt
Materialkennwerte		Unbeschränkt
Elemente	Nur Fachwerkstab	500
	Fachwerkstab+Balken+Rippe *	250
	Rippe an einer Oberflächenkante	1500
	Scheibe+Platte+Schale	2000
	Unterstützung	Unbeschränkt
	Starrkörper	Unbeschränkt
	Diaphragma	Unbeschränkt
	Feder	Unbeschränkt
	Kontaktelement	Unbeschränkt
	Verbindungselement	Unbeschränkt
Lastfälle		Unbeschränkt
Lastfallkombinationen		Unbeschränkt
Eigenformen (Dynamik)		Unbeschränkt
Frequenzen		Unbeschränkt

* Falls Balken oder/und Rippen in der Struktur integriert sind

2.3. Wie soll ich beginnen?

Der beste Weg, AxisVM zu entdecken, ist, ein einfaches Modell zu erstellen, es zu analysieren und die Ergebnisse auszuwerten.
Die Schritte der Modellbildung sind im *AxisVM Schritt für Schritt Tutorial* beschrieben.

Die Eingabe ist in drei Schritte gegliedert:

Geometrie

Im ersten Schritt soll das geometrische Modell der Tragstruktur, ein Netz erstellt werden (in 2D oder 3D).
Die Geometrie kann auch per Hand gezeichnet werden oder es kann von anderen CAD-Programmen importiert werden. Es können Elemente (Stützen, Balken, Wände, Deckenplatten) direkt gezeichnet werden.

Elemente

Wenn Sie die Geometrie zunächst zeichnen, werden im zweiten Schritt die verschiedenen Eigenschaften (wie z. B. Materialeigenschaften und Querschnittswerte) zum Netz zugeordnet. Mit der Bestimmung der Lagerungen wird das statische Modell vollständig.

Lasten

Im dritten Schritt werden die Lasten auf das Modell aufgebracht. Man erstellt die Lastfälle, Lastgruppen und Lastfallkombinationen.

Die Schritte der Modellerstellung finden Sie im Detail im AxisVM Schritt für Schritt Tutorial, das im Menü Hilfe verfügbar ist. Dieses Tutorial hilft beim Aufbau und der Analyse einfacher Konstruktionen.

- *Träger*
- *Rahmen*
- *Platten*
- *Membrane (mit parametrisiertem Netz)*
- *Membrane (mit Domänen)*
- *Schalen*

AxisVM Schritt für Schritt (für fortgeschrittene Benutzer) führt den Benutzer durch die dynamische und seismische Analyse von zwei erweiterten Modellen.
Videotutorials in englischer Sprache für die Beispielmodelle finden Sie hier: *AxisVM YouTube Kanal*

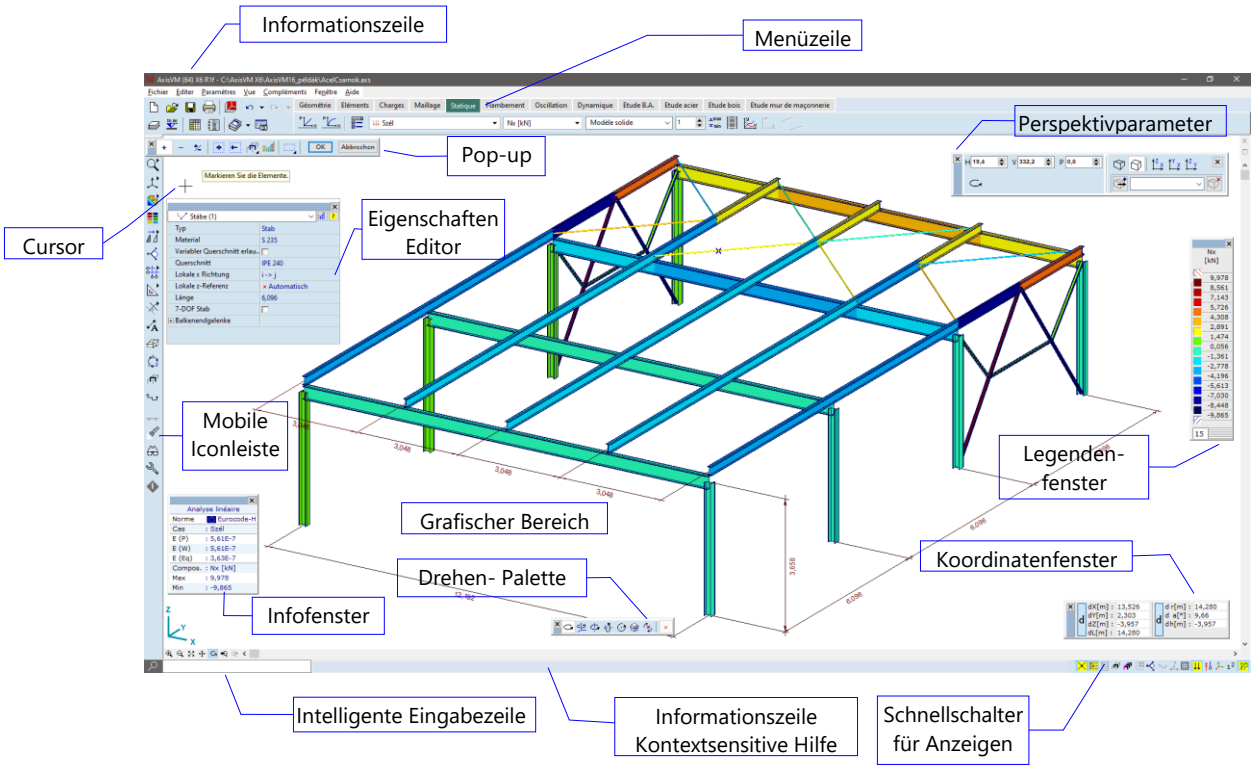
Wir empfehlen das ganze Handbuch einmal aufmerksam zu lesen.
Im **Abschnitt** 1 Sie die aktuellen Neuerungen von AxisVM.
Im **Abschnitt** 2 finden Sie allgemeine Informationen über die Benutzung des Programms und in den weiteren Kapiteln werden die einzelnen Menüpunkte grundsätzlich diskutiert.
Wenn Sie mit dem Programm relativ gut umgehen können, lohnt es sich das Handbuch noch mal durchzulesen, weil bestimmte Sachen somit besser erklärt werden.

2.4. Die Aufteilung des Bildschirmes

Dieser Abschnitt beschreibt die komplette grafische Arbeitsumgebung von AxisVM. Lesen Sie diesen Abschnitt besonders aufmerksam. Ihr Wissen über das Programm erhöht die Arbeitsgeschwindigkeit und somit die Produktivität erheblich.

AxisVM Bildschirm

Nachdem Sie AxisVM gestartet haben öffnet sich die Arbeitsumgebung.
Die Benutzeroberfläche umfasst die folgenden Elemente:



Die Arbeitsbereiche der AxisVM Umgebung werden nun kurz beschrieben.

Grafische Eingabe-oberfläche

Der Bereich wo Sie Ihr Modell erstellen.

Cursor

Der Cursor wird zum Zeichnen, Auswählen und Öffnen von Menüs und Dialogboxen verwendet. In Abhängigkeit der gewählten Funktion kann dabei der Cursor variieren.

Menüzeile

Jeder Eintrag der Menüzeile hat seine eigene Auswahlliste. Zur Benutzung führen Sie den Cursor in die Menüzeile, der Cursor wird zum Zeiger. Zur Auswahl fahren Sie auf den Menüeintrag und drücken Sie die linke Maustaste. Das Untermenü wird geöffnet.

Tabs mit assuziierter Toolbar

Werkzeuge um das statische Modelle einzugeben, zu berechnen und die Resultate auszugeben sind in den Tabs entsprechend der logischen Abfolge grupiert.

Aktives Icon

Das aktive Icon markiert den aktiven Befehl in heller Farbe

Symbolleiste

Die Symbole auf der linken Seite stehen für unterschiedliche Funktionen. Diese Funktionen sind während der Bearbeitung immer ausführbar. Die Icon-Leiste und die pop-up Werkzeugleiste sind beliebig platzierbar.

Koordinatenfenster

Das Fenster im Arbeitsbereich, das die Koordinaten des Cursors anzeigt.

Legendenfenster

Dieses Fenster zeigt die Farblegende für die Ergebnisanzeige. Erscheint nur im Postprozessor.

Infofenster

Dieses Fenster zeigt den Status des Modells und den Ergebnistyp.

Informationszeile

Zeigt einen Hilfetext an, der den aktiven Befehl beschreibt.

Eigenschaften Editor

Der Eigenschaften Editor erlaubt das einfache Modifizieren von Eigenschaften von ausgewählten Elementen oder Lasten.

Pet Palette

Pet Paletten erscheinen beim Modifizieren von Geometrieeigenschaften, abhängig vom Typ der zu modifizierenden Elemente (Knoten, Linie, Kreisbogen). **Siehe...** *4.8.21 Modifizieren, Transformieren*

Schnellschalter

Die Schnellschalter am rechten unteren Ende des AxisVM-Fensters bieten den schnellsten Zugriff zum Aktivieren/Einschalten von diversen Sichtbarkeiten wie Details, Schnitte, Symbole, Beschriftung , Arbeitsebenen, etc.

Das Modell

Mit AxisVM können Sie FEM-Berechnungen für Bauwerkstrukturen durchführen.
Dazu arbeitet das Programm mit einem Modell der Bauwerkstruktur. Jedem Modell muss ein Name zugeordnet werden. Dieser wird beim Speichern des Modells verwendet. Dabei sind die entsprechenden Windowskonventionen zu beachten. Das Modell beinhaltet alle Daten, die AxisVM für das Bauwerk benötigt. Die Modelldaten werden in zwei Dateien gespeichert. Die Eingabedaten werden in der Datei name.axs und die Ergebnisdaten in der Datei name.axe gespeichert. Die Eingabedaten werden mit den Preprozessor-Befehlen erzeugt. Die Ergebnisdaten werden durch die Berechnung erstellt.

Die Modelldaten werden in zwei Dateien gespeichert.
Die Eingabedaten in Dateiname**.axs** und die Ergebnisdaten in Dateiname**.axe**.
AxisVM prüft, ob die AXS- und AXE-Dateien zu derselben Version wie das Modell gehören.

2.5. Arbeiten mit der Tastatur, mit der Maus und dem Cursor

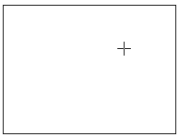
Unicode ist ein Industriestandard für das darstellen von Textzeichen und wird von. Dieser ist in Axis vollumfänglich implementiert. Alle Fenster warden dem Standard entsprechend dargestellt.

Cursor

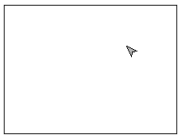


Zur bequemen und effektiven Arbeit mit dem Cursor (Pfeil/Fadenkreuz) empfehlen wir die Benutzung einer Maus mit Mausrad. Der Cursor kann auf dem Bildschirm in den folgenden zwei Formen erscheinen:

Fadenkreuz:



Pfeil:



Fadenkreuz (Vergrößern/Verkleinern):



Wenn Sie mit dem Cursor über einem Objekt anhalten, wird der Objekttyp grafisch angezeigt (Knoten, Linie, Bereich, Last etc.)
Die ausführlichen Erläuterungen **siehe später**... *4.7.1 Umgebungskreis (Aura)*

Abhängig vom aktuellen Menü über dem angezeigten Objekt erscheinen die folgenden Daten neben dem Cursor:

GEOMETRIE	Nummer + Koordinaten des Knotenpunkts, Länge der Linie
ELEMENTE	Element-Typ-Eigenschaften, Freiheitsgrade, Auflager-Parameter etc.
LASTEN	Elementbelastung, Lasten an den Knotenpunkten etc.
NETZ	Netzgenerierungs-Parameter
STATIK	Berechnung von Verformung, Beanspruchung, Spannung, Reaktion, Bewehrung, etc.
EIGENSCHWINGUNG	Ordinate der Schwingungsfigur
DYNAMISCH	Verschiebung, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Schnittkraft, Spannung
KNICKEN	Ordinate der Knickfigur
BEWEHRUNG	Spezifischen Bewehrungen, Rissbreiten etc.
STAHLBEMESSUNG	Verformung, innere Kräfte, Ausnützungs- und Widerstandswerte
HOLZBEMESSUNG	Verformung, innere Kräfte, Ausnützungsfaktorergebnisse und Widerstände

Die Tastatur

Einige Tasten haben spezielle Funktionen:

[↑], [↓], [←], [→], 🖱	Bewegen des Cursors (Pfeil/Fadenkreuz) in der aktuellen Ebene.
[Ctrl] + **[↑], [↓], [←], [→],** 🖱	Bewegen des Cursors (Pfeil/Fadenkreuz) in der aktuellen Ebene mit dem eingestellten Schritt.
[Shift]+ **+[↑][↓][←][→],** 🖱	Bewegen des Cursors (Pfeil/Fadenkreuz) in der aktuellen Ebene auf einer Linie mit dem Winkel $n \cdot \Delta\alpha$, benutzerdefiniert α oder $\alpha + n \cdot 90°$.
[Home], [End]	Bewegen des Cursors (Pfeil/Fadenkreuz) senkrecht zu der aktuellen Ebene.
[Ctrl]+ **[Home], [End]**	Bewegen des Cursors (Pfeil/Fadenkreuz) senkrecht zu der aktuellen Ebene mit der eingestellten Schrittweite.
[Esc] oder 🖱 rechte Maustaste	Abbrechen der aktuellen Funktion, Zurückkehren in die nächst höhere Menüebene. Identisch mit der rechten *Maustaste /Abbrechen* Befehl.
[Enter]+[Space] 🖱 linke Maustaste (Befehltasten)	**Befehltasten**. Für die Auswahl der Menüelemente, für die Durchführung der Funktionen, für Markierung oder Abfrage.
[Alt]	Umschalten zwischen Zeichenfläche und Menübereich.
[Tab]	Cursor in das nächstes Eingabefeld verschieben
[+] [-]	Vergrößern/Verkleinern. Der Mittelpunkt der *Vergrößerung / Verkleinerung* entspricht der aktuellen Position des Cursors (Pfeil/Fadenkreuz).
[Insert] oder **[Alt]+[Shift]**	Erstellt das neue relative Koordinatensystem in der aktuellen Position des Cursors.
🖱 Mausrad	Vorwärts drehen um hereinzuzoomen Rückwärts drehen um herauszuzoomen Mit gedrücktem Mausrad die Zeichnung verschieben
Hot Keys	**Siehe...** *2.6* Tast*Tastaturkürzel*
🖱 rechte Maustaste	Zeigt ein Kontext-Menü. **Siehe...** *2.7 Schnellmenü*

2.6. Tastaturkürzel

Tastaturkürzel können allgemeine Befehle, Toolbar Symbolen und Menüpunkten zugeordnet werden. In den Standardeinstellungen von AxisVM13 sind die Toolbar Symbole kontextsenitiv, dadurch kann dasselbe Tastaturkürzel in verschiedenen Tabs unterschiedliche Aufgaben durchführen (Geometrie, Elemente, Lasten, u.s.w.)

Allgemeine Befehle

- Öffnen ..... Ctrl+O
- Speichern ..... Ctrl+S
- Drucken ..... Ctrl+P
- Rückgängig ..... Alt+BkSp
- Vorgängig ..... Shift+Alt+BkSp
- Folienmanager F11
- Geschosse F7
- Tabellen F12
- Ausgabe zusammenstellen F10
- Zeichnungsbibliothek F6
- Ansicht in Zeichnungsbibliothek speichern F9
- Löschen ..... Del
- Lokalen Ursprung setzen ..... Ins
- Vorheriger Lastfall ..... Ctrl+PgUp
- Nächster Lastfall ..... Ctrl+PgDn

Symbolleiste

- Auswahl ..... S
- Farbcodierung ..... Shift+C
- Verschieben / Kopieren ..... Shift+T
- Drehen ..... Shift+R
- Spiegeln ..... Shift+M
- Skalieren ..... Shift+S
- Bemassungslinien ..... Ctrl+Alt+D
- Hintergrundfolien bearbeiten ..... Ctrl+Alt+E
- Detail ..... Shift+P
- Schnitte ..... Shift+Ctrl+X
- Suchen F3
- Darstellung ..... Ctrl+Y
- Informationen ..... Shift+I
- **Ansichten**
  - Vergrößern ..... Ctrl+ü
  - Verkleinern ..... Shift+Ctrl+ü
  - Vollbild ..... Ctrl+W
  - Verschieben ..... Ctrl+M
  - Drehen ..... Ctrl+R
  - Vorderansicht..... Ctrl+1
  - Seitenansicht ..... Ctrl+3
  - Draufsicht ..... Ctrl+2
  - Perspektive ..... Ctrl+4
  - Drahtmodell ..... Alt+F5
  - Verdeckte Linien ..... Alt+F6
  - Verdeckte Flächen ..... Alt+F7
  - Textur ..... Alt+F8
- **Lineal**
  - Achsraster ..... Shift+G
  - Rechtwinklig ..... Alt+V
  - Parallel ..... Alt+P
  - Winkelhalbierende ..... Alt+B
  - Teilungspunkt ..... Alt+M
  - Schnittpunkt zweier Linien ..... Alt+I

Werkzeugleiste

- [Geometrie] ..... Shift+F1
- [Elemente] ..... Shift+F2
- [Lasten] ..... Shift+F3
- [Netz] ..... Shift+F4
- [Statik] ..... Shift+F5
- [Knicken] ..... Shift+F6
- [Eigenschwingung] ..... Shift+F7
- [Dynamik] ..... Shift+F8
- [Bewehrung] ..... Shift+F9
- [Stahlbemessung] ..... Shift+F10
- [Holzbemessung] ..... Shift+F11

Geometrie
- Knoten ..... N
- Linie L
- Polygon ..... P
- Rechteckig gedreht ..... R
- Bogen definiert durch Zentrum und 2 Punkte..... A
- Bogen definiert durch 3 Punkte..... B
- Horizontale Aufteilung ..... H
- Linie aufteilen ..... D
- Schnittpunkt I

Elemente
- Material ..... Shift+Ctrl+M
- Querschnitte ..... Shift+Ctrl+C
- Objekte direkt erstellen F4
- Auflager direkt erstellen F5
- Bereich ..... D
- Öffnung ..... H
- Linienelemente L
- Punktlager ..... T
- Linienlager ..... U
- Knoten-Knoten Verbindungselement I
- Linie-Linie Verbindungselement ..... J

Lasten
- Lastfälle und Lastgruppen L
- Lastkombinationen C
- Punktlasten ..... N
- Einzelkräfte auf Stab ..... B
- Einzellast auf Bereich ..... A
- Linienlast ..... J
- Linienlast auf Kante eines Bereichs ..... E
- Linienlast auf Bereich I
- Flächenlast ..... H
- Bereichslast ..... D
- Flächenlast verteilt über Stäbe ..... K
- Lastebene ..... P
- Schneelast ..... O
- windlast ..... W
- Flüssigkeitslast ..... F
- Eigengewicht ..... G
- Bewegliche Linienlast ..... T

Netz
- Netzgenerierung ..... G

Statik
- Lineare statische Berechnung L
- Nichtlineare statische Berechnung ..... N
- Darstellungsparameter Berechnungsergebnisse .... D
- Min, Max Werte ..... Ctrl+X
- Animation ..... A

Knicken
- Knickberechnung L
- Darstellungsparameter Berechnungsergebnisse .... D
- Min, Max Werte ..... Ctrl+X
- Animation ..... A

Eigenschwingung
- Schwingungsanalyse L
- Darstellungsparameter Berechnungsergebnisse .... D
- Min, Max Werte ..... Ctrl+X
- Animation ..... A

Dynamik
- Dynamische Berechnung L
- Darstellungsparameter Berechnungsergebnisse .... D
- Min, Max Werte ..... Ctrl+X
- Animation ..... A

Bewehrung
- Bewehrungsparameter ..... P
- Tatsächliche Bewehrung ..... T
- Darstellungsparameter Berechnungsergebnisse .... D
- Min, Max Werte ..... Ctrl+X
- Animation ..... A
- Stützenbewehrung C
- Balkenbewehrung ..... B
- Durchstanznachweis von Platten ..... U
- Einzelfundamentbemessung ..... F
- Streifenfundamentbemessung I

Stahlbemessung
- Bemessungsparameter ..... P
- Darstellungsparameter Berechnungsergebnisse .... D
- Min, Max Werte ..... Ctrl+X
- Verbindungsnachweis ..... J
- Verbindungsnachweis ..... K
- Optimierung Stahlquerschnitte ..... O

Holzbemessung
- Bemessungsparameter ..... P
- Darstellungsparameter Berechnungsergebnisse .... D
- Min, Max Werte ..... Ctrl+X
- Animation ..... A

Menü

Datei
- Öffnen ..... Ctrl+O
- Speichern ..... Ctrl+S
- Drucken ..... Ctrl+P
- Beenden ..... Ctrl+Q

Editieren
- Rückgängig ..... Alt+BkSp
- Vorgängig ..... Shift+Alt+BkSp
- Alles markieren ..... Num *
- Kopieren ..... Ctrl+C
- Einfügen ..... Ctrl+V
- Löschen ..... Del
- Tabellen F12
- Ausgabe zusammenstellen F10
- Zeichnungsbibliothek F6
- Darstellung zur Gallerie hinzufügen F9
- Gewichtsliste F8
- Konstruktionselemente zusammenstellen ..... Shift+A
- Konstruktionselemente auflösen ..... Shift+B
- Lokales Koordinatensystem umkehren ..... Ctrl+E

Einstellungen
- Darstellung ..... Ctrl+Y
- Service ..... Ctrl+D
- Folienmanager F11
- Geschosse F7
- Lineale ..... Ctrl+G
- Achsraster ..... Shift+G
- Tastaturkürzel ..... Ctrl+K

Grundeinstellungen
- Schriftarten ..... Shift+Alt+F
- Berechnung ..... Shift+Alt+B

Ansichten
- Vorderansicht ..... Ctrl+1
- Oberansicht ..... Ctrl+2
- Seitenansicht ..... Ctrl+3
- Perspektive ..... Ctrl+4
- Ein Geschoss nach oben ..... PgUp
- Ein Geschoss nach unten ..... PgDn
- Vergrössern ..... Ctrl+ü
- Verkleinern ..... Shift+Ctrl+ü
- Vollbild ..... Ctrl+W
- Verschieben ..... Ctrl+M
- Drehen ..... Ctrl+R
- Drahtmodell ..... Alt+F5
- Verdeckte Linien ..... Alt+F6
- Verdeckte Flächen ..... Alt+F7
- Textur ..... Alt+F8

Fenster
- Eigenschafteneditor ..... Shift+Alt+P
- Infopalette ..... Shift+Alt+I
- Farbcodierung ..... Shift+Alt+C
- Koordinatenfenster ..... Shift+Alt+K
- Farbskala ..... Shift+Alt+L
- Hintergrundbild ..... Ctrl+B
- Horizontale Aufteilung ..... Shift+H
- Vertikale Aufteilung ..... Shift+V
- Schliessen ..... Ctrl+F4
- Schriftgrösse verkleinern ..... Ctrl+Alt+I
- Schriftgrösse vergrößern..... Ctrl+Alt+O
- Zeichnungsbibliothek F6
- Ansicht in Zeichnungsbibliothek speichern F9

Hilfe
Inhalt F1
Schnellschalter
AutoSchnitt ..... Ctrl+I
Darstellung des Netzes ein/aus ..... M
Nur die selektierten Elemente ..... Ctrl+F
Darstellung der Lasten ein/aus ..... Ctrl+L
Darstellung der Ergebnisse
Keine ..... Ctrl+F5
Diagramm ..... Ctrl+F6
Isolinien ..... Ctrl+F7
Isoflächen 2D ..... Ctrl+F8
Schnitt ..... Ctrl+F9
Isoflächen 3D ..... Ctrl+F10
Diagramm + Durchnittswerte ..... Ctrl+F11
Liste der Ergebniskomponenten ..... Q
Koordinatenfenster
X X
Y ..... Y
Z ..... Z
L ..... Shift+Ctrl+L
R ..... Shift+Ctrl+R
A ..... Shift+Ctrl+A
H ..... Shift+Ctrl+H
B ..... Shift+Ctrl+B
Temporäre Arbeitsebene ..... Shift+Ctrl+W
X[m] : sperren ..... Ctrl+Alt+X
Y[m] : sperren ..... Ctrl+Alt+Y
Z[m] : sperren ..... Ctrl+Alt+Z
L[m] : sperren ..... Ctrl+Alt+L
r[m] : sperren ..... Ctrl+Alt+R
a[°] : sperren ..... Ctrl+Alt+A
h[m] : sperren ..... Ctrl+Alt+H
b[°] : sperren ..... Ctrl+Alt+B
Relative / Globale Koordinaten ..... Shift+D
Relative / Globale Polarkoordinaten ..... Shift+E

Allgemeine *Heisse Tasten*

[Ctrl]+[W]	Zoom Grenzen	**[Alt]**	Hauptmenü wählen
[Ctrl]+ [1]	X-Z-Ansicht	**[+]**	Vergrössern
[Ctrl]+ [2]	X-Y-Ansicht	**[-]**	Verkleinern
[Ctrl]+ [3]	Y-Z-Ansicht	**[Ctrl]+ [O]**	Öffnen
[Ctrl]+ [4]	Perspektive	**[Ctrl]+ [S]**	Speichern
[Ctrl]+ [P]	Drucken	**[Del]**	Löschen Objekte/Eigenschaften
[Ctrl]+ [A]	Alles markieren (fügt alle Objekt in die Markierungsliste ein)	**[Ctrl]+ [D]**	Umschalten
[Ctrl]+ [[ ]	Ansicht Undo	**[Ctrl]+[L]**	Beschriftung
[Ctrl]+ [ ]]	Ansicht Redo	**[Ctrl]+[Y]**	Symbole
[Ctrl]+[Z]	Undo	**[Ctrl]+[E]**	Umkehren der lokalen x –Richtung von Linienelementen
[Shift]+[Ctrl]+ [Z]	Redo	***[F1]***	Hilfe
[Tab]	Wechseln zwischen verschiedenen Fenstern	***[F7]***	Geschosse
[Ctrl]+[R]	Ansicht neu Zeichnen	***[F8]***	Eigengewicht
[Ctrl]+ [Q]	Beenden	***[F9]***	Darstellung zur Galerie hinzufügen
[Ctrl]+ [C]	Kopieren (in die Zwischenablage)	***[F10]***	Ausgabezusammenstellung
[Ctrl]+[V]	Einfügen (aus der Zwischenablage)	***[F11]***	Folienmanager
Ctrl+↑	Vorheriger Lastfall	***[F12]***	Tabellenanzeige
Ctrl+↓	Nächster Lastfall		

Heisse Tasten in den Tabellen

[Ctrl]+[L]	Bibliothek anzeigen
[Alt]+[F4]	Beenden
[Ctrl]+[Ins]	Neue Linie
[Ctrl]+[Del]	Löschen Linie
[Ctrl]+[A]	Auswahl alles
[F5]	Springe in Linie
[Ctrl]+[D]	Standardformat
[Ctrl]+ [Alt]+[F]	Setzen Stützenformat
[Ctrl]+[R]	Setzen Ergebnistyp (für Ergebnistabellen)
[Ctrl]+[G]	Ändern eines neuen Querschnitts (für Querschnittstabelle)
[Ctrl]+[M]	Ändern eines Querschnitts (für Querschnittstabelle)
[F1]	Hilfe
[F9]	Hinzufügen einer Tabelle in die Ausgabe
[F10]	Ausgabezusammenstellung

Heisse Tasten für die Ausgabezusammenstellung

[Ctrl]+[T]	Einfügen Text
[Ctrl]+ [Alt]+[B]	Einfügen Seitenumbruch
[Ctrl]+[W]	Ausgabe als RTF-Datei
[F3]	Vorschau
[Ctrl]+[P]	Drucken
[Ctrl]+[Del]	Löschen

Mausrad-Befehle

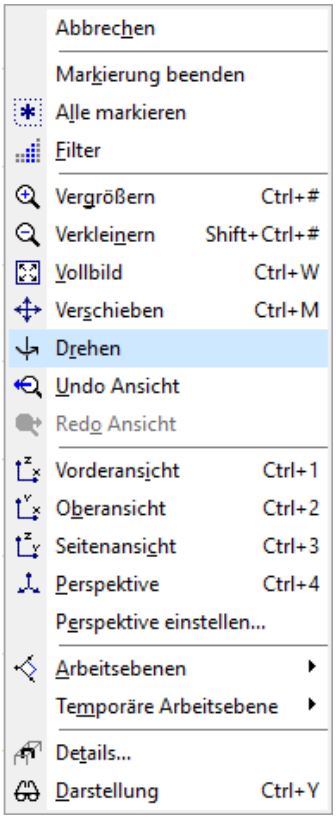
Scroll auf	Zoom hinein
Scroll ab	Zoom heraus
Rad drücken + bewegen	Verschieben (langsam)
Rad drücken + ALT + bewegen	Drehen
Rad drücken + CTRL + bewegen	Verschieben(schnell)

2.7. Schnellmenü

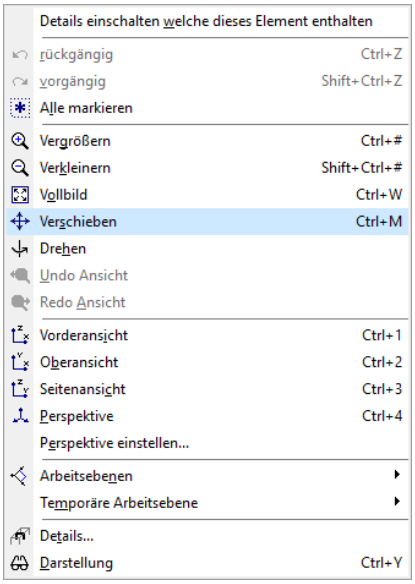
rechte Taste

Mit der rechten -Taste erscheint das Schnellmenü auf dem Bildschirm. Die Funktionen in diesem Menü sind veränderlich.

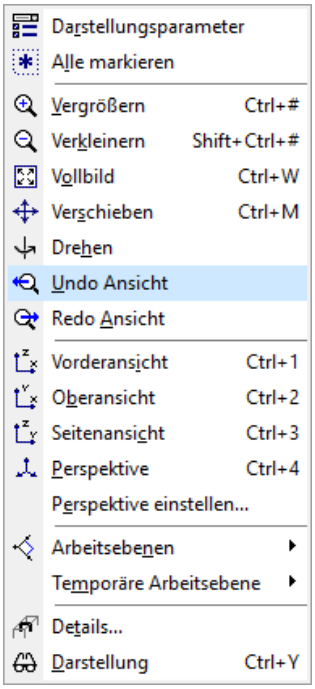
Markierung



Geometrie\Elemente\Lasten



Abfrage der Ergebnisse



2.8. Dialog-Fenster

Dialog-Fenster entsprechen in Ihrem Verhalten dem Windows-Standard.
Der Schriftart der Dialog-Fenster kann über das Menü *Einstellungen\Grundeinstellungen\Schriftarten* geändert werden. Klicken Sie dort auf das Feld *Dialogfenster*, um einen anderen Schriftstil zu wählen.
Sie können die Lage aller Dialog-Fenster ändern. Das Programm speichert die letzte Position des Dialogs und zeigt den Dialog beim nächsten Aufruf an derselben Stelle.

2.9. Tabellen



[F12]

Alle Tabellen, die im Programm benutzt werden, werden unabhängig vom Inhalt auf dieselbe Art und Weise behandelt. Alle Tabellen zur Dateneingabe und Ergebnisausgabe finden Sie in der Tabellenbehandlung, welche durch Betätigung der **[F12]-**Taste oder durch Anklicken des Ikons in der obersten Ikonliste aufrufbar ist.
Die aktuelle Tabelle kann aus dem Baum der linken Seite des Dialogfensters ausgewählt werden. Der Baum beinhaltet die Modelldaten, die Ergebnistabellen und die verschiedene Datenbanken. Der Inhalt des Baumes ist abhängig davon, aus welchem Programm-Modul (Dateneingabe oder Ergebnis-Auswertung) er aufgerufen worden ist.

☞ ***Nur die Daten der aktuellen Details (wenn benutzt) oder der markierten Objekte werden voreingestellt angezeigt. Siehe...****2.16.14 Detail*.

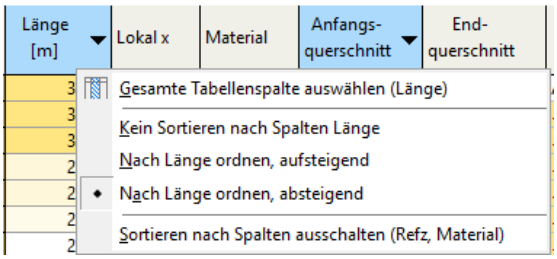
Der Inhalt der Tabellen ist immer von den Filterkriterien abhängig. Wenn ausgewählte Elemente oder eingeschaltete Details vorhanden sind, sind nur die entsprechenden Daten in den Tabellen sichtbar. Die Filterkriterien sind in der unteren rechten Ecke des Dialogfensters dargestellt.

Nach Spalten sortieren

Dateneingaben und Resultattabellen können nach den meisten Spalten sortiert werden. Wenn Sie mit der Maus über die Kopfzelle einer Spalte fahren, ändert sich deren Farbe. Durch Anklicken färbt sich die Zelle hellblau und die Sortierreihenfolge wird geändert (aufsteigend, absteigend, unsortiert). Die Zeilen werden entsprechend sortiert.

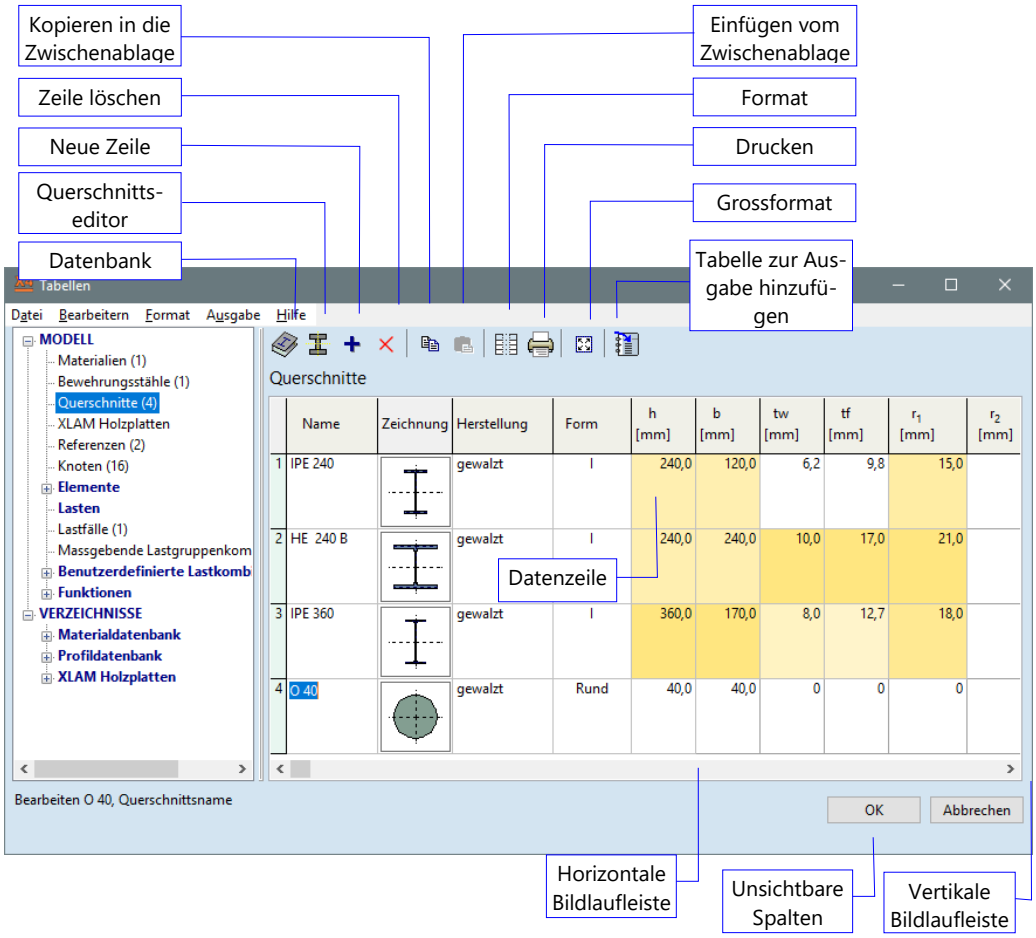
Die meisten Dateneingabe-Tabellen können nach mehreren Kriterien sortiert werden. Wenn Sie die Knotentabelle nach Z und dann nach X sortieren, werden Knoten mit gleicher Z-Koordinate nach ihrer X-Koordinate sortiert. Die Reihenfolge der Kriterien entspricht jeweils der Klickreihenfolge. Resultattabellen können nur nach einer Spalte sortiert werden. Allerdings gibt es vielleicht Spalten, welche als erstes Kriterium verwendet werden können (z.B. *Querschnitt* in den *Trägerkraft*-Tabellen, d.h. Sie können die Resultate zuerst nach dem Querschnitt und dann nach einer Kraftkomponente sortieren).

Werden mehrere Kriterien angewendet, kann deren Reihenfolge über einen Rechtsklick auf die Kopfzelle und einen Blick auf den untersten Menüpunkt überprüft werden (*Sortieren nach Spalten ausschalten)*:



Farbkennzeichnung von Tabellenzellen

Tabellen des Tabellen-Browsers wenden Farbkennzeichnung auf die angezeigten Werte an (z.B. Bereichsdicke, Trägerquerschnitt, Trägerlänge, Resultatkomponenten usw.). Die Hintergrundfarbe der Zellen erscheint nur auf dem Bildschirm und hilft, kleine oder gewöhnliche von grossen oder wichtigen Werten zu unterscheiden.
Die Resultattabellen zeigen negative Werte in blauer und positive in roter Schattierung an. Wirkungsgrade unter dem Grenzwert werden grün schattiert und solche oberhalb der Grenze rot. Die Farbkennzeichnung kann deaktiviert werden, siehe *Format / Farbkennzeichnung von Tabellenzellen*.



Bewegung, Auswahl in der Tabelle

Eine Tabelle kann mehr Spalten und/oder Zeilen haben als die im Fenster dargestellten. Die fehlenden Bereiche können mittels der Schieberegler oder der folgenden Tastaturbefehle eingeblendet werden:

[↑], [↓], [←], [→], 🖱 linke Maustaste

Sich eine Zeile nach oben bzw. unten bewegen oder die Tabelle weiterblättern.

[Shift] Wenn Sie die Shift-Taste gedrückt halten, werden die Zellen markiert, wenn Sie sich mit den Richtungspfeilen in den Zellen bewegen. Die Zellen der Tabelle können auch mit gedrückter rechter Maustaste durch Mausziehen markiert werden. Durch Anklicken der obersten fixen Zelle in einer Spalte kann die gesamte Spalte markiert werden. Durch Anklicken der ersten Zelle einer Zeile kann die gesamte Zeile markiert werden.
Durch Anklicken der linken oberen Zelle kann die gesamte Tabelle markiert werden. Die markierten Zellen können als Tabelle in die Zwischenablage kopiert werden. Wenn nur Zellen aus einer Spalte markiert worden sind, kann diesen Zellen einen konstanter Wert zugeordnet werden.

Siehe später: Konstanten Wert setzen.

[Home] Zur ersten Zelle der Tabellenzeile springen.

[End] Zur letzten Zelle der Tabellenzeile springen.

[Ctrl]+[Home] Zur ersten Zelle der Tabelle springen.

[Ctrl]+[End] Zur letzten Zelle der Tabelle springen.

[Page Up] In der Tabelle rückwärts blättern. Mit Anklicken mit dem 🖱 an das vertikale Rollband erreicht man dieselbe Funktion.

[Page Down] In der Tabelle vorwärts blättern. Mit Anklicken mit dem 🖱 an das vertikale Rollband erreicht man dieselbe Funktion.

[Ctrl]+ [→] Die Tabelle nach rechts blättern oder in die nächste Spalte springen. Nur dann benutzbar, wenn mehr Spalten vorhanden sind als gleichzeitig dargestellt werden können. Mit Anklicken mit dem 🖱 an das horizontale Rollband erreicht man dieselbe Funktion.

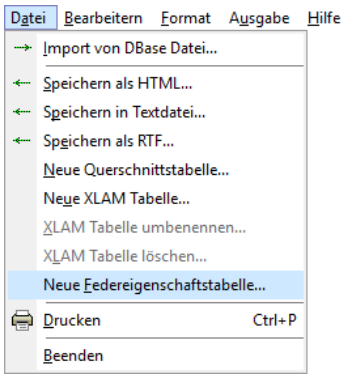
[Ctrl]+ [←] Die Tabelle nach links blättern oder in die vorige Spalte springen. Nur dann benutzbar, wenn mehr Spalten vorhanden sind als gleichzeitig dargestellt werden können. Mit Anklicken mit dem an das horizontalen Rollband erreicht man dieselbe Funktion.

[Enter] Beendet die Dateneingabe in dem aktiven Feld und bewegt den Cursor rechts ins nächste Feld. Am Zeilenende wird der Cursor zum Anfang der nächsten Zeile bewegt. Mit der rechten -Taste kann man ein beliebiges Feld aktivieren.

[Esc]
rechte Taste
Abbrechen der Dateieingabe im aktiven Feld. Die ursprünglichen Einträge werden wiederhergestellt. Man kann auch auf **Abbrechen** klicken.

[Shift] Wenn die **[Shift]-**Taste gedrückt ist, werden mit allen Richtungstasten Zellen markiert anstatt den Inhalt zu verschieben. Zellen können auch durch Mausklick markiert werden. Durch Klicken der obersten Zelle wird die ganze Spalte markiert. Durch Auswahl des ersten Eintrages links die ganze Reihe. Die oberste linke Zelle markiert die ganze Tabelle. Markierte Zellen können in die Zwischenablage kopiert werden. Bei Auswahl einer einzelnen Zelle kann der darin enthaltene Wert geändert werden.

Datei



Material/Profil datenbank anzeigen

[Ctrl]+ [L]
Wenn die *Tabelle der Materialien, Querschnitte, Federeigenschaften oder XLAM-Holzplatten* ausgewählt ist, ermöglicht der erste Menüpunkt das Durchsuchen der integrierten Materialbibliothek, Querschnittsbibliothek, Federeigenschaftenbibliothek oder XLAM-Holzplattenbibliothek.

Import von Dbase Datei... Eine DBase Datei *Name.dbf* wird in der Tabelle aufgerufen. Vom Programm werden die Felder der DBase-Datei ausgewertet und, wenn sie in die Tabelle nicht hineinpassen, schickt das Programm eine Fehlermeldung.

Speichern als DBase-Date... Die Tabelle wird unter dem Dateinamen *Namen.dbf* gespeichert. Die Feldnamen der DBase Dateien werden aus den Spaltennamen generiert. Die DBase-Felder sind alle Textfelder.

Speichern als HTML... Die Tabelle wird unter dem Dateinamen *Namen.htm* gespeichert. Eine so erstellte Datei kann auch z.B. von Microsoft Word als Tabelle eingelesen werden. Die verschiedenen Einstellungen der Spalten werden in der HTML-Datei nicht übernommen, sie sollen im Texteditor eingestellt werden.

Speichern als Textdatei... Die Tabelle wird in eine *Name.txt* Datei gespeichert.

Speichern als RTF... Exportiert die aktuelle Tabelle in einer RTF-Datei *name.rtf*. Diese Datei kann in Microsoft Word importiert werden. **Siehe...** *2.10.2 Ausgabe*

Neue Querschnittstabelle Erstellung von einer neuen Querschnittstabelle, die vom Programm unter dem Dateinamen Name.sec gespeichert wird. Die neue Tabelle wird neben den anderen ähnlichen Querschnittstabellen gespeichert.

Querschnittstabelle Eigenschaften... Ändern von benutzerdefinierten Tabellen (Eigenschaften) .

Neue XLAM Tabelle Erstellt eine neue XLAM Holzbretter Tabelle unter *Verzeichnisse / XLAM Holzplatten.*

XLAM Tabelle umbenennen Sie können den Namen einer benutzerdefinierten Tabelle innnerhalb *XLAM Holzplatten* ändern.

XLAM Tabelle löschen Sie können eine benutzerdefinierte Tabelle innnerhalb *XLAM Holzplatten* löschen..

Löschen der Querschnittstabelle Löschen von benutzerdefinierten Tabellen.

Neue Federeigenschaftentabelle

Erstellt eine neue Federeigenschaftentabelle unter BIBLIOTHEKEN / Federeigenschaften.

Federeigenschaftentabelle umbenennen

Wenn innerhalb der Bibliothek Federeigenschaften eine benutzerdefinierte Federeigenschaften-Tabelle ausgewählt wird, erscheint dieser Menüpunkt und der Name der Tabelle kann geändert werden.

Federeigenschaftentabelle löschen

Wenn innerhalb der Bibliothek Federeigenschaften eine benutzerdefinierte Federeigenschaftentabelle ausgewählt wird, erscheint dieser Menüpunkt und die Tabelle kann gelöscht werden.

Drucken



[Ctrl]+ [P]

Der Inhalt der Tabelle wird mit dem ausgewählten Drucker mit der angegebenen Kopfleiste und Bemerkungen gedruckt.
Aktivieren der ***Beschriftung der Tabellenkolonnen*** bewirkt das Drucken einer Legende am unteren Rand der Tabelle.

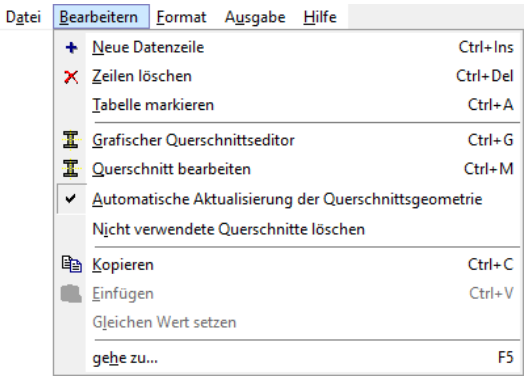
Name: Querschnittsname; **Herstellung:** Herstellungsmethode; **Form:** Querschnitt; **h:** Querschnittshöhe; **b:** Qu
Ax: Querschnittsfläche; **Ay, Az:** Schubfläche; **Ix:** Torsionsträgheitsmoment; **Iy, Iz:** Trägheitsmoment; **Iyz:** Zentri
Iω: Verwölbung; $W_{1,el,t}$, $W_{1,el,b}$, $W_{2,el,t}$, $W_{2,el,b}$: W-elastisch; $W_{1,pl}$, $W_{2,pl}$: W-plastisch; i_y, i_z: Trägheitsradius; **Hy:**
Hz: Querschnittsmaß in lokaler z Richtung; y_G: y Koordinate des Schwerpunktes; z_G: z Koordinate des Schwer
z_s: z-Koordinate des Schubmittelpunktes vom Schwerpunkt; **F.p.:** Anzahl der Spannungsauswertungspunkte;

Beenden

[Alt]+ [F4]

Die *Beenden* Funktion ist identisch mit der **Abbrechen** Taste.

Bearbeiten



Neue Datenzeile



[Ctrl]+ [Insert]

Angeben einer neuen Datenzeile in der Tabelle.

Zeilen löschen



[Ctrl]+ [Delete

Löschen der markierten Datenzeilen. Auch im Popup-Menü verfügbar.

Texturen löschen

Verfügbar nur, wenn Materialien aufgelistet werden. Löscht Text der selektierten Materialien. Auch im Popup-Menü verfügbar.

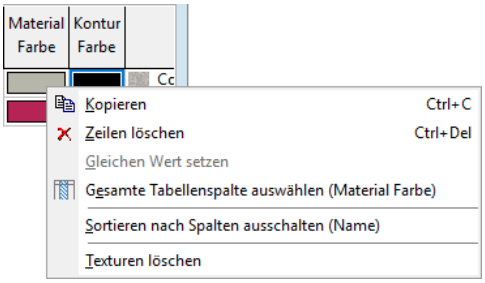


Tabelle markieren

[Ctrl]+ [A]

Markiert den Inhalt der Tabelle.

Querschnittseditor



[Ctrl]+[G]

Siehe ausführlich... *3.1.16.1 Querschnittseditor*

Querschnitt bearbeiten



[Ctrl]+[M]

Siehe ausführlich... *3.1.16.1 Querschnittseditor*

Automatische Aktualisierung der Querschnittsgeometrie

Falls diese Option aktiviert ist, wird eine Neuberechnung der Querschnittsparameter durchgeführt, falls die Querschnittsparameter in der Tabelle verändert werden.

Nicht verwendete Querschnitte löschen.

Querschnitte, die keinem Linienelement zugewiesen wurden, werden aus der Tabelle gelöscht.

Kopieren



[Ctrl]+[C]

Kopieren der markierten Datenzeilen in die Zwischenablage.
Auch im Popup-Menü verfügbar.

Einfügen



[Ctrl]+[V]

Einfügen des Inhalts aus der Zwischenablage.

Gleichen Wert setzen

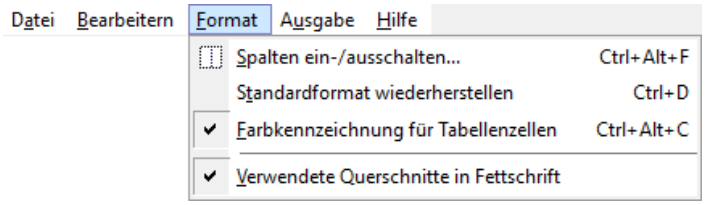
Wenn alle markierten Zellen in einer Spalte sind oder die gesamte Spalte markiert wurde, ist es möglich für alle Zellen einen identischen Wert zu setzen. Beispielweise für alle Z-Koordinaten aller Knoten in der Knotentabelle können wir mit einem konstanten Wert eines ebenen Tragwerks definieren.
Ausführbar über */ Ändern / Festen Wert setzen* in der Tabellenanzeige.
Auch im Popup-Menü verfügbar

Gehe zu **[F5]**

Springen in eine bestimmte Zeile der Tabelle.

Format

Dateneingabe



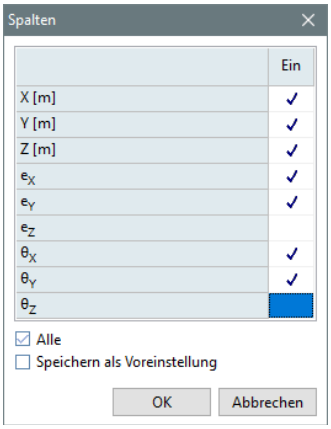
Spalten ein-/ ausschalten...



[Ctrl]+ [Alt]+ [F]

Die Erscheinungsform der Tabelle kann eingestellt werden. In der linken Liste im Dialogfenster sind die Kopfleisten der aktivierbaren Spalten. In der nächsten Spalte kann die Spalte aktivieren oder auf inaktiv schalten.

Wenn einige Spalten deaktiviert sind, erscheint eine Information unter der Tabelle. Wird “Speichern als Voreinstellung” ausgewählt, wird zukünftig diese Einstellung verwendet.

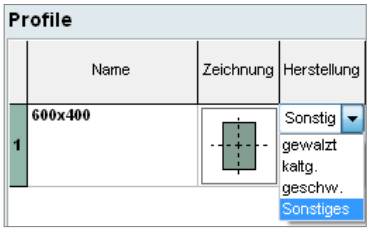


Das angezeigte Format entspricht den Einstellungen des Dialoges Einheiten einstellen (**siehe...** *3.3.8 Einheiten*). In der rechten Liste lässt sich das Format der Daten in den einzelnen Spalten bestimmen. Die erforderliche Dezimalstellen sind auch einzustellen (z.B.: -371.6), die Nummern können aber auch in Normalform geschrieben werden (z.B.: -3.716E+02).
Bei der Eingabe realer Werte kann als Dezimaltrenner der Grundwert aus Windows benutzt werden (Einstellung unter *Start / Einstellungen / Systemsteuerung / Regionale Einstellungen / Nummer / Dezimaltrenner*)
Die Spaltenbreite kann durch Verschiebung der Zellengrenzen in der Kopfzeile geändert werden. In einigen Fällen können keine negativen Vorzeichen eingegeben werden, da die entsprechenden Einträge positiv sein müssen. Bei einem ganzzahligen Wert kann der Dezimalpunkt und das E nicht eingegeben werden.

Standardformat wiederherstellen
[Ctrl]+ [D]

Alle Daten der Tabelle werden entsprechend der Grundwerte des Spaltenformats dargestellt (die Spaltenbreite wird auch auf Grundwert zurückgesetzt).

Verwendete Querschnitte in Fettschrift



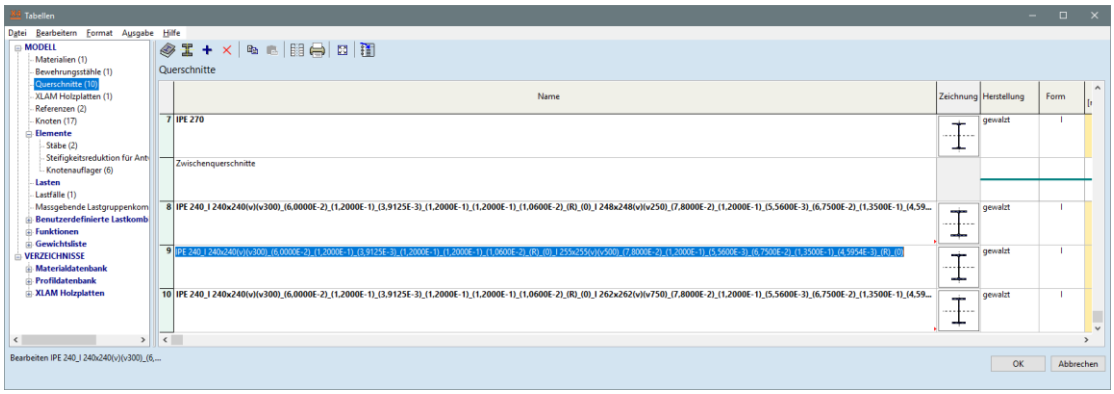
Nach dem *Löschen nicht verwendeter Querschnitte* Befehl bleiben nur noch die fett markierten Materialien in der Liste.

Reihenfolge der Lastfälle...

Die Anzeige der Reihenfolge der Lastfälle kann individuell eingestellt werden
Siehe... *4.10.1 Lastfälle, Lastfallgruppen*

Zwischenquerschnitte

Nach Teilen oder Vermaschen von Stäben oder Rippenelementen mit variablem Querschnitt erstellt AxisVM automatisch Zwischenquerschnitte. Dieser Menübefehl erlaubt das Ein- und Ausschalten der Anzeige der Zwischenquerschnitte am Ende der Tabelle.

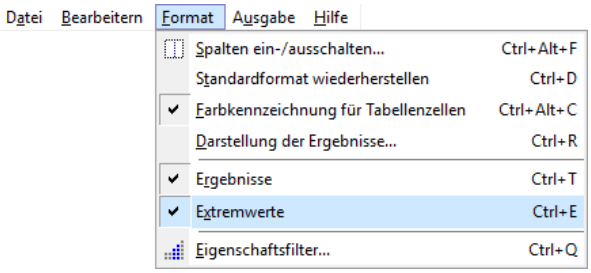


Im Falle von Resultatdarstellung erscheinen neue Menüpunkte .

Verwendete Querschnitte in Fettschrift

Nach dem Befehle *Nicht verwendete Querschnitte löschen* bleiben nur die fett markierten Querchnitte in der Liste.

Resultatdarstellung



Farbkennzeichnung für Tabellenzellen
Ctrl+Alt+C

Ein-/Ausschalten der Farbkennzeichnung von Zellen in Tabellen

Darstellung der Ergebnisse...
[Ctrl]+[R]

Auswahl der Ergebnisdarstellung **siehe auch...** *6.1.5 Ergebnistabellen*

Ergebnisse Ein/Aus
[Ctrl]+[T]

Anzeige der Ergebnisse

Extremwerte Ein/Aus
[Ctrl]+[E]

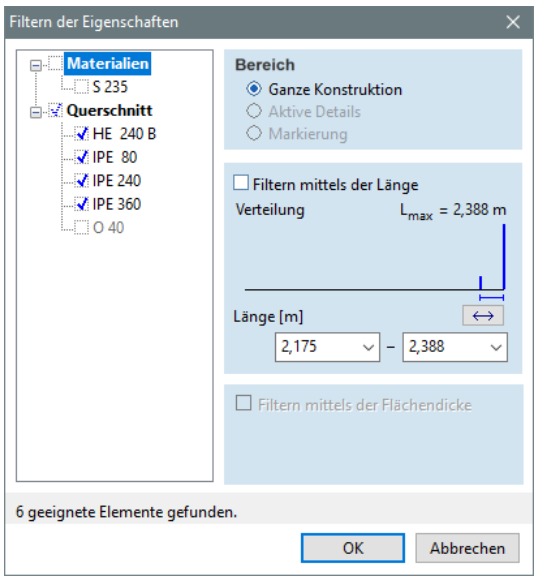
Anzeige der Extrema

Reihenfolge der Lastfälle...

Die Anzeige Reihenfolge der Lastfälle kann angepasst werden.
Siehe... *4.10.1 Lastfälle, Lastfallgruppen*

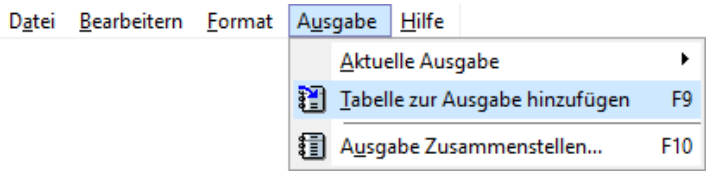
Eigenschaftsfilter...

[CTRL]+[Q]



Mit dem Eigenschaften-Filter können Elemente selektiert werden.

Ausgabe



Aktuelle Ausgabe

Damit kann die aktuelle Ausgabe bestimmt werden. Tabellen werden zu dieser Ausgabe hinzugefügt.
Siehe... *2.10 Ausgabezusammenstellung*

Tabelle zur Ausgabe hinzufügen

[F9]

Fügt die aktuelle Tabelle in die aktuelle Ausgabe ein. Wenn die Auswahl Unterordner enthält, werden auch die in den Unterordnern enthaltenen Tabellen in die Ausgabe eingefügt. Wenn die aktuelle Tabelle eine Ergebnistabelle ist, so wird diese nur mit den aktuellen Einstellungen wie z.B. Extremwerte in die aktuelle Ausgabe eingefügt.
Siehe... *2.10 Ausgabezusammenstellung*

Ausgabe zusammenstellen...

[F10]

Öffnet die Ausgabezusammenstellung.

Hilfe



Über die Tabelle

Zeigt Information zur Tabelle an.

Über die Tabellenanwendung

Zeigt Informationen über die Tabellenanzeigeoperationen an.

OK

Verlassen der Tabelle, eventuelle Änderungen werden beibehalten.

Abbrechen

Verlassen der Tabelle, eventuelle Änderungen werden nicht beibehalten.

☞ ***In den Ergebnistabellen werden auch die Minimal/Maximalwerte dargestellt.***

Die Ergebnistabellen zeigen auch die Extrema (Minimum- und Maximalwerte) der Daten an, wenn Sie diese Option im Dialog Ansichtseinstellungen wählen. Standardmäßig werden sowohl die individuellen Werte als auch die Extrema angezeigt.

2.10. Ausgabezusammenstellung



[F10]



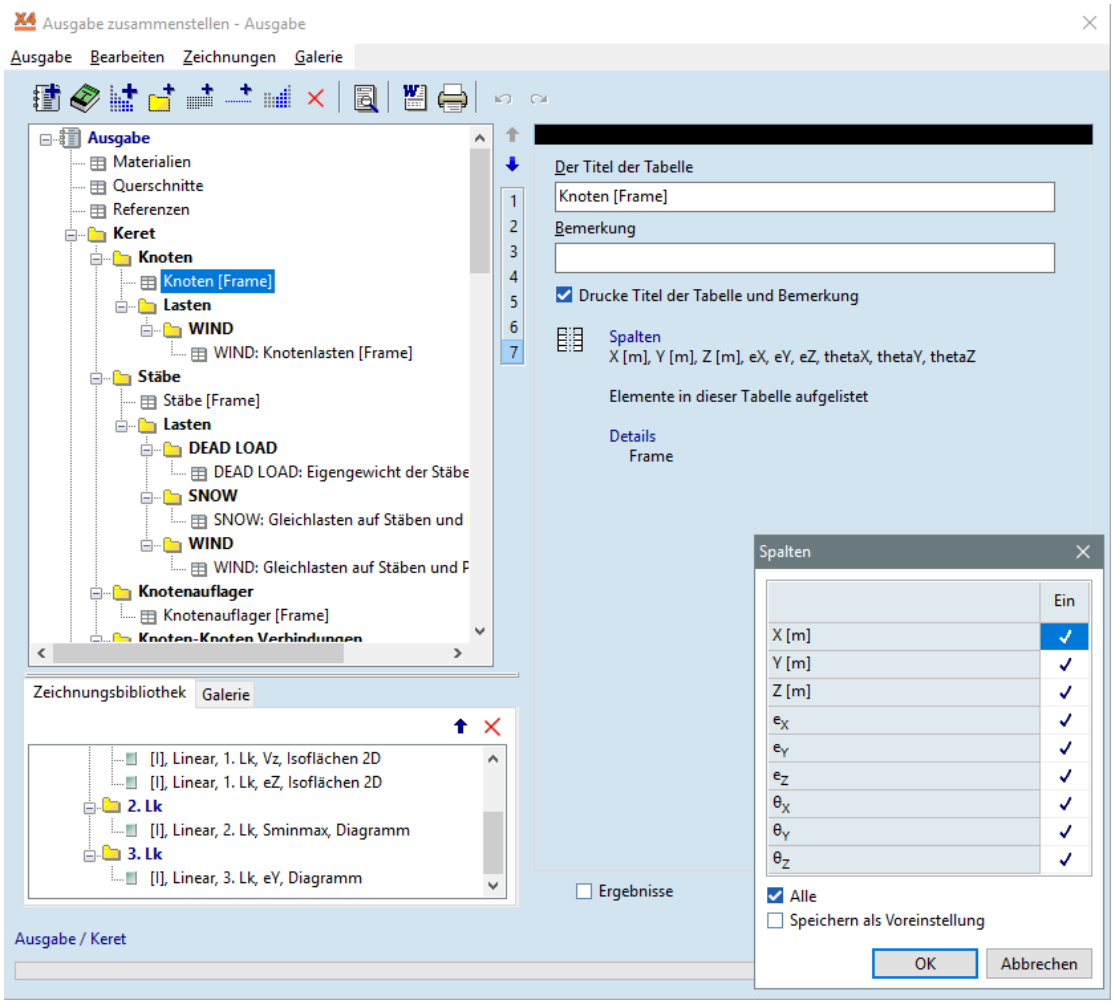
Die Ausgabezusammenstellung ist ein Werkzeug zur Erstellung einer Gesamtausgabe für ein Projekt. Die Ausgabe kann Tabellen, Bilder und eigene Kommentare in beliebiger Reihenfolge zusammenstellen.
Ausgaben werden in der Modelldatei (*.axs) gespeichert und können als RTF-Datei ausgegeben werden. Diese RTF-Dateien können dann von Textprogrammen, z.B. Microsoft Word, geöffnet und bei Wunsch weiter bearbeitet und natürlich ausgedruckt werden.
Tabellen aus der Tabellenanzeige werden automatisch auf den jeweils aktuellen Stand aktualisiert, z.B. wenn einige Objekte gelöscht wurden.
Die Ausgabezusammenstellung kann für ein Projekt unterschiedliche Ausgaben verwalten. Die Zusammenstellung einer Ausgabe wird als Explorerbaum links dargestellt. Die Eigenschaften eines Eintrags werden rechts angezeigt.

Ordner

Falls ein Ordner selektiert ist, kann sein Name auf der rechten Seite editiert werden.

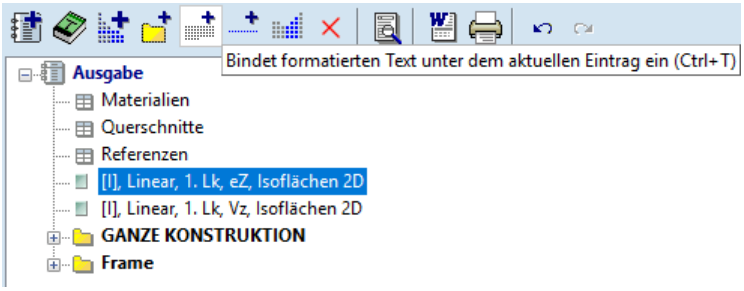
Tabelle

Wenn eine Tabelle markiert ist, werden ihr Text, der Titel und andere Eigenschaften angezeigt. Die Darstellung kann ein- und ausgeschaltet werden. Titel und Kommentar können bearbeitet werden, aber selbstverfasste Titel werden nicht übersetzt bei Änderung der Sprache.

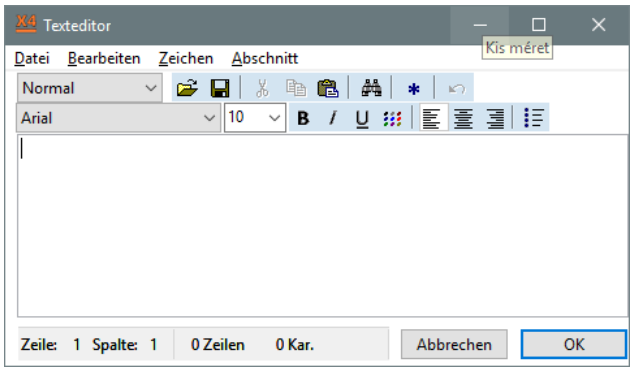


Textfeld

Wenn ein Textfeld markiert ist, wird dieser rechts dargestellt. Durch den Button *Text bearbeiten* kann dieser geändert werden.



Textblöcke werden im Verzeichnis durch die ersten Wörter dargestellt. Wird ein Textblock markiert, so wird der Inhalt auf der rechten Seite zum Lesen dargestellt. Durch klicken auf den Button „Text ändern" kann dieser editiert werden.



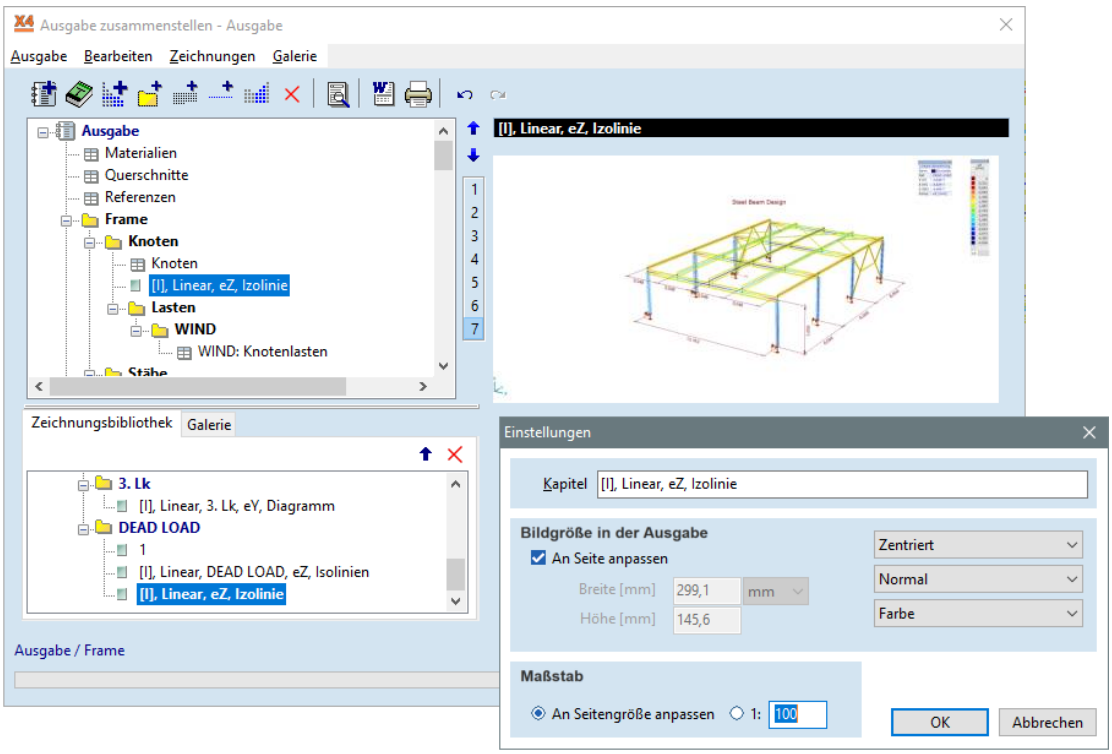
Bild

Wenn ein Bild markiert ist, wird dieses Rechts angezeigt. Die Größe, die Platzierung und ein Bildtitel können gesetzt werden.

Zeichnungs-Bibliothek

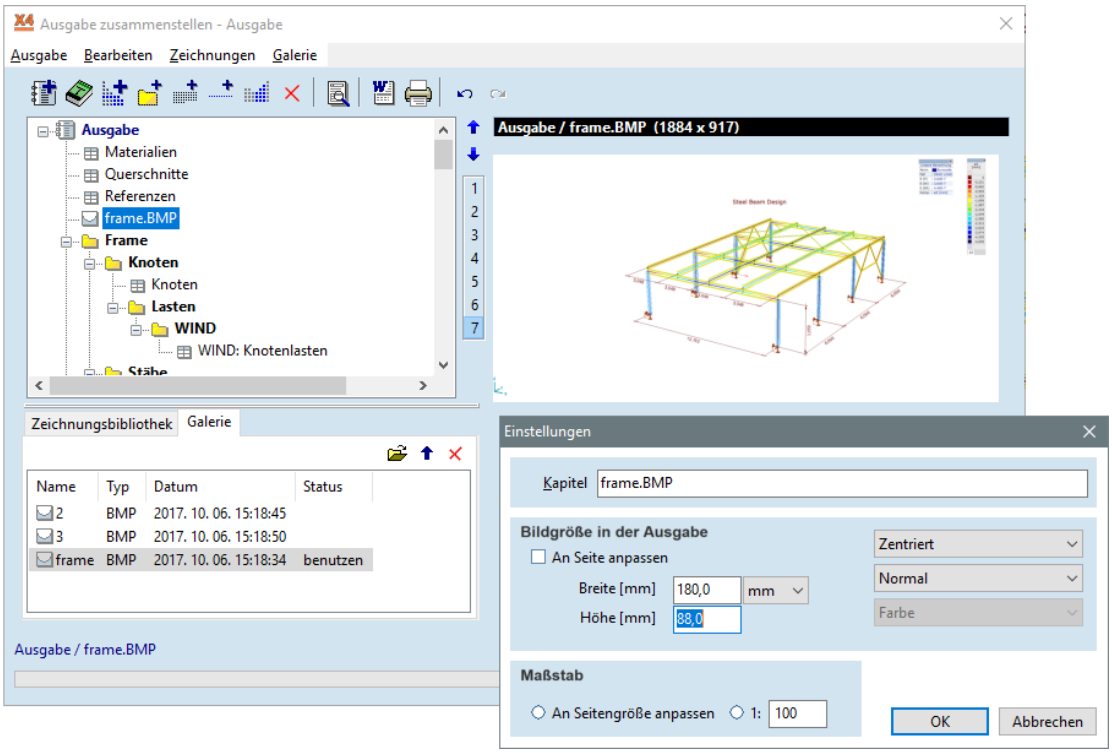
In der Zeichnungsbibliothek gespeicherte Zeichnungen können ausgewählt und in der aktuellen Ausgabe eingefügt werden. Im Unterschied zu gespeicherten Bildern in der Galerie sind diese Zeichnungen keine Bitmap-Grafiken, sondern gespeicherte Ansichtsparameter , mit welchen eine Zeichnung jederzeit neu generiert werden kann. Somit werden gespeicherte Zeichnungen nach einer Modifikation und Neuberechnung des Modells automatisch aktualisiert.

Siehe... *3.6.10 Zeichnungsbibliothek*, *3.6.11 Ansicht in Zeichnungsbibliothek speichern*



Galerie

In der Galerie gespeicherte Bitmap-Grafiken (BMP, JPG, WMF, EMF) , automatisch abgelegt jeweils im Ordner *Images_Modellname* können in der aktuellen Ausgabe eingefügt werden. Dieser Ordner wird automatisch als Unterordner des Modell-Ordners angelegt. **Siehe...** *2.10.5 Galerie*



Einstellungen

Klicken Sie den *Einstellungen...* Knopf, um die Parameter für die Druckausgabe der Zeichnungen (Größe, Maßstab etc. zu ändern) .

Sie können die aktuelle Bildschirmdarstellung oder die Resultat-Tabellen der Bemessungsmodule speichern mit der Hauptmenu-Funktion: *Edit\ Bilder und Bemessungen speichern*.

Der markierte Ausgabeeintrag (Text, Bild oder Tabelle) kann nach oben oder unten verschoben werden. Ein Eintrag kann an das Ende einer anderen Ausgabe verschoben oder kopiert werden. Dazu ist das Menü zu benutzen oder die rechte Maustaste.
Ein oder mehrere Bilder können über das Menü: Galerie/Bilder zur Ausgabe hinzufügen oder den Pfeil oberhalb oder per gedrückter linker Maustaste in die Ausgabe eingefügt werden.

Die Ausgabezusammenstellung erstellt automatisch eine Inhaltsangabe zu Beginn des Ausgabedokumentes. Tabellen werden entsprechend ihres Titels aufgeführt. Texte werden nur dann aufgeführt wenn sie einem Überschriftenformat entsprechen. Bilder werden nur aufgeführt, wenn sie einen Bildnamen haben.

2.10.1. Ausgabe Werkzeugleiste





Neue Ausgabe
Siehe... *2.10.2 Ausgabe*



Erstellt eine Ausgabe durch Verwenden von verschiedenen Filteroptionen.
Siehe... *2.10.3.1 Vorlagenbasierte Ausgabe*



Neue Ausgabe erstellen mit Filtern
Siehe... *2.10.3.3 Filter basierender Report*



Fügt einen neuen Ordner unter dem aktuellen Ordner oder nach dem aktuellen Listendetail ein.
Siehe... *2.10.3 Editieren*



[Ctrl]+[T]

Fügt einen formatierten Text hinter den markierten Eintrag ein.
Siehe... *2.10.3 Editieren*



[Ctrl]+[Alt]+[B]

Fügt einen Seitenumbruch hinter den markierten Eintrag ein.
Siehe... *2.10.3 Editieren*



Auswahlfilter
Siehe... *2.10.3 Editieren*



[Entf], [Ctrl]+[Entf]

Löscht die markierten Einträge oder Ausgaben.
Siehe... *2.10.3 Editieren*



[Ctrl]+[R]

Zeigt eine Druckvorschau der aktuellen Ausgabe.
Siehe... *2.10.3 Editieren*



[Ctrl]+[W]

Erstellt die aktuelle Ausgabe als RTF-Datei.
Siehe... *2.10.2 Ausgabe*



[Ctrl]+[P]

Drucken
Siehe... *2.10.2 Ausgabe*



[Ctrl]+[P]

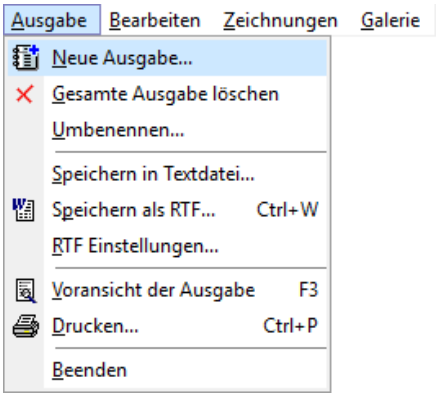
Undo
Siehe... *2.10.3 Editieren*



[Ctrl]+[P]

Redo
Siehe... *2.10.3 Editieren*

2.10.2. Ausgabe



Neue Ausgabe



Erstellt eine neue Ausgabe. Der Name darf max. 32 Buchstaben lang sein.

Gesamte Ausgabe löschen



[Entf],[Ctrl]+[Entf]

Löscht die aktuelle Ausgabe. Bilder werden dabei nicht aus der Galerie gelöscht.

Umbenennen...

Nennt eine bestehende Ausgabe um.

Speichern in Textdatei...

Exportiert die Ausgabe in eine ASCII-Textdatei. Zeichnungen oder Bilder werden dabei ignoriert.

RTF Vorlage...

AxisVM speichert Ausgaben als RTF-Datei unter Verwendung von Vorlagen (die Standardvorlage ist *Template.rtf* im Programmordner). Sie können natürlich auch eigene Vorlagen verwenden. Auch können in der Standardvorlage die Kopf- und Fußzeilen geändert werden. Beachten Sie bitte die Beschreibung in der Vorlage, wenn Sie diese ändern.

Speichern als RTF

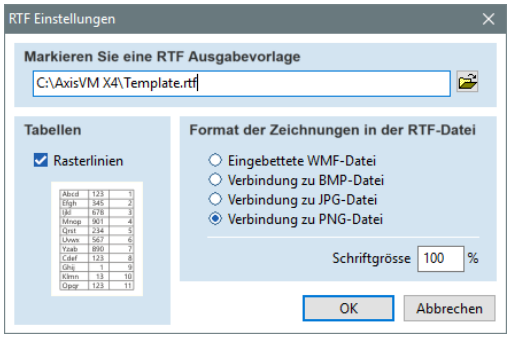


[Ctrl]+[W]

Speichert die Ausgabe als *name.rtf* unter Verwendung der Vorlage. Wenn Sie die Ausgabe in einen anderen als den Modellordner speichern, wird automatisch ein Unterordner ***Images_modelname*** angelegt. Dies ist notwendig, da Bilder nicht in die RTF-Datei eingebunden sondern nur zugewiesen sind. Beachten Sie beim Übergeben der Ausgabedatei, dass immer auch der entsprechende Unterordner mit den Bildern vorhanden ist. Text- und Abschnittsformate werden ebenfalls mit ausgegeben. Die einzige Ausnahme sind die Textfarben. Tabellen werden als RTF-Tabellen ausgegeben. Tabellenüberschriften sind von Typ Überschrift3. So ist es einfach, eine Inhaltsangabe automatisch, z.B. in Microsoft Word zu erzeugen (**siehe...**).

RTF-Optionen

AxisVM speichert die Berichte mithilfe einer Vorlage als RTF-Dateien (Standard ist *Template.rtf* im Programmordner). Sie können andere Vorlagen ebenfalls verwenden. Beim Wechseln der Vorlage können Sie Ihr eigenes Deckblatt sowie Kopf/Fusszeilen für den Bericht erstellen. Lesen Sie den Vorlagentext zunächst sorgfältig durch, bevor Sie ihn verändern.



Eingebettete PNG: Zeichnungen sind in die Datei eingebunden. Diese Methode bietet die Übertragbarkeit mit kleineren Dateigrössen durch verlustfreie Kompression der Bilder.

Verknüpfung zu PNG-Dateien: Diese Option hält die RTF Datei kleiner als Zeichnungen und speichert sie in einer externen Datei. Grafiken werden nur gespeichert, wenn Bilder in dem Images_modelname Unterordner vorhanden sind, welcher relativ zum Ordner der RTF Datei ist.

Eingebundene EMF: Zeichnungen sind in den Dateien als EMF (Enhance Windows Metafile) eingebettet. Dies verbessert die Übertragbarkeit, kann aber zu grossen Dateien führen.

Die Rasterlinien importierter Tabellen können ebenfalls ein-/ausgeschaltet werden.

Schriftgrösse: Feineinstellung der Schriftgrösse auf exportierten Zeichnungen.

Voransicht der Ausgabe



[F3]

Zeigt einen Druckvorschau Dialog. Die Zoomgröße kann zwischen 10% und 500% liegen (*Seitenbreite* und *Seite* ist ebenfalls eine Option). Wählen Sie die Buttons oder benutzen die Tastatur, um zwischen den einzelnen Seiten zu wechseln (**[Pos1]** = Erste Seite, **[Page Up]** = Vorherige Seite, **[Page Down]** = nächste Seite, **[Ende]** = letzte Seite.

Drucken...



[Ctrl]+[P]

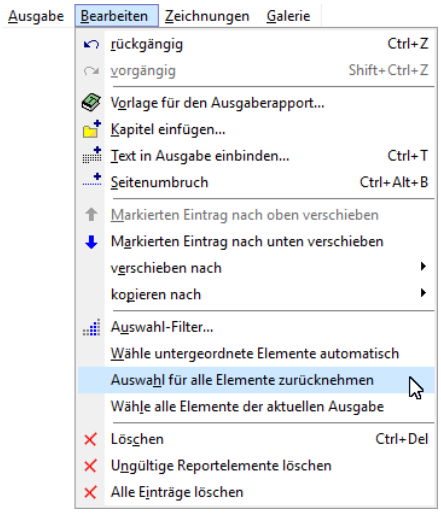
Drucken einer Ausgabe. Der Ausgabeoptionen sind die gleichen wie bei den Tabellendruckoptionen. Das Aktivieren der ***Beschriftung der Tabellenkolonnen*** bewirkt das Drucken einer Legende am unteren Rand der Tabelle mit eienr Erklärung zu jeder Kolonne.

Name: Querschnittsname; **Herstellung:** Herstellungsmethode; **Form:** Querschnitt; **h:** Querschnittshöhe; **b:** Qu
Ax: Querschnittsfläche; **Ay, Az:** Schubfläche; **Ix:** Torsionsträgheitsmoment; **Iy, Iz:** Trägheitsmoment; **Iyz:** Zentri
Iω: Verwölbung; $W_{1,el,t}$, $W_{1,el,b}$, $W_{2,el,t}$, $W_{2,el,b}$: W-elastisch; $W_{1,pl}$, $W_{2,pl}$: W-plastisch; i_y, i_z: Trägheitsradius; **Hy:**
Hz: Querschnittsmaß in lokaler z Richtung; y_G: y Koordinate des Schwerpunktes; z_G: z Koordinate des Schwer
z_s: z-Koordinate des Schubmittelpunktes vom Schwerpunkt; **F.p.:** Anzahl der Spannungsauswertungspunkte;

Beenden

Beendet die Ausgabezusammenstellung

2.10.3. Editieren



Einige der Funktionen im Editieren-Menü sind ebenso im Popup-Menü nach dem Drücken der rechten Maustaste auf einen Eintrag vorhanden.

Rückgängig Nimmt den letzten Befehl zurück.

Vorgängig Stellt den zurückgenommenen Befehl wieder her.

Ausgabenvorlage



Siehe... *2.10.3.1 Vorlagenbasierte Ausgabe*

Kapitel Einfügen...



Fügt einen neuen Ordner unterhalb des aktuellen Ordners in den Ausgabe-Baum ein.

Text in Ausgabe einbinden



[Ctrl]+[T]

Startet einen Texteditor, um einen neuen Textblock zu erstellen. Der formatierte Text wird unter dem aktuellen Eintrag eingefügt.

Seitenumbruch



[Ctrl]+[Alt]+[B]

Fügt einen Seitenumbruch nach dem aktuellen Eintrag ein.

Markierten Eintrag nach oben/unten verschieben



Verschiebt den aktuellen Eintrag um eine Position nach oben/unten.

Verschieben nach Verschiebt den markierten Eintrag an das Ende einer anderen Ausgabe.

Kopieren nach Kopiert den markierten Eintrag an das Ende einer anderen Ausgabe.

Auswahl-filter... Filtert die Ausgabe nach den verschiedensten Auswahl-Kriterien wie Tabelle, Zeichnung, Text, Seitenumbuch, Ordner.

Wähle untergeordnete Elemente automatisch: Alle Unterelemente des ausgewählten Ordners werden automatisch ausgewählt.

Auswahl für alle Elemente zurücknehmen: Deaktivierung aller ausgewählten Elemente der Ausgabe

Wähle alle Elemente der aktuellen Ausgabe: Alle Elemente der aktuellen Ausgabe werden ausgewählt.

Löschen



[Entf], [Ctrl]+[Entf]

Löscht den aktuellen Eintrag (Text, Tabelle oder Bild). Wenn der aktuelle Eintrag die Ausgabe ist, wird die gesamte Ausgabe gelöscht.

Alle Einträge löschen Löscht alle Einträge einer Ausgabe. Die Ausgabe bleibt erhalten.

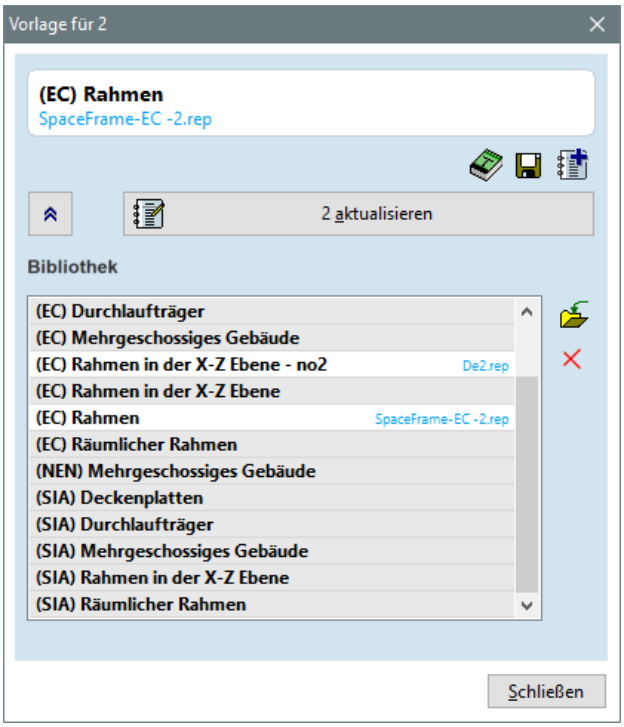
2.10.3.1. Vorlagenbasierte Ausgabe



Die Vorlage für Ausgaben ist zur Erzeugung einer individueller Ausgaben, die nach eigenen Einstellungen und Definitionen erstellt wird. Erstellte Ausgaben enthalten Zeichnungen und Tabellen. Einmal erstellt Vorlagen können für zukünftige Modelle wieder verwendet werden.

Die Bandbreite umfasst Elemente, Modelldaten und Ergebniskomponenten, die per Filter ausgewählt werden.

Das anklicken des Symbols öffnet den Dialog „Vorlage für Ausgabe". Wurde die aktuelle Ausgabe aus einer Vorlage heraus erzeugt, so ist diese Vorlage geladen. Ansonsten erscheint die Standardvorlage.



Wenn der Dialog geöffnet wird (s. nebenstehend) erscheint im unteren Teil eine Liste mit vordefinierten (auf grauem Hintergrund) und anwenderdefinierte (auf weißem Hintergrund) Report-Vorlagen. Durch Klicken auf eine Vorlag wird diese geladen. Vorlagen werden mit ihren Namen aufgelistet welche ihnen im Vorlageneditor zugewiesen wurden. (**siehe...** *2.10.3.2 Editieren einer Vorlage***)**. Vorlagen werden im folgenden Verzeichnis gespeichert resp. von diesem geladen:
c:\ Benutzer \ [Benutzername] \ AppData \ Roaming \ AxisVM \ [Versionsnummer] \ Templates.

Ausgabe aktualisieren

Falls das Modell seit dem Erstellen des letzten Reports verändert wurde sollte der Report aktualisiert werden – Klicken Sie auf den Knopf "Ausgabe aktualisieren".
Jedes vom benutzerdefinierte eingefügte Objekt wird dabei gelöscht !



Mit diesem Knopf kann der untere Teil des Dialogs mit der Liste der Vorlagen geöffnet oder geschlossen werden.

Die Icons auf der Werkzeugleiste haben die folgenden Funktionen:



Vorlage editieren
Inhaltsfilter und Zeichnungsansichten können editiert werden. **siehe...** *2.10.3.2 Editieren einer Vorlage*



Diese Vorlage als Datei speichern
Die aktuelle Vorlage kann als Datei gespeichert werden um sie in einem andern Modell wieder verwenden zu können. Report-Vorlagen haben eine **.rep* Endung und werden in dem oben beschriebenen Vorlagenverzeichnis gespeichert.



Neuen Report erzeugen
Erstellt einen neuen Report basierend auf der aktuellen Vorlage.



Importieren...
Vorlagen *(*.rep)* können von anderen Orten ins Vorlagenverzeichnis importiert werden. Importierte Vorlagen können auf dieselbe Art genutzt werden wie die vordefinierten Vorlagen.



Löschen
Löscht die ausgewählte Vorlage aus dem Vorlagenverzeichnis.

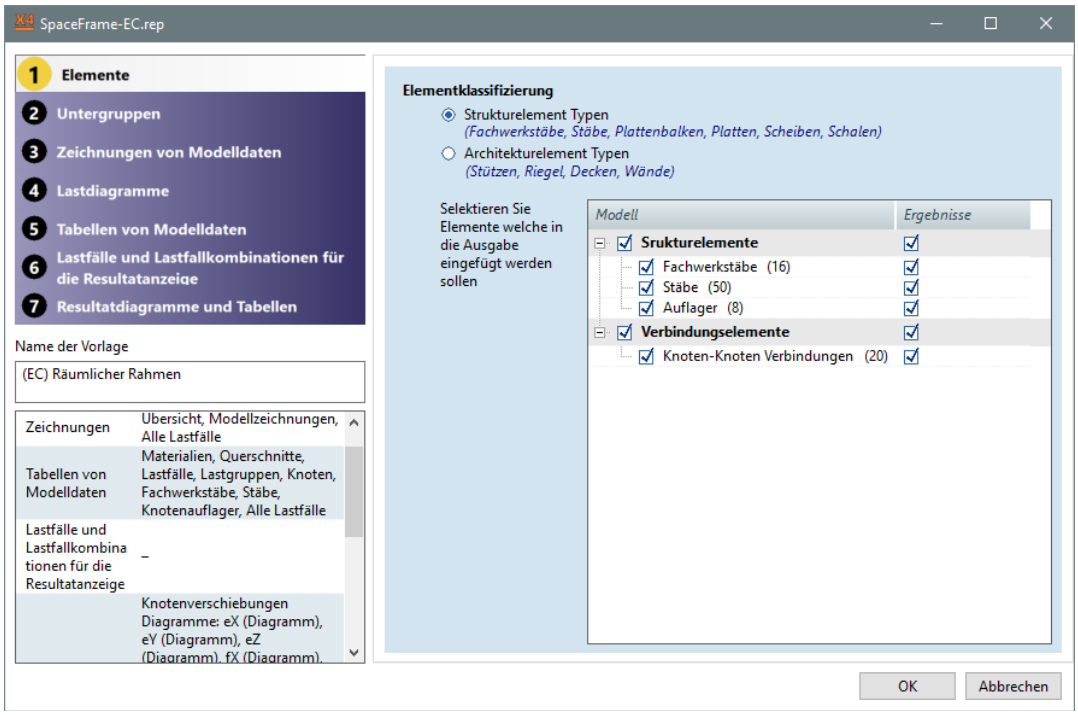
2.10.3.2. Editieren einer Vorlage

Das Erzeugen einer Report-Vorlage ist ein komplexer Prozess. Die Stufen dieses Prozesses sind auf der linken Seite aufgelistet. Durch Klicken auf diese Elemente können Filteroptionen und andere Einstellungen editiert werden. In einer Editierbox unterhalb der Liste kann ein Name für die Vorlage eingegeben werden. Der Vorlagenadministrator-Dialog listet die Vorlagen nach ihren Namen auf

Vorlage editieren

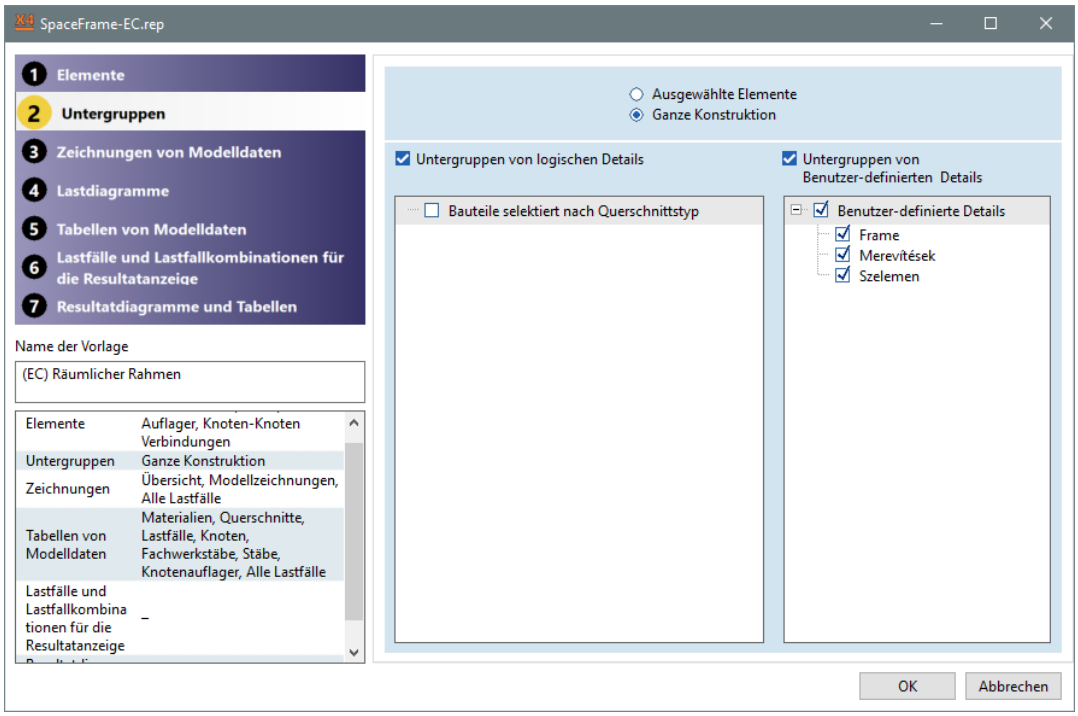
Eine Ausgabevorlage zu erzeugen ist ein komplexer Vorgang. Die Schritte dieses Prozesses sind auf der linken Seite aufgeführt. Durch Anklicken der einzelnen Schritte, können genaue Einstellungen vorgenommen werden.

Elemente



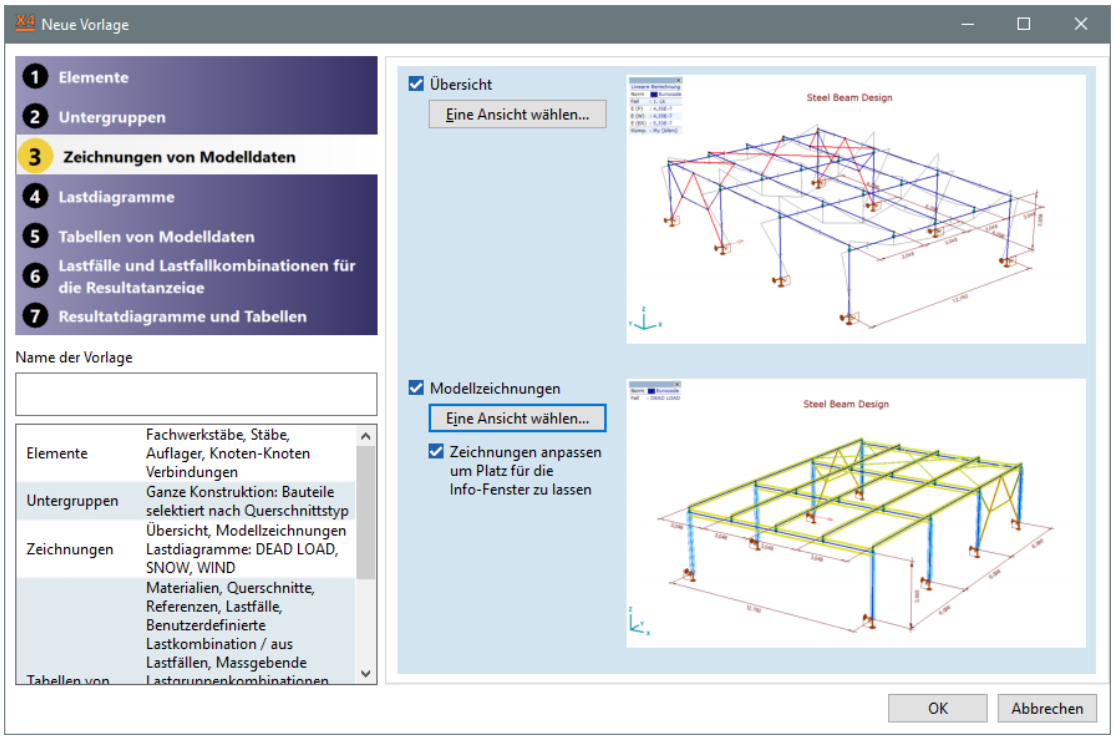
Im ersten Schritt werden Elementtypen nach Ihrer Klassifizierung ausgewählt, die in der Ausgabe aufgenommen werden. Wenn die Klassifizierung „Strukturelement Typen" ausgewählt wird, werden die Elemente unterteilt nach Finite Elemente Typen (Fachwerkstäbe, Stäbe, Plattenbalken, Platten, Scheiben, Schalen). Wird „Architekturelement Typen" (Stützen, Riegel, Decken, Wände) ausgewählt, werden die Elemente entsprechend der Architektur klassifiziert (dieses wird durch die Elementgeometrie bestimmt).
Die Selektion für die Ausgabe ist geteilt nach Elementinformation und Ergebnisse.
Im nächsten Schritt werden Tabellen und Zeichnungen angezeigt, die auf diese Auswahl basieren.

Untergruppen



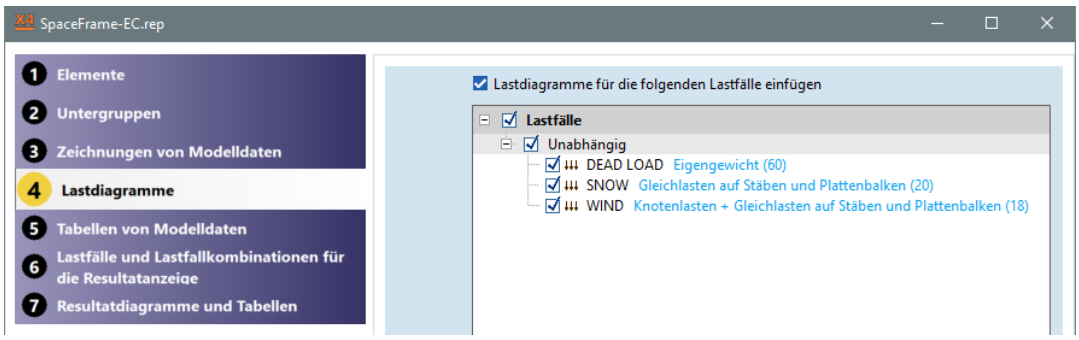
Im zweiten Schritt werden Untergruppen für die selektierten Elemente gebildet. Jede Untergruppe erhält eine eigene Ausgabe.
Wird die Option „Ausgewählte Elemente" angeklickt, so werden nur Elemente in die Ausgabe aufgenommen, die zuvor im Modell selektiert wurden.
Wenn die Option „Untergruppen von logischen Details" angeklickt wird, können Untergruppen mit Bereichen gleicher Dicke, Bauteile gleichen Querschnitts oder mit Geschossen gebildet werden.
Wenn die Option „Dokumentation der Bereiche einer nach dem anderen" angeklickt ist, wird jeder Bereich separat ausgegeben. Innere Bereiche (die vollständig in einem anderen Bereich liegen) werden mit dem umschließenden Bereich zusammen ausgegeben.
Wenn „Ganze Konstruktion" ausgewählt ist, können Untergruppen auch für die von Benutzer definierten Details selektiert werden.

Zeichnungen von Modelldaten



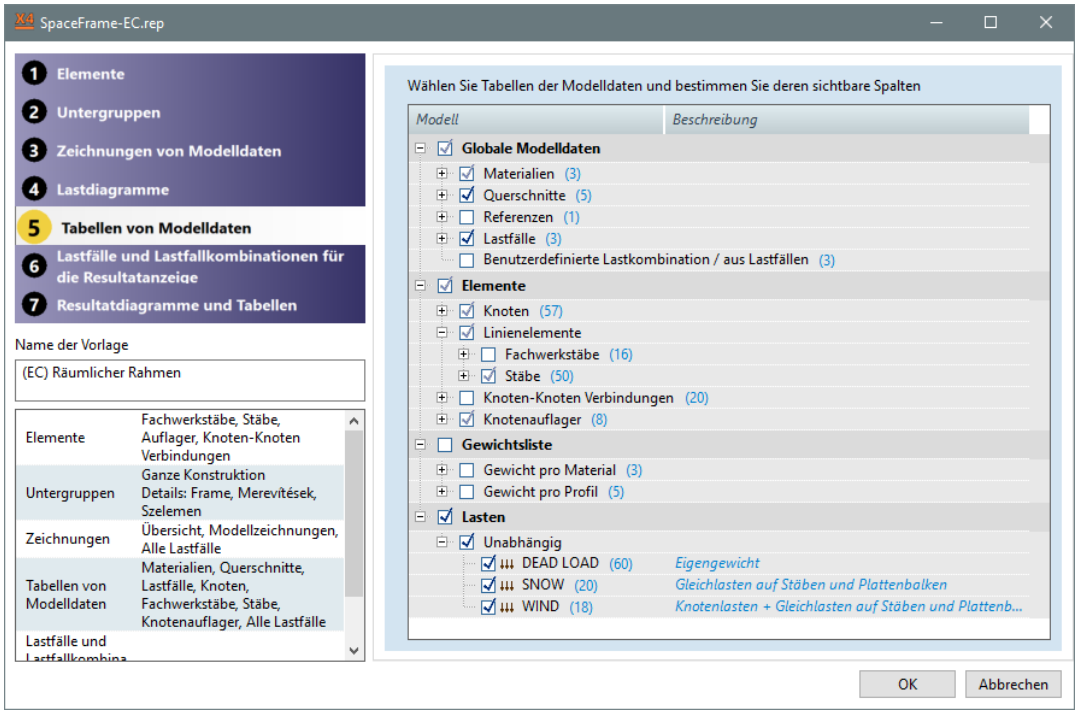
Ist Übersicht angewählt, wird am Anfang von der Ausgabe eine Modellansicht eingefügt. Durch klicken auf „Eine Ansicht wählen" kann eine Zeichnung direkt aus der Zeichnungsbibliothek ausgewählt werden.
Markiere „Modellzeichnungen", wenn automatisch erzeugte Last- und Ergebnisdiagramme in die Ausgabe eingefügt werden sollen. Durch klicken auf „Eine Ansicht wählen" kann eine Zeichnung direkt aus der Zeichnungsbibliothek ausgewählt werden.
Die erzeugten Diagramme werden alle Einstellungen der selektieren Zeichnung übernehmen (point of view, grafische Symbole, Nummerierung, Beschriftung, etc.). Ist keine Zeichnung ausgewählt (weil z.B. die Zeichnungsbibliothek leer ist), werden die Zeichnungseinstellungen entsprechend der aktuellen Ansicht im Programm ausgewählt.
Wenn ein Diagramm nur einen bestimmten Teil des Gebäudes darstellt, wird die Ansicht gezoomt, um in das Fenster zu passen. Der point of view und der Status der graf. Symbole bleibt unverändert.
Wenn Sie die Option *Zeichnungen anpassen um Platz für Info-Fenster zu lassen* aktivieren, wird der Zoom so angepasst, dass die Zeichnung in den maximal verfügbaren Bereich unter den Infofenstern passt.

Lastdiagramme



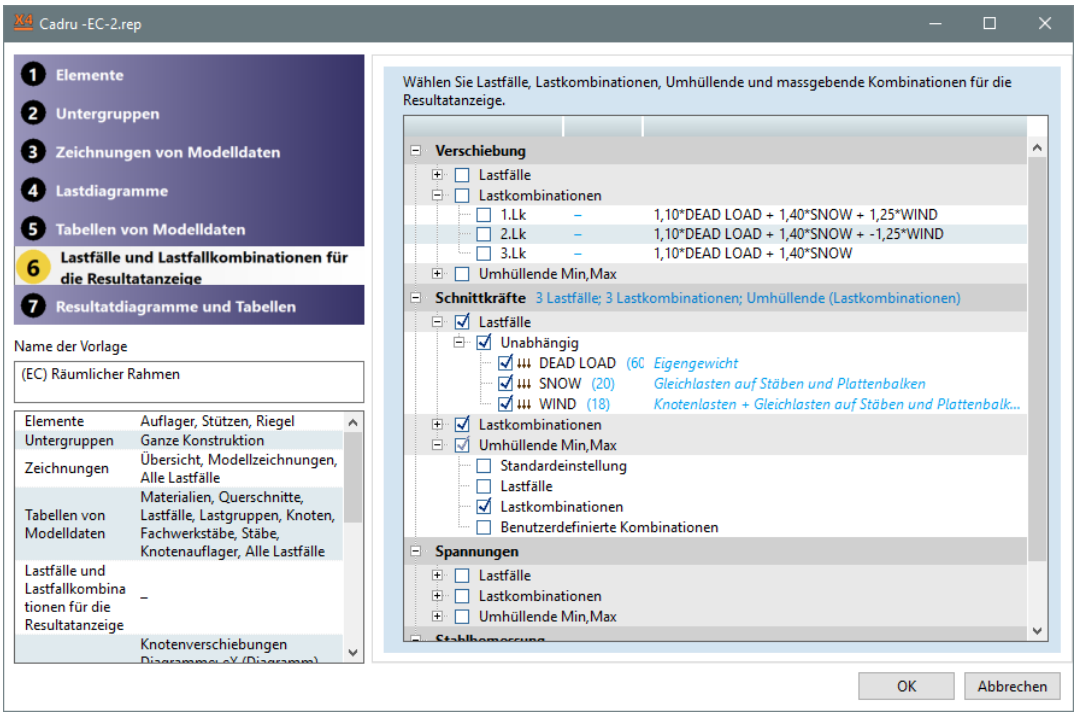
Durch Anklicken von „Lastdiagramme für die folgenden Lastfälle einfügen", werden Lastdiagramme entsprechend der Auswahl in die Ausgabe eingefügt. Lastdiagramme werden entsprechend der Einstellungen im Vorherigen Schritt erstellt.

Tabellen von Modelldaten



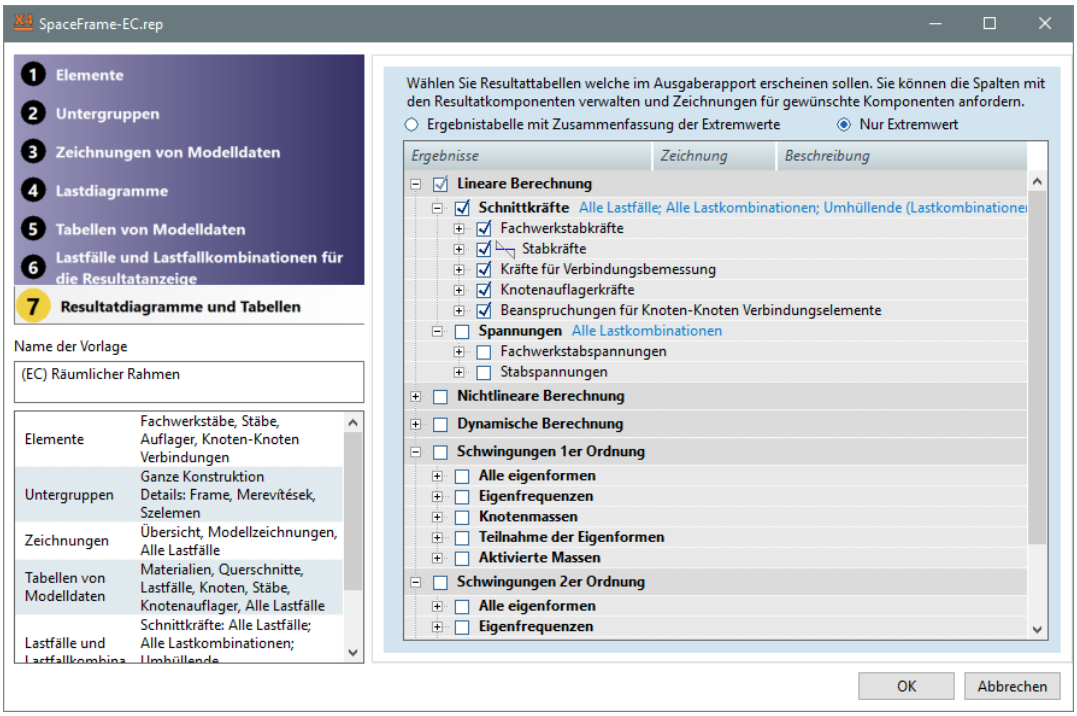
Wählen Sie Tabellen der Modelldaten und bestimmen Sie deren sichtbare Spalten.
Unter „Elemente" werden nur die Elemente dargestellt, die im ersten Schritt ausgewählt wurden.
Unter „Lasten" können Lasttabellen von bestimmten Lastfällen für die Ausgabe ausgewählt werden.

Lastfälle und Last-kombinationen für die Resultats-anzeige



AxisVM stellt eine Vielzahl von Ergebnissen zur Verfügung. Es ist wichtig zu entscheiden, welcher Lastfall, Kombination, Umhüllende oder maßgebende Kombination *für die Ausgabe von Verschiebung, Schnittkräfte, Spannungen, Bewehrung, Stahl- oder Holzbemessung beitragen sollte.*

Resultat-diagramme und Tabellen



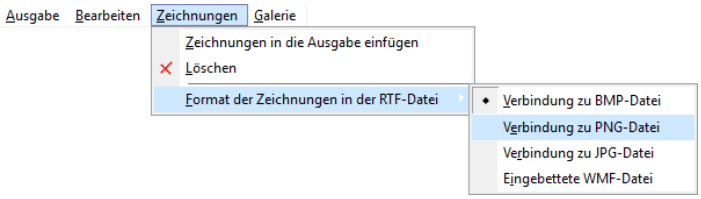
Der letzte Schritt besteht darin, aus den möglichen Ergebnistabellen auszuwählen und die Darstellung der Spalten zu steuern. Es ist auch möglich, Lastdiagramme für einzelne Ergebniskomponenten zu erzeugen. Ein Klick in die Spalte „Zeichnung" einer Ergebniszeile ermöglicht eine zeichnerische Darstellung mittels Auswahl aus dem Dropdown-Menü. Diese Zeichnung kann auch ausgewählt werden, falls die Checkbox in der Spalte „Ergebnisse" nicht aktiv ist. Ergebnisdiagramme werden anhand der Einstellungen der Modellzeichnungen erzeugt und vor der Tabelle eingefügt.

2.10.3.3. Filter basierender Report



Die Filtermethode für die Druckausgabe ist eine ältere Funktion, die weniger konfigurierbar ist und deren Inhalt sich nicht aktualisiert. Sie kann aber gut für einfache Fälle verwendet werden. Elemente, Lasttypen, Lastfälle und Ergebniskomponenten können im Filter selektiert werden, um eine eigene Ausgabe zu erzeugen. Die Ergebnisausgaben erscheinen im Verzeichnis auf der rechten Seite. Er werden nur nachgewiesene Objekte in die Ausgabe eingefügt.

2.10.4. Zeichnungen



Zeichnungen in die Ausgabe einfügen

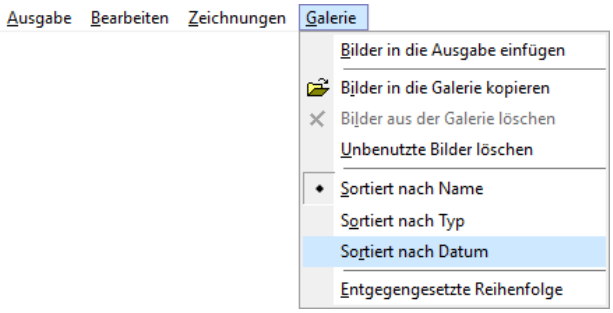
Fügt die ausgewählte(n) Zeichnung(en) von der Zeichnungsbibliothek in die aktuelle Ausgabe ein.

Einfügeort ist der aktuell gewählte Ort im Resultat-Baum. Dieselbe Funktion kann auch mit dem  Knopf aktiviert werden.

Formatierung der Zeichnungen in der RTF-Datei...

Siehe... *2.10.2 Ausgabe*

2.10.5. Galerie



Bilder in die Ausgabe einfügen

Fügt die markierten Bilder in die Ausgabe ein.

Bilder in die Galerie kopieren



Sie können bitmaps (.BMP, .JPG, .PNG) und Windows Metafiles (.WMF) zum Ordner *Images_modelname kopieren.*

Bilder aus der Galerie löschen



Löscht die markierten Bilder aus der Galerie.

Unbenutzte Bilder löschen

Löscht alle die Bilder, die nicht in den Ausgaben verwendet werden.

Sortieren nach Name



Bilder nach Namen sortieren

Sortieren nach Typ



Bilder nach Typ sortieren *(.BMP, .EMF, .JPG, .WMF)*.
Bilder des gleichen Typs werden nach Name sortiert.

Sortieren nach Datum

Bilder nach Datum sortieren
Um die zuletzt erstellten Bilder oben zu sehen, benutzen Sie *umgekehrte Reihenfolge*.

Entgegengesetzte Reihenfolge

Sortiert die Bilder auf- oder absteigend.

2.10.6. Galerie und Zeichnungsbibliothek Werkzeugleiste


Sie können einige Funktionen schneller mit der Galerie Werkzeugleiste erledigen.


Löscht markierte Bilder aus der Galerie/ Zeichnungsbibliothek.


Fügt ausgewählte Bilder oder Zeichnungen in die aktuelle Ausgabe ein. Einfügeort ist der markierte Ort im Ausgabe-Baum.


Kopiert Bilder aus beliebig wählbaren Ordnern in die Galerie. Diese Funktion ist in der Zeichnungsbibliothek Funktionsliste nicht verfügbar.

2.10.7. Texteditor

Nach Auswahl *Text in Ausgabe einfügen* kann in einem Texteditor ein formatierter Text erstellt werden.

Datei

Öffnen **[Ctrl]+[O]**
Öffnet eine RTF-Datei im Texteditor. Da dieser Texteditor nur einfache RTF-Befehle bearbeiten kann, kann es vorkommen, dass nicht bekannte RTF-Befehle als RTF-Kommandos im Texteditor erscheinen und nicht als formatierter Text.

Speichern **[Ctrl]+[S]**
Speichert den Text in einer RTF-Datei.

Beenden
Beendet den Texteditor.

Editieren

Rückgängig **[Alt]+[BkSp]**
Zurücksetzen des letzten Befehls.

Vorgängig **[Shift]+[Alt]+[BkSp]**
Zurückholen des letzten Befehls.

Ausschneiden **[Ctrl]+[X]**
Schneidet den markierten Text aus und fügt ihn in die Zwischenablage ein.

Kopieren **[Ctrl]+[C]**
Kopiert den markierten Text in die Zwischenablage.

Einfügen **[Ctrl]+[V]**
Fügt den Inhalt der Zwischenablage an die aktuelle Position ein.

Suchen **[Ctrl]+[F]**
Sucht einen Text im Dokument. Die Suche beginnt entweder am Dokumentenanfang oder an der aktuellen Position. Sie können ganze Wörter suchen und als Option *Gross/Kleinschreibung* beachten.

Weitersuchen **[F3]**
Wurde ein Wort gefunden, kann weiter nach diesem gesucht werden.

Alle markieren **[Ctrl]+[A]**
Markiert den gesamten Text.

Zeichen

Fett **[Ctrl]+[B]**
Formatiert den markierten Text **fett**.

Kursiv **[Ctrl]+[I]**
Formatiert den markierten Text *kursiv*.

Unterstreichen **[Ctrl]+[U]**
Formatiert den markierten Text <u>unterstrichen</u>.

Farbe
[Ctrl]+[Alt]+[C]
Setzt die Zeichenfarbe.

Abschnitt

Linksbündig
[Ctrl]+[L]
Positioniert den markierten Abschnitt linksbündig.

Zentriert
[Ctrl]+[E]
Positioniert den markierten Abschnitt zentriert.

Rechtsbündig
[Ctrl]+[R]
Positioniert den markierten Abschnitt rechtsbündig.

Punkt
[Ctrl]+[Alt]+[U]
Positioniert vor den markierten Abschnitt einen Aufzählungspunkt.

2.11. Geschosse



Siehe... *3.3.4 Stockwerke*

2.12. Folienmanager



Siehe... *3.3.3 Folienmanager*

2.13. Zeichnungsbibliothek



Siehe... *3.6.10 Zeichnungsbibliothek*

2.14. Ansicht in Zeichnungsbibliothek speichern



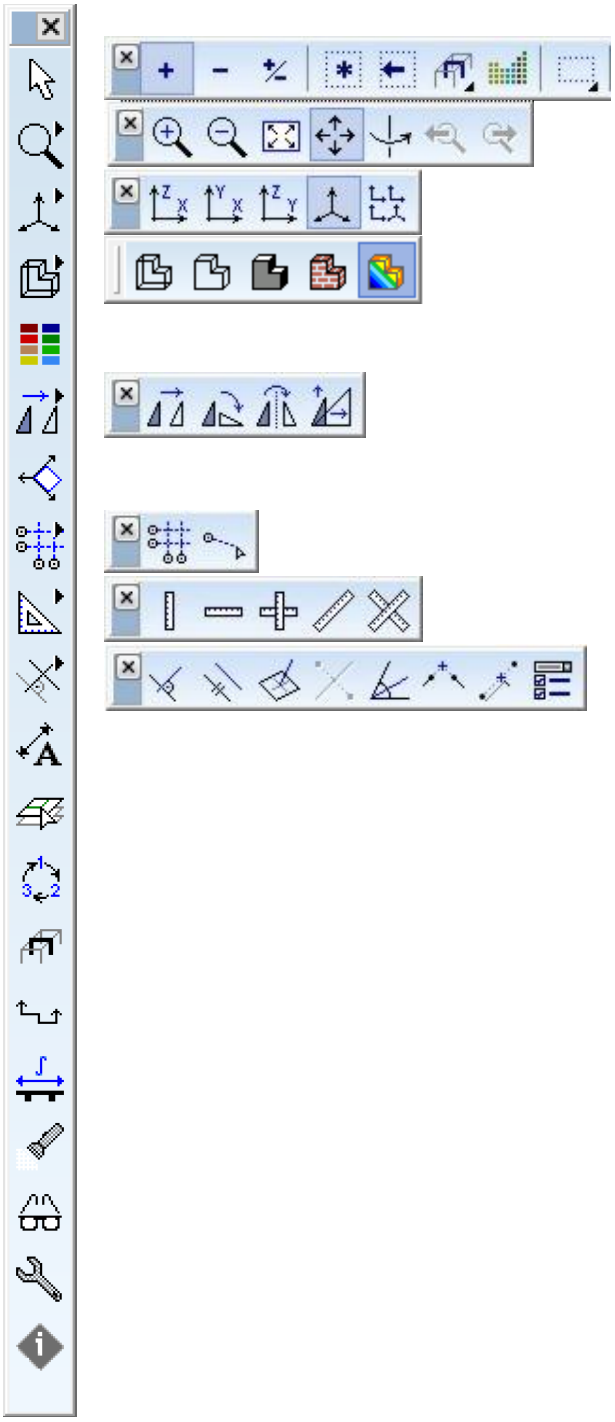
Siehe... *3.6.11 Ansicht in Zeichnungsbibliothek speichern*

2.15. Aktuelle Ansicht als 3D PDF exportieren – PDF Modul



Speichert die aktuelle Ansicht als 3D PDF Datei.
Das Resultat ist eine PDF Datei mit einer 3D- Ansicht.
Adobe Acrobat Reader unterstützt Zoomen und Rotieren ab Version 8.1.
Die Datei enthält auch die tatsächliche Bewehrung.

2.16. Die Symbolpalette



Falls Sie Arbeitsebenen, Bemassung – Informationen gewählt haben, erscheint ein Dialog.

Verschieben und Positionieren der linken Icon-Leiste

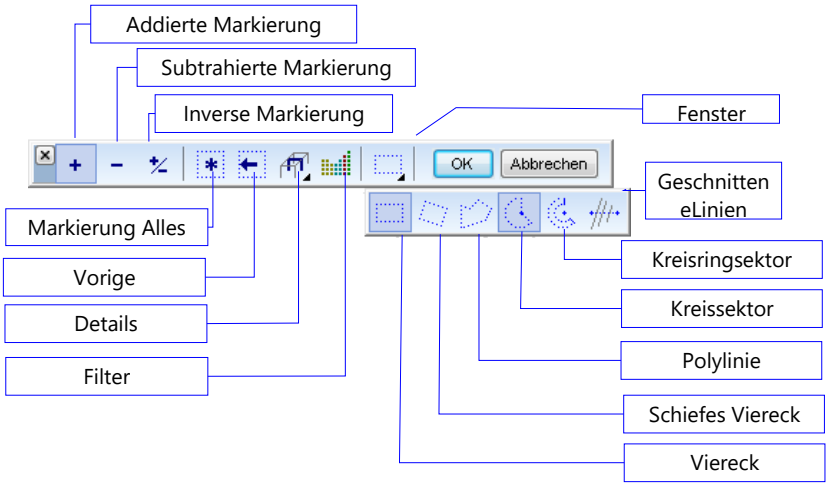
Die linke vertikale Icon-Leiste und die zugehörigen Werkzeugleisten können beliebig benutzerdefiniert am Bildschirm platziert werden.

☞ ***Die linke vertikale Icon-Leiste und die zugehörigen Werkzeugleisten können an ihre Standardposition zurückgesetzt werden: im Menü*** *Einstellungen \Werkzeugleisten in Standardposition setzen*

2.16.1. Markierung



Aktivierung der Markierungspalette.



Die Markierungspalette erscheint in jedem Fall, wenn die Funktion auf mehrere Elemente bezogen ist. Mit Hilfe der Markierungspalette können die Elemente markiert werden, bei denen man die Funktion anwenden will. Die Markierung ist nur dann abgeschlossen, wenn am Ende auf die **OK-**Taste gedrückt wird. Markieren oder die Markierung abbrechen kann man durch direktes Anklicken oder durch die Anwendung des Markierungsrahmens.
(In diesem Absatz werden auch Elemente, Linien, finite Elemente und Lasten als Elemente benannt.)
Wenn im Feld *Teile* (*2.16.14 Detail*) ein Haken gesetzt ist, bezieht sich die Markierung nur auf die aktiven (sichtbaren) Teile.

Addierte Markierung



Das mit dem Cursor (Fadenkreuz) identifizierte Element kann durch Anzeigen oder durch Einrahmen von mehreren Elementen markiert werden. Das Anzeigen erfolgt mit den Befehlstasten.

Subtrahierte Markierung



Die Markierung der Elemente wird dadurch aufgehoben.

Inverse Markierung



Der Zustand (markiert oder nicht) der eingerahmten Elemente wird umgekehrt.

Markierung Alles



Abhängig von der Art der Markierung alle Elemente werden dadurch markiert / die Markierung wird aufgehoben oder invertiert.

☞ ***Alle Markierungsbefehle verändern den Auswahlstatus der Elemente, welche in den Selektionsfiltern ausgewählt sind (siehe weiter unten).***

☞ ***Diese Funktion bezieht sich nur auf die im Filter eingestellten Elementtypen.***

Vorherige



Die Anwendung der Markierung bei dem vorherigen Befehl.

Details

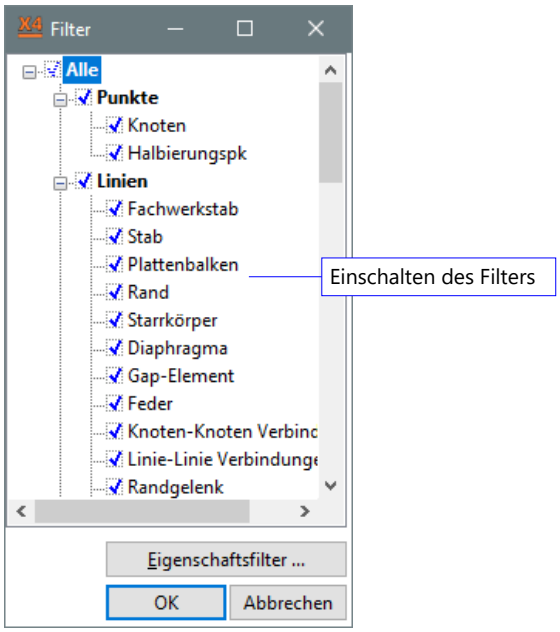


Klicken eines Details aus der Liste - die Elemente des gewählten Details werden selektiert.
Siehe... *2.16.14 Detail*

Filter



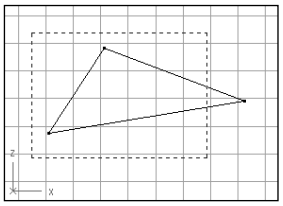
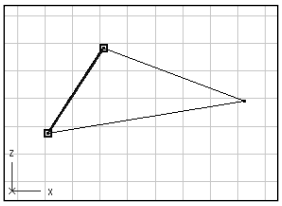
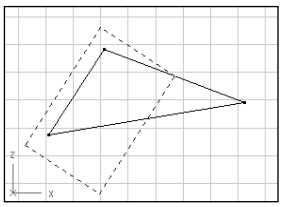
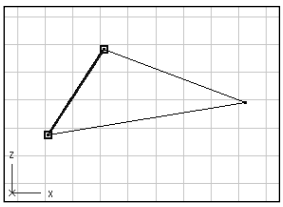
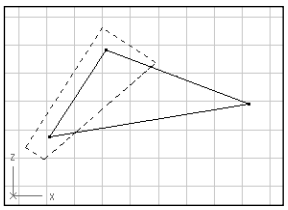
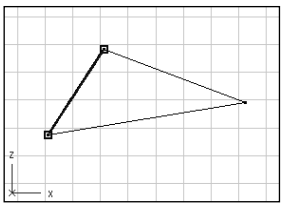
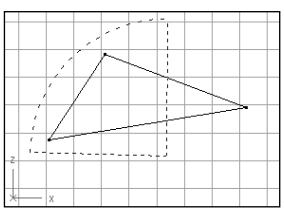
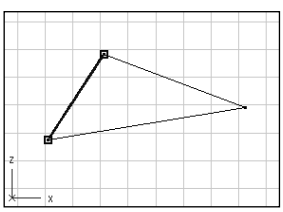
Man kann damit entscheiden, ob das Element markierbar ist oder nicht.
Ermöglicht Ihnen Filterkriterien festzulegen, die Sie während der Auswahl benutzen können. Überprüft Elementtypen für die die Auswahl. Sämtliche Elemente, welche bestimme Kriterien erfüllen, können auch über die intelligente Eingabezeile (**siehe...** *2.17 Intelligente Eingabezeile*) ausgewählt werden.
Eigenschaftsfilter ermöglichen es, weitere Kriterien anzuwenden (Trägerlänge, Querschnitt, Material, Flächendicke, Referenzen).



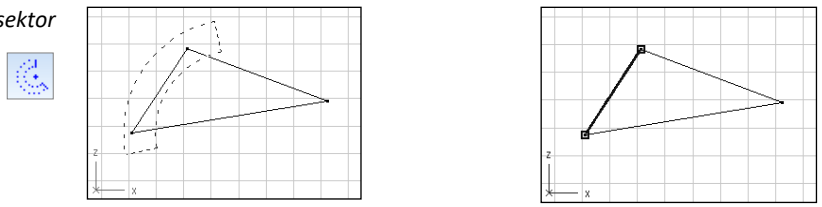
Rechteck-Rahmen

Die Auswahl der Elemente mit einem Rahmen.
Der Cursor (Pfeil/Fadenkreuz) wird in einen beliebigen Eckpunkt bewegt und auf die linke Maustaste gedrückt. Mit der wird der Rahmen auf die gewünschte Größe gezogen und mit der linken Maustaste das diagonale Ende des gewünschten Rechteckes bestätigt.

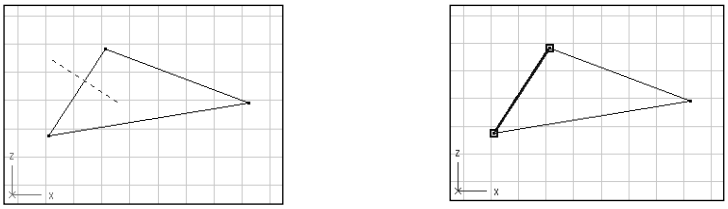
Wenn ein Rechteck-Rahmen gezogen wird, gelten die folgenden Regeln:
Wenn der Rechteck-Rahmen von links nach rechts gezigen wird, werde jene Elemente ausgewählt, welche vollständig im Rahmen liegen.
Wenn der Rechteck-Rahmen von rechts nach links gezigen wird, werde jene Elemente ausgewählt, welche mindestens teilweise im Rahmen liegen.

Rahmentyp:	**Das Ergebnis der Markierung:**
Rechteck 	 
Gedrehtes Rechteck 	 
Polylinie 	 
Kreissektor 	 

Kreisringsektor



Geschnittene Linien



Ok Beenden der Markierung. Die Dateneingabe wird auf die markierten Elemente bezogen.
Die zur Markierung angewandten Funktionen beziehen sich auf das aktuelle Detail.

☞ ***Deswegen werden z.B. mit der Markierungsfunktion Alles Markieren nur die Elemente des aktuellen Details ausgewählt.***

Abbrechen Abbrechen der Markierung. Die Dateneingabe wird abgebrochen.

☞ ***Wenn in einer Ansicht mehrere Elemente überlappend sind, ist die Funktion Einzelmarkierung nicht anwendbar. In diesem Fall muss man diese Elemente in einer anderen Ansicht auswählen.***

Der markierte Punkt wird mit einem lilafarbigen Quadrat, die markierte Linie und das finite Element ebenso lila gezeichnet.
Die zweimal markierten Knotenpunkte werden auch mit einem äußeren blauen Quadrat dargestellt.
Ohne die Markierungspalette anzuschalten, kann man mit dem gleichzeitigen Drücken der **[Shift]-**Taste Elemente markieren und mit dem Drücken der **[Ctrl]-**Taste die Markierung wieder aufheben.
Die zweimalige Markierung funktioniert mit dem Drücken der **[Alt]-**Taste.

☞ ***Während des Markierungsprozesses kann die Ansicht und die Perspektive der Konstruktion verändert werden, man kann in andere Perspektiven oder Ansichten wechseln.***

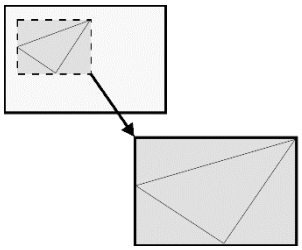
2.16.2. Vergrößern, Verkleinern

Erläuterung der folgenden Befehle: Vergrößern, Verkleinern, Vollbild, Verschiebung, Ansicht zurück, Ansicht noch mal.



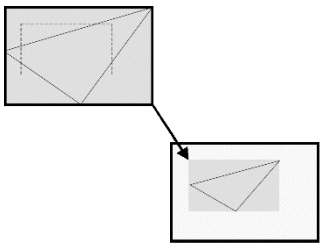
Vergrößern

Stellt einen rechteckigen Ausschnitt, der durch zwei Punkte beschrieben wird, dar. Als Ergebnis wird der rechteckige Bereich Bildschirm füllend dargestellt.



Verkleinern

Stellt den Bildschirmbereich, in den durch zwei Punkte beschriebenen rechteckigen Bereich, dar.



Vollbild



Führt eine automatische Skalierung der Bildschirmeinstellungen durch, damit das ganze Modell auf dem Bildschirm sichtbar wird.

Verschiebung



Der vom Modell auf dem Bildschirm dargestellte Bereich wird verschoben, der Maximalwert der Verschiebung kann nicht grösser sein als die größte Abmessung des ursprünglichen Fensters. Die neue Position kann auch mit einem Verschiebungsvektor angegeben werden. Der Vektor wird auf dem Bildschirm mit zwei Punkten definiert, und das Bild wird so neugezeichnet, dass der erste angeklickte Punkt in die Position des zweiten verschoben wird. Wenn man den zweiten Punkt ausgewählt hat, muss man auf eine Befehlstaste drücken und die neue Position wird dargestellt.

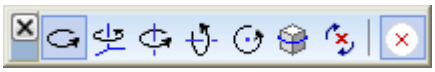


Dieser Corsor zeigt an, dass das Modell in beliebiger Richtung verschoben werden kann.

Drehen



Mit dieser Funktion kann das Modell mit gedrückter linker Maustaste beliebig im Raum gedreht werden. Während des Drehens erscheint die nachstehende Funktionspalette:



Mit optionalen Drehfunktionen in der Reihenfolge der Icons:



Freie Rotation um die horizontale Bildschirmachse und die globale Z-Achse.



Rotation um die globale Z Achse.



Rotation um die vertikale Bildschirmachse.



Rotation um die horizontale Bildschirmachse.



Rotation um eine Achse senkrecht zur Bildschirmebene



Rotation um die umhüllende Box der am Bildschirm sichtbaren Elemente



Rotation um einen ausgewählten Punkt. Klicken Sie auf einen Punkt um ihn als Rotationszentrum zu benutzen.



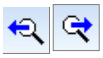
Ein-/Ausschalten der Anzeige des Rotationszentrumsymbols.





Dieser Cursor zeigt an, dass das Modell beliebig gedreht weden kann.

Undo Ansicht
Redo Ansicht



Undo/ Redo der Ansicht bis zu max. 50 Ansichtsbefehlen.

2.16.3. Ansichten





Vorderansicht (Projektion auf die X-Z Ebene).
Die Zeichnung der Konstruktion wird in der X-Z Ebene dargestellt.

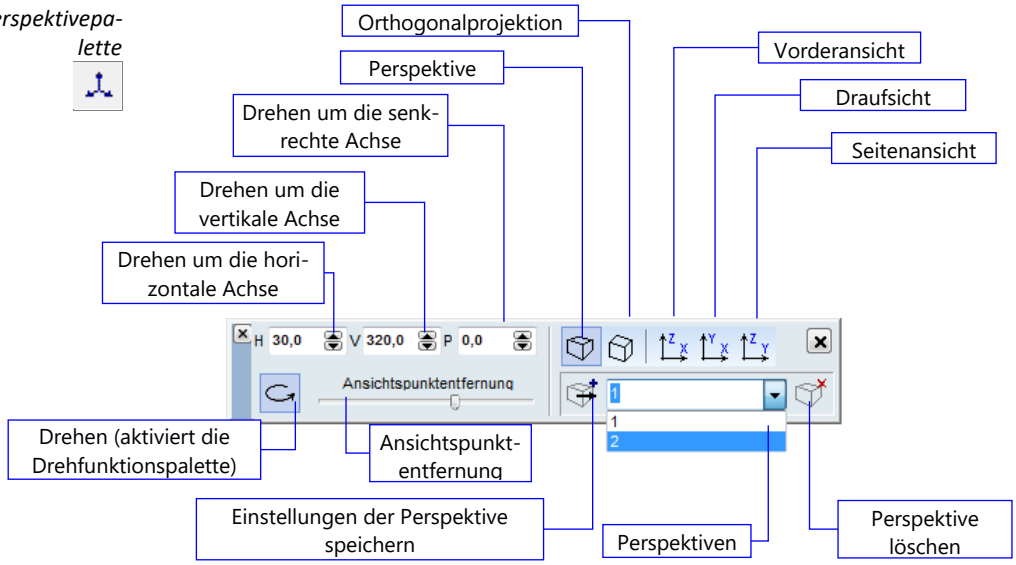


Draufsicht (Projektion auf die X-Y Ebene).
Die Zeichnung der Konstruktion wird in der X-Y Ebene dargestellt.



Seitenansicht (Projektion auf der Y-Z Ebene).
Die Zeichnung der Konstruktion wird in der Y-Z Ebene dargestellt.

Die Perspektivepalette



Setzt die Parameter der Perspektive. Die Ansicht kann durch die Drehung um die drei Achsen und durch die Ansichtspunktentfernung bestimmt werden. Rotationswinkel können mit einer Präzision von 0,1 Grad festgelegt werden. Jede Ansicht kann zur weiteren Verwendung unter einem freien Namen gespeichert werden: Geben Sie einen Namen im Auswahlfenster ein und klicken Sie auf das Icon links vom Auswahlfenster, um diese Perspektive zu speichern. Um eine Perspektive zu löschen, muss diese im Auswahlfenster aktiviert und mit dem Icon rechts vom Auswahlfenster gelöscht werden. Paletteeinstellungen sind gespeichert.

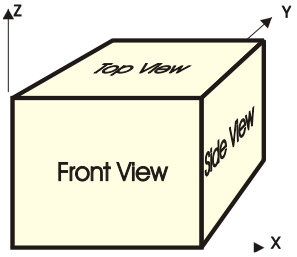
Beobachterdistanz Die Beobachterdistanz ist die Entfernung zwischen Augenpunkt und dem Zentrum des Modells.

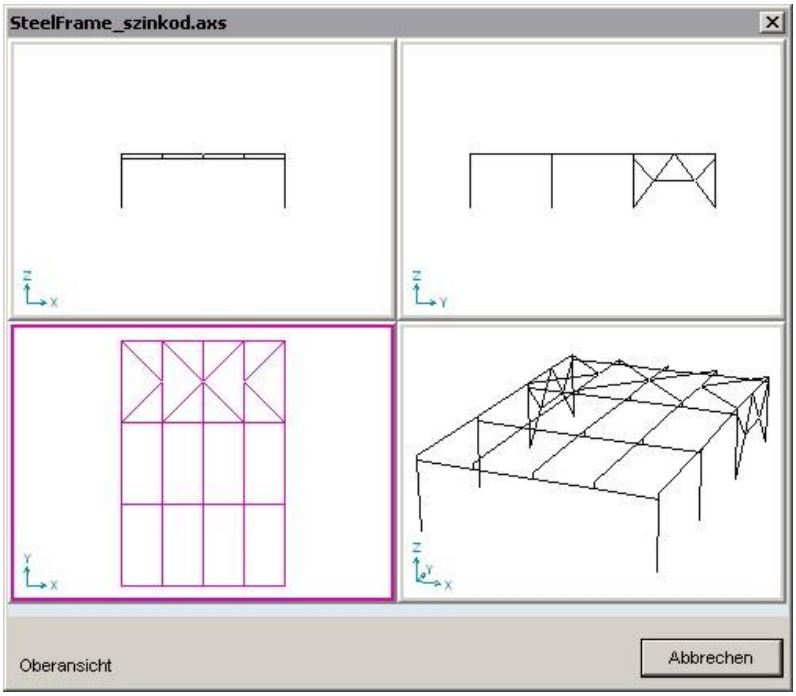
Drehen Nach dem Klicken auf dieses Icon erscheint die Drehfunktionspalette wie zuvor beschrieben.



Dieser Cursor zeigt an, dass das Modell beliebig gedreht weden kann.

Ansichten Zeigt die drei Projektionen und die Perspektive des Modells und erlaubt die Auswahl der zu verwendenden Ansicht.



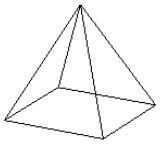


2.16.4. Darstellungen



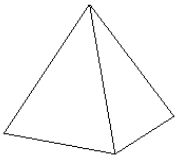


Gitternetz: Zeigt ein Linienmodell. In dieser Darstellung werden alle Linien und Flächen angezeigt.



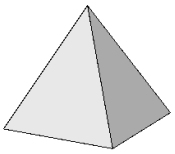


Verdeckte Linien: Zeigt das Modell wobei alle verdeckten Linien nicht gezeichnet werden.





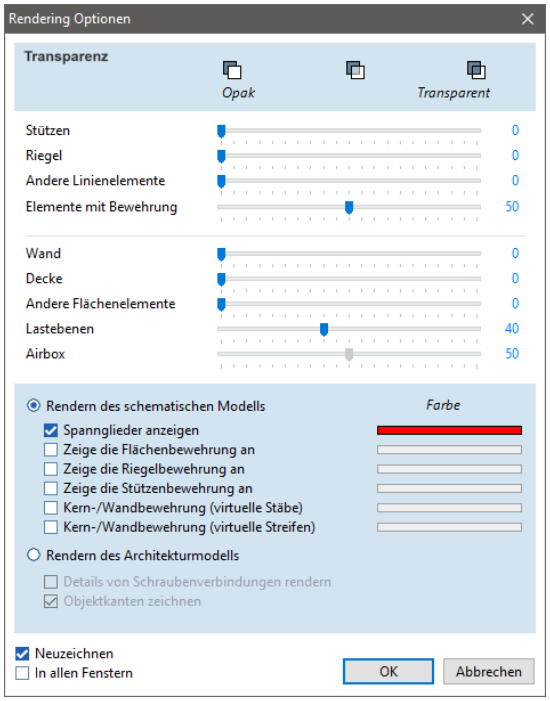
Verdeckte Flächen**:** Zeigt ein gerendertes Modell. Linienelemente werden mit Ihrem Querschnitt und Flächenelemente mit ihrer Dicken dargestellt. Die Farbe entspricht der Materialfarbe (s. Materialliste). Die gerenderte Ansicht ist weicher und zeigt die Details von dünnwandigen Querschnitten.

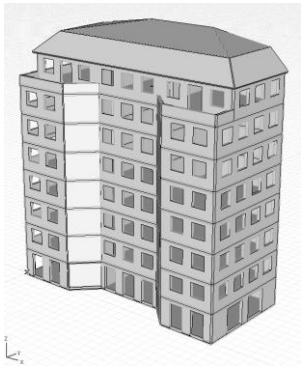


In den Optionen *Ansicht / Rendering...* kann die Transparenz der Elementtypen festgelegt werden. Elementtypen werden durch die Geometrie festgelegt. Vertikale Linienelemente werden als Spalten angesehen, horizontale Linien als Bögen, horizontale Bereiche als Böden und vertikale Bereiche als Wände.

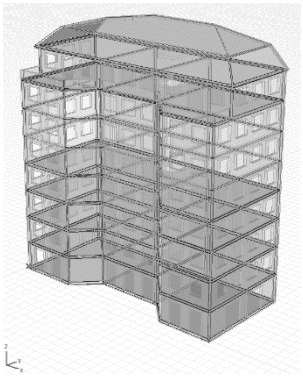
Rendering-Optionen

Im Dialog *Ansicht / Rendering Optionen...* kann die Transparenz der Elementtypen gesetzt werden. Elementtypen werden durch ihre Geometrie bestimmt. Vertikale Linienelemente werden als Stützen angesehen, horizontale Linienelemente werden wie Träger behandelt, horizontale Bereiche wie Decken, vertikale Bereiche wie Wände.





Opak

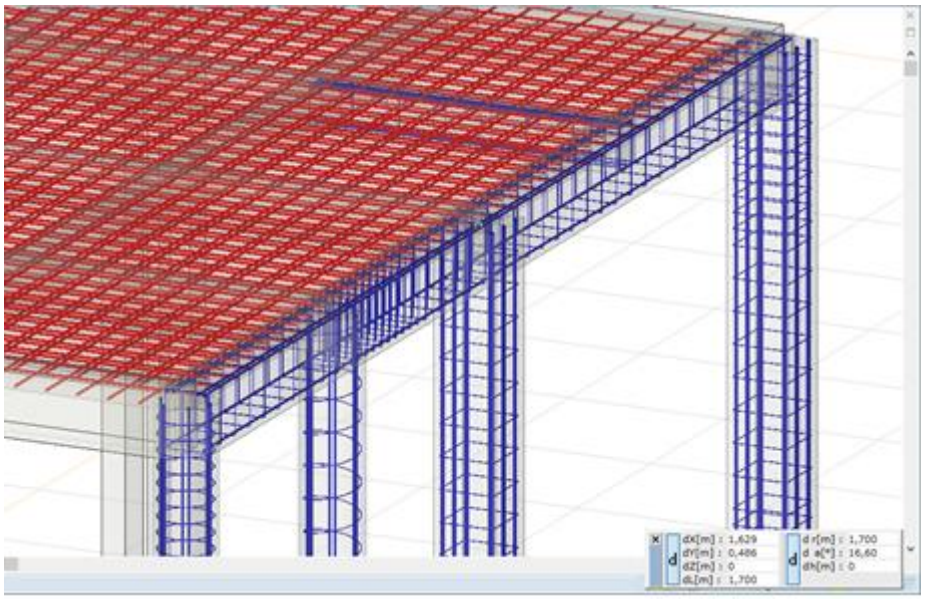


Transparent

Zwei Rendering-Optionen sind verfügbar:

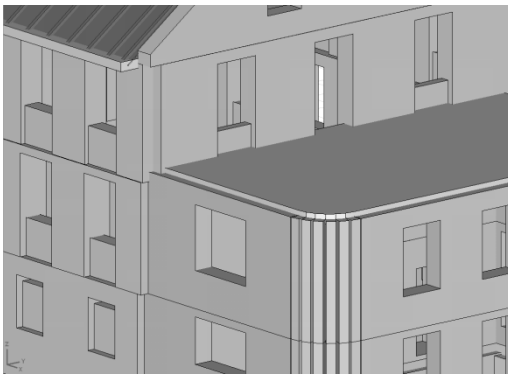
- *Schematisches Modell*

  Realitätsgetreue Darstellung von Tragwerken. Die Darstellung von Spanngliedern und Flächen-, Stützen- und Trägerbewehrungen ist optional. Klicken Sie auf die Farbrechtecke, um die Farbe zu ändern.

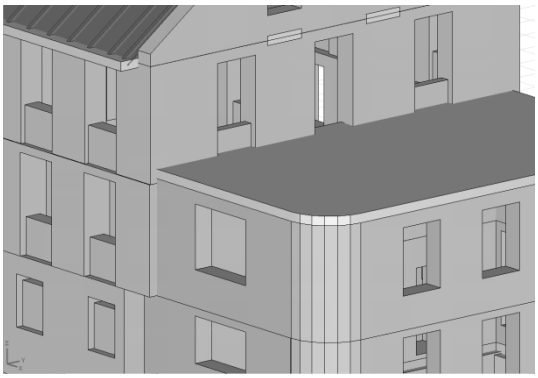


- *Architekturmodell*

  Bei dieser Rendering-Option werden die gerenderten Flächen genähert, sodass sie dem endgültigen Aussehen des Modells ähnlicher kommen. *Objektkanten zeichnen* schaltet die Objektkanten ein oder aus. Wenn die Funktion *Details von Schraubenverbindungen rendern* eingeschaltet ist, werden auch die Schraubenverbindungen mit allen Details in dem Modell erscheinen. *Objektkanten zeichnen* kann die Objektkanten ein/ausschalten.



Schematisches Modell

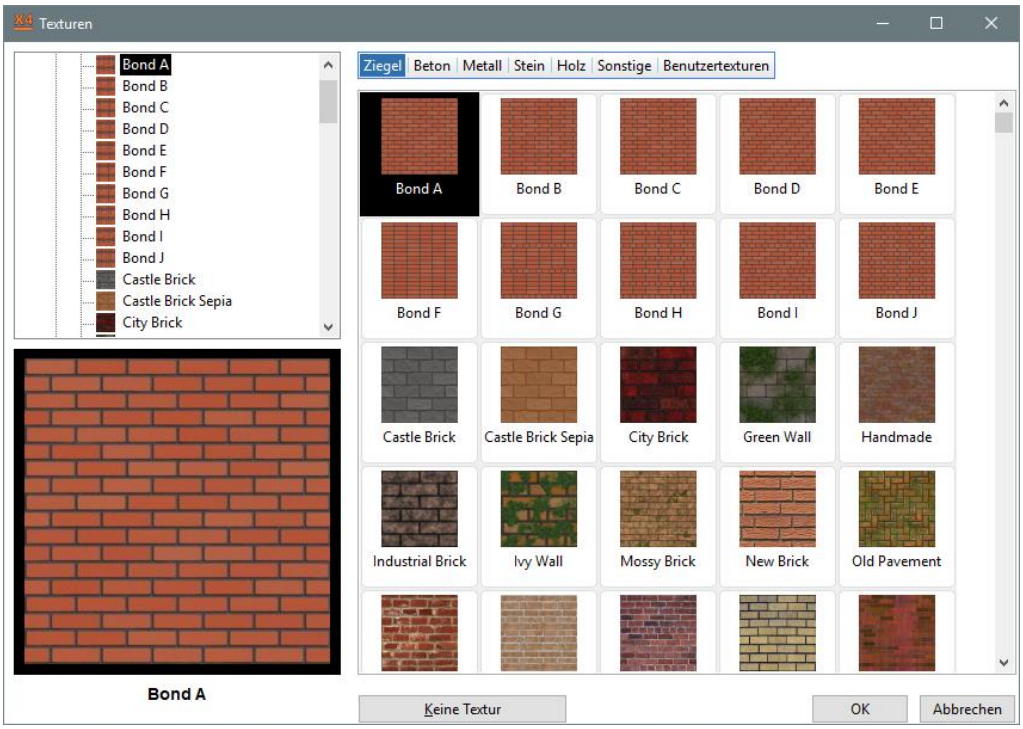


Architekturmodell



Textur. Eine gerenderte Ansicht von Materialien, welchen eine individuelle Textur zugeordnet wurde. In der Materialtabelle oder in der Materialdatenbank kann jedem Material eine Textur aus der Texturbibliothek zugeordnet werden. Diese enthält vordefinierte Texturen oder lässt auch anwenderdefinierte Texturen zu. Falls mehr als eine Materialzeile selektiert ist, wird die gewählte Textur all diesen zugeordnet.

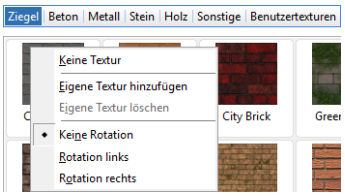




Die vordefinierten Texturen können über den Texturbaum links und die horizontale Typen-Liste oben betrachtet und ausgewählt werden. Der letzte Typ ist für die Definition von benutzerdefinierten Texturen reserviert. Die selektierte Textur erscheint im Vorschaufenster in einem schwarzen Rahmen.

Popup-Menü

Beim Klicken mit der rechten Maustaste auf eine Textur erscheint ein Popup-Menü mit folgenden Funktionen:



Entfernen der Textur vom Material
Definieren und Löschen benutzerdefinierter Texturen
Rotationseinstellungen

Keine Textur

Entfernt die Textur vom aktuellen Material

Eigene Textur hinzufügen

24-bit True Color Bitmaps (JPG oder BMP) können konvertiert werden in Auflösungen von 64 x 64, 128 x 128 oder 256 x 256 Pixel. Falls das Bitmap nicht rechteckig war, wird es zu einem Rechteck zugeschnitten.

Eigene Textur löschen

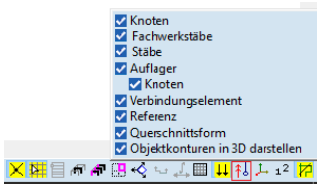
Vordefinierte Texturen können nicht aus der Bibliothek gelöscht werden, nur die Zuweisung an ein Material kann entfernt werden. Benutzerdefinierte Texturen hingegen können gelöscht werden.

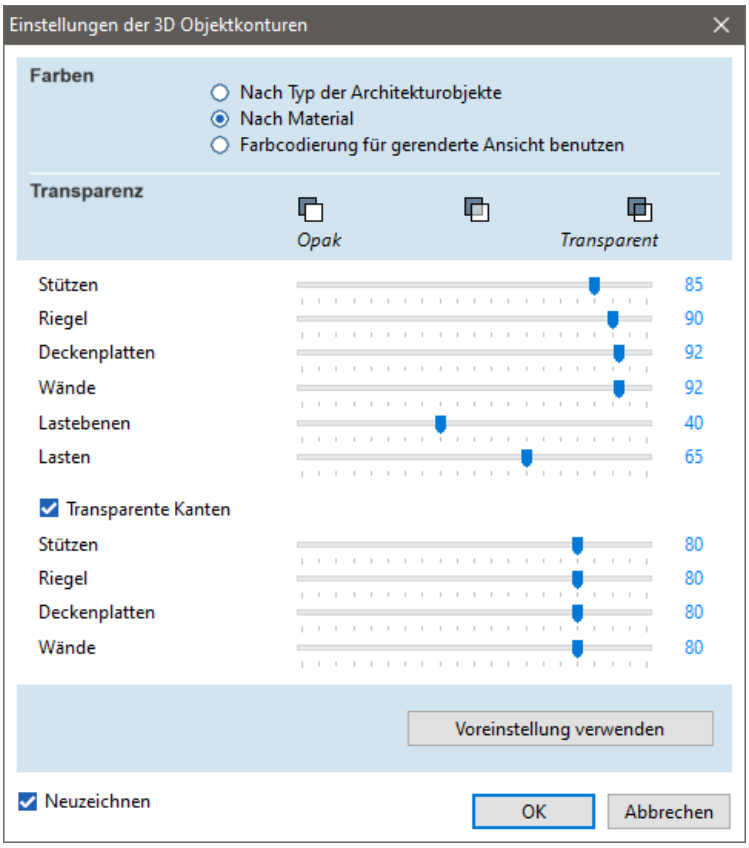
Rotations-einstellungen

Texturen werden den Elementen bezogen auf deren lokalem Koordinatensystem dargestellt. In gewissen Fällen kann dies zu einer unschönen Darstellung führen (z. Bsp. Mauerwerkswände). Eine Rotation der Textur kann dieses Problem entschärfen, ohne das lokale Koordinatensystem des Elementes ändern zu müssen. Texturen können nach links oder nach rechts um 90° gedreht werden. Eine Rotation wird in der Tabelle angezeigt mit einem < oder > Zeichen am Ende der Texturbezeichnung.

3D Objekt Kontur-einstellungen

Durch das Anzeigen der 3D Objektkonturen (siehe die Schnellschalter unten) wird ebenfalls ein halb-transparenter Festkörper angezeigt. Die Transparenz der Objekte kann in Ansicht / 3D-Objektdarstellung konfiguriert werden.





Farbe

Nach Architekturtyp — Die Festkörper werden nach den Farben, welche den Wänden, Platten, Trägern etc. zugewiesen wurden, angezeigt. **Siehe...** *3.3.11 Grundeinstellungen... / Grafische Symbole*

Nach Material — Die Farben, welche dem Material zugewiesen wurden, werden verwendet.

Nach dem Farbcode der Renderingansicht — Die Farben werden analog zum momentanigen Farbset der Renderingansicht bestimmt.

Transparenz

Bewegen Sie die Schieberregler für die gewünschte Transparenz. Klicken Sie auf *Use defaults* falls Sie zu den Standardwerten zurückkehren wollen. Setzen Sie den Haken bei *Auto refresh*, falls Sie die Veränderungen sofort auf der Modelansicht sehen wollen.

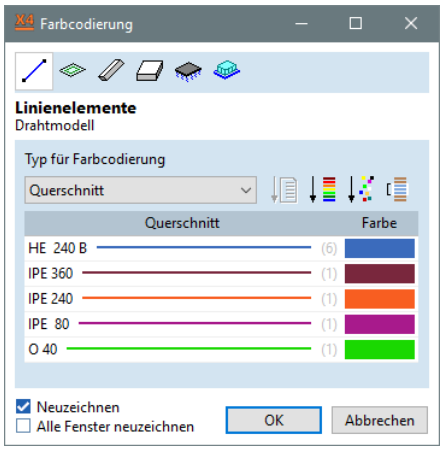
Mit dieser Schaltfläche können Resultate auf dem gerenderten Modell dargestellt werden. Wenn ein Berechnungsergebnis mit dem Volumenmodell dargestellt wird (**siehe...** *6.1 Statik*), wird das Ergebnis auf dem gerenderten Modell dargestellt. Dabei werden die einzelnen Elemente in ihren tatsächlichen Dimensionen dargestellt. Für die Einstellungen konsultieren **Siehe...** *3.3.11.10 Darstellung*

.

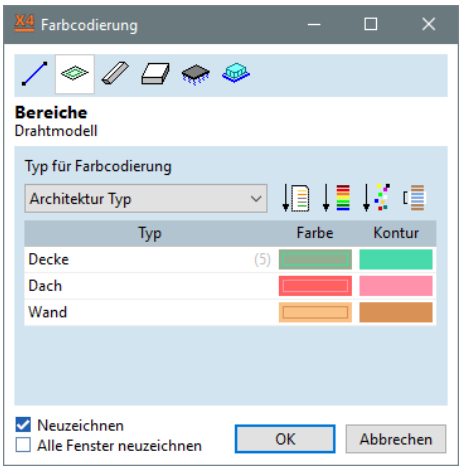
2.16.5. Farbcodierung

Farbcodierungen helfen um eine bessere Übersicht über die Elementeigenschaften zu erlangen. Unterschiedliche Farben können für die Darstellung „Drahtmodel“ oder „Verdeckte Flächen“ definiert werden. Der Typ der Farbcodierung wird über eine Dropdown Liste ausgewählt.
Das Programm weist den unterschiedlichen Eigenschaften eigene Farben zu. Die Farbe selber kann vom Anwender ausgesucht werden.

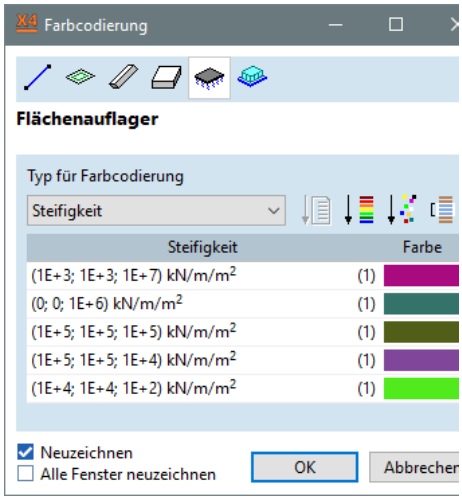
Linienelemente



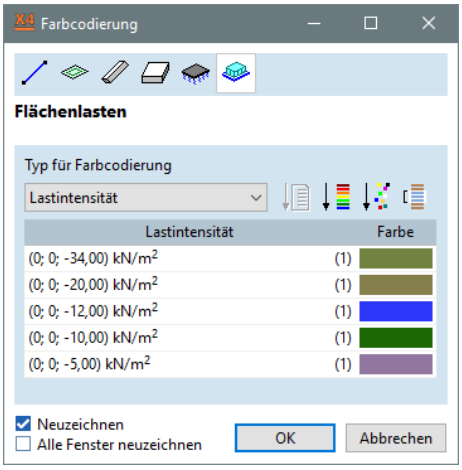
Bereiche



Flächenauflager



Flächenlasten



Typ für Farbcodierung

Standard-einstellung	Verwendet Standardeinstellung
Typ	Finite Elemente Typ (Stab, Plattenbalken, Fachwerkstab, Schale, Platte, Scheibe) bestimmt die Elementfarbe
Architekturtyp	Architekturtyp (Stütze, Riegel, Wand, Decke, Dach) bestimmt die Elementfarbe
Material	Elementfarbe wird vom Material bestimmt
Dicke	Elementfarben werden von der Dicke bestimmt
Querschnitt	Elementfarben werden vom Querschnitt bestimmt
Steifigkeit	Elementfarben werden den Steifigkeiten von Flächenlagern zugeordnet
Exzentrizität	Elementfarben werden den Exzentrizitäten von Balken/Flächen zugeordnet
Exzentrizitäts-gruppen	Elementfarben werden Exzentrizitätsgruppen zugeordnet
Gelenke	Elementfarben werden von Gelenken an Balkenenden definiert
Lastwert	Flächenlasten werden nach Intensität farblich unterschiedlich dargestellt. Überschneidende Flächenlasten werden entsprechend der Lastsumme koloriert.
Eingenschaften von Belastungsgruppen	Bei Flächenlasten entspricht die Farbe der Lastintensität sowie der Zuordnung der Last zu einem Lastfall. Mit dieser Darstellung können alle Lasten in einer Belastungsgruppe dargestellt werden. Dies erleichtert die Kontrolle der Ausfteilung der Lasten auf verschiedene Lastfälle (**siehe**... *4.10.34 Lasten in separate Lastfälle aufteilen).* Auch wenn Lasten verschiedener Lastfälle dargestellt werden, können nur jene des aktuellen Lastfalles ausgewählt, verändert oder gelöscht werden.
Einheitlich	Einheitliche Farbe für alle Elemente

Farbeinstellungen



Durch direktes anklicken der Farbe kann diese geändert werden
Anklicken der Toolbar Symbole verändert mehr al seine Farbe



Standardeinstellung
Stellt die Standardfarben wieder her



Farbgradient (Farbverlauf)
Wähle Start- und Endfarbe des Farbverlaufs durch ziehen an gewünschte Farbstelle. Das Programm wählt automatisch die Anzahl der benötigten Farben zw. den beiden Endpunkten. Der Schieberegler auf der rechten Seite stellt die Helligkeit für die Endpunkte ein.
"Kürzerer Bogen" wählt den kürzeren Verlauf aus, "Längerer Bogen" wählt die längere Richtung aus und hat somit auch eine größere Farbvielfalt.





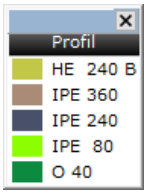
Zufallsfarben
Das Programm wählt zufällige Farben, achtet aber darauf, dass diese nicht zu ähnlich sind



Gemeinsame Farbe setzen
Mit der gedrückten Shift Taste kann man unterschiedliche Zellen auswählen und dann mit der "Gemeinsamen Farbe setzen" Funktion dieselbe Farbe definieren

☞ ***Drahtmodell und Verdeckte Flächen werden unterschiedlich behandelt, aber können abgeglichen werden. Durch klicken der rechten Maustaste in den Farbbereich erschein ein Auswahlmenü. Dort kann dann die Farbeinstellung aus dem anderen Bereich übernommen werden.***

Die aktuelle Farbcodierung wird in einem separaten Fenster dargestellt. Dieses Fenster kann im Hauptmenü "Ansicht/Fenster" ein und ausgeschaltet werden



Neu zeichnen Ansichten werden automatisch neu gezeichnet nach der Änderung

Alle Fenster neu zeichnen Änderungen erfolgen für alle Ansichten. Ist die Funktion nicht ausgewählt, wird nur die aktive Ansicht geändert.

2.16.6. Geometrische Objekt-Transformationen



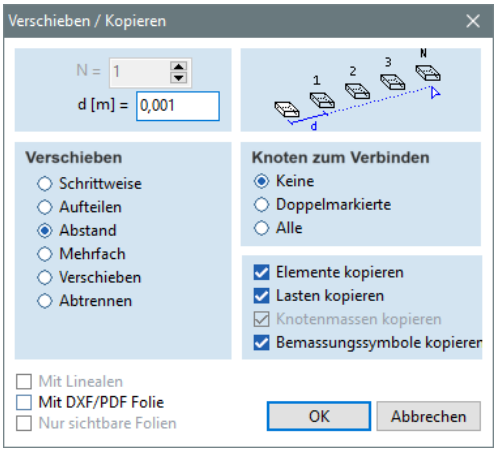


2.16.6.1. Verschieben

Verschieben



Dient zum Verschieben oder Kopieren der geometrischen Elemente oder Lasten in die Richtung eines gegebenen Vektors.

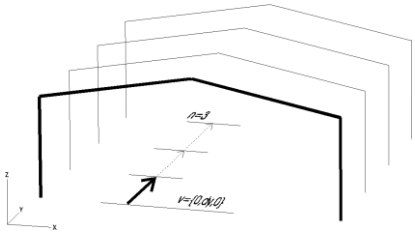


Verschieben Auswahl

Im Verschieben-Fenster kann unter folgenden Möglichkeiten ausgewählt werden:

Schrittweise

Erzeugt Kopien von dem markierten Konstruktionsdetail in den angegebenen Abständen. Die Anzahl der Kopien ist durch den *N*-Parameter anzugeben.



Aufteilen

Erzeugt Kopien von dem markierten Konstruktionsdetail in *N*-tel Abständen des Verschiebungsvektors. Die Anzahl der Kopien ist durch den *N*-Parameter anzugeben.

Abstand

Dient zum Erzeugen von Kopien in der Richtung des Verschiebungsvektors in d-Abständen. Es werden so viele Kopien erzeugt, bis der Endpunkt des Verschiebungvektors erreicht aber nicht überschritten wird.

Mehrfach

Beliebig viele Kopien werden vom markierten Detail an individuellen Orten erzeugt. Die Funktion arbeitet folgenderweise: der Endpunkt des Verschiebungsvektors ist gleich der Anfangspunkt des nächsten Verschiebungsvektors.

Verschieben

Verschiebt die ausgewählten Objekte um den Abstand dX, dY, dZ. Linien, die in die verschobenen Knoten laufen, bleiben angeschlossen.

Trennen

Verschiebt die ausgewählten Objekte um den Abstand dX, dY, dZ. Linien, die in die verschobenen Knoten laufen, werden getrennt.

Knoten zum Verbinden

Beim Kopieren werden die speziell markierten Knotenpunkte und ihre Kopien mit Linien verbunden.

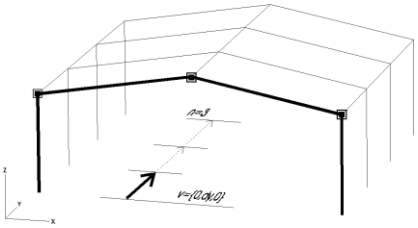
Die dafür verfügbaren Einstellungen:

Keine

Das Programm verbindet keine Knotenpunkte.

Doppelmarkierte

Die markierten Knotenpunkte werden bei permanentem Drücken der **[Alt]**-Taste mit einem wiederholten Anklicken doppelt (blau) markiert.
Beim Kopieren werden die doppelmarkierten Punkte und ihren Kopien mit Linien verbunden.



Alle

Alle markierten Knotenpunkte werden mit den kopierten Knotenpunkten verbunden.

Schalter

Kopieren der Elemente

Mit dem Einschalten der Funktion werden die zu den geometrischen Elementen definierten finiten Elemente-Eigenschaften auf die Kopien übertragen.

Kopieren der Lasten Diese Funktion ist nur mit dem Einschalten der ***Kopieren der Elemente*** Funktion erreichbar. Die zu den finiten Elementen definierten Lasten werden auf die Kopien übertragen.

☞ ***Lasten können separat kopiert werden (ohne die Elemente zu kopieren).***

Kopieren der Knotenmassen Sie können die Knotenmassen den Geometrien zuweisen und kopieren**.**

Kopieren der Bemaßung Die Bemaßung wird nur kopiert, wenn Sie die zugehörigen Knoten auswählen.

Mit Richtlinien Alle Lineale werden ebenfalls verschoben (nützlich, wenn das ganze Modell bewegt werden soll).

Mit DXF-Layer Mit aktivem Schalter wird die Operation auch an den Elementen der DXF-Layer durchgeführt. Wenn einzelne Elemente einer Folie ausgewählt sind, wird die Transformation nur für diese durchgeführt. Wenn nichts ausgewählt ist, wird die gesamte Folie umgewandelt.

Nur sichtbare Folien Mit dieser Auswahl werden nur die sichtbaren Folien verschoben.

Schritte zum Verschieben Das Durchführen eines Verschiebens hat die folgenden Schritte:

1. Klicken Sie die **Verschieben** Funktion an.
2. Wählen Sie die zu verschiebenden Elemente oder Lasten.
3. OK auf dem Auswahlfenster zum Beenden (zum Bestätigen) der gewählten Elemente.
4. Wählen Sie die gewünschte Verschieben-Funktion in dem angebotenen Fenster aus und stellen Sie die dazugehörigen, erforderlichen Parameter ein.
5. **OK.**
6. Geben Sie den Anfangs- und den Endpunkt des Vektors an.

Eine Bemerkung: die Operation kann auch in der Reihenfolge 2-3-1-4-5-6 durchgeführt werden.

☞ ***Wenn in dem Modell eine Konstruktionseinheit mehrmals vorkommt, lohnt es sich, diese als Untermodell aufzukonstruieren, die dazugehörigen finiten Elemente und Lasten zu definieren und dann in der erforderlichen Anzahl zu kopieren.***
Während des Benutzens der *Verschieben* ***Funktion bei der Eingabe des Verschiebungsvektors können die auf dem Bildschirm schon vorhandenen Knotenpunkte und Linien benutzt werden.***

Einzelne Lasten können kopiert oder in andere Lastfälle verschoben werden, wenn der Lastfall während der Operation zum Ziellastfall wird.

2.16.6.2. Drehen

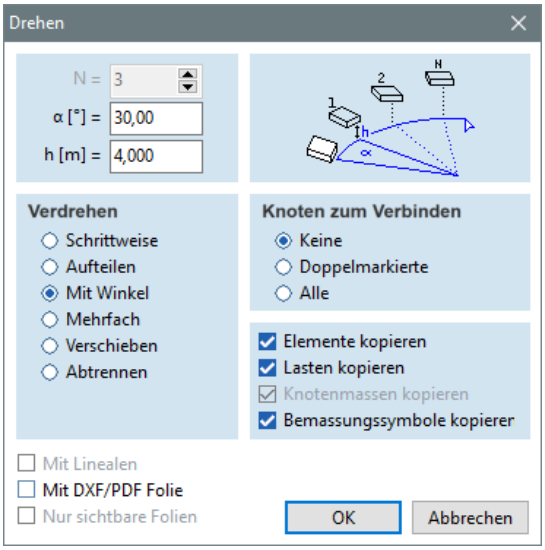
Drehen



Die geometrischen Elemente oder Lasten werden um ein zu definierendes Drehzentrum gedreht und je nach gewählter Funktion auch kopiert.

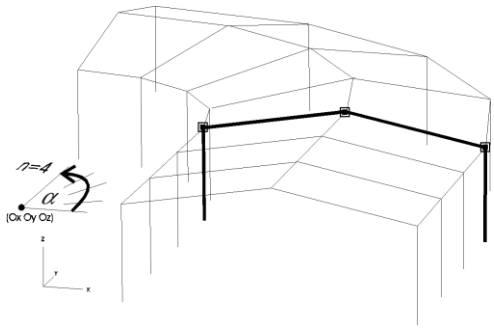
Das Drehen ist immer senkrecht zur Bildebene und wird um eine Achse durchgeführt, die durch das Drehzentrum geht.

Der Drehwinkel, der Anfangs- und der Endpunkt des Drehens werden von den Winkeln definiert, die von den vom Drehzentrum gezogenen Linien und der Bildebene bestimmt werden.



Verschieben Auswahl Im Drehen-Fenster sind die folgenden Möglichkeiten wählbar:

Schrittweise Erzeugt Kopien *N*-mal von dem markierten Konstruktionsdetail um das Drehzentrum. Das Drehen ist durch den Drehwinkel und mit den Höhenunterschieden (*h*-Parameter) anzugeben.



Aufteilen Erzeugt Kopien N-mal von dem markierten Konstruktionsdetail um das Drehzentrum. Das Drehen ist durch den N-tel Teil des Drehwinkels und mit den Höhenunterschieden (h-Parameter) definiert.

Mit Winkel Dient zum Erzeugen von Kopien in die Richtung des Drehens mit α Winkel und mit den Höhenunterschieden (h-Parameter). Die Anzahl von Kopien ist davon abhängig, wie viel Mal kleiner der α -Winkel als der Drehwinkel ist.

Mehrfach Die Funktion generiert beliebig viele Kopien um das gleiche Drehzentrum in der Bildebene der markierten Objekte, mit beliebigem Anfangspunkt und Drehwinkel bei jeder Kopie.

Verschieben Dreht das markierte Konstruktionsdetail um das Drehzentrum mit dem Drehwinkel und mit einem Höhenunterschied (h-Parameter). Linien, die in die verschobenen Knoten laufen, bleiben angeschlossen.

Trennen Dreht die ausgewählten Objekte um den Winkel. Linien, die in die verschobenen Knoten laufen, werden getrennt.

Knoten zum Verbinden **Siehe...** *2.16.6.1 Verschieben*

Schalter **Siehe...** *2.16.6.1 Verschieben*

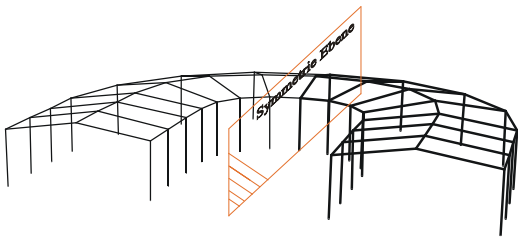
In der perspektivischen Darstellung kann das Drehen nur um eine Achse durchgeführt werden, die mit der Z-Koordinatenachse parallel ist. Der Anfangspunkt, der Endpunkt und das Drehzentrum müssen bevorzugte Bildschirmpunkte sein. Der Drehwinkel ist durch die Linien bestimmt, die das Drehzentrum überqueren und ihre Projektionen in einer zu der XY-Koordinatenebene parallelen Ebene liegen.

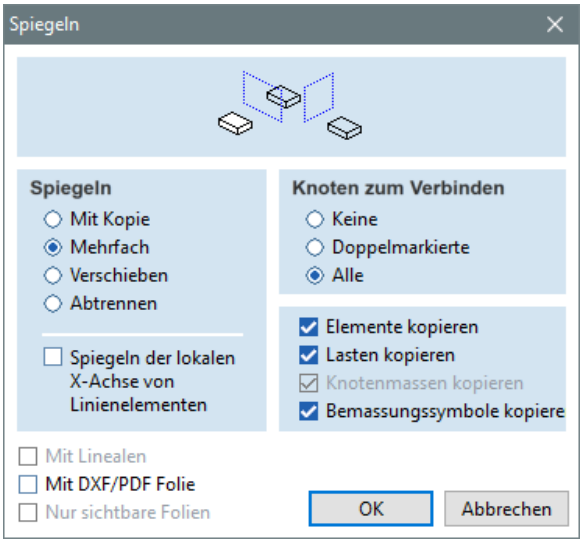
2.16.6.3. Spiegeln

Spiegeln



Das Kopieren und Bewegen der geometrischen Elemente oder Lasten





Auswahl Spiegeln Im Spiegeln-Fenster sind die folgenden Möglichkeiten wählbar:

Mit Kopie Erzeugt eine Kopie von dem markierten Objekt mit Spiegeln um die angegebene Spiegelebene.

Mehrfach Erzeugt Kopien von dem markierten Objekt in beliebiger Anzahl. Die Ebene wird bei jeder Kopie einzeln angegeben.

Verschieben Die markierten Objekte werden um die anzugebende Ebene gespiegelt. Linien, die in die verschobenen Knoten laufen, bleiben angeschlossen.

Trennen Die markierten Objekte werden um die anzugebende Ebene gespiegelt. Linien, die in die verschobenen Knoten laufen, werden getrennt.

Spiegeln der lokalen x-Achse von Linienelemente Diese Option steuert, ob die lokale x-Ausrichtung von Linienelementen umgedreht wird oder nicht.

Knoten zum Verbinden **Siehe...** *2.16.6.1 Verschieben*

Schalter **Siehe...** *2.16.6.1 Verschieben*

In der perspektivischen Darstellung wird das Spiegeln auf einer zur XY-Koordinatenebene rechtwinkligen Ebene durchgeführt.

2.16.6.4. Skalieren

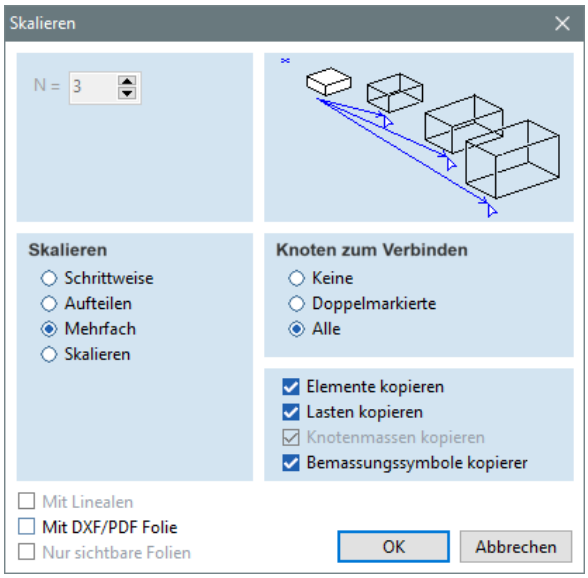
Skalieren



Die geometrischen Elemente werden nach dem angegebenen Verhältnis skaliert, kopiert.

Das Skalierungsverhältnis (Skalierungsfaktor) in den einzelnen Achsenrichtungen wird vom Verhältnis der lokalen Koordinaten der originalen und der neuen Lage des Bezugspunktes bestimmt.

Für die neuen Koordinaten eines Punktes werden die originalen Koordinatenwerte multipliziert mit dem Skalierungsfaktor in den einzelnen Achsenrichtungen.



Auswahl Skalieren In dem Skalieren-Fenster sind die folgenden Möglichkeiten auszuwählen:

Schritt Erzeugt Kopien N-mal von dem markierten Objekt. Sie bekommen die Lage der n-ten Kopie als das Produkt der originalen Koordinaten * Skalierungsfaktor* n.

Aufteilen Generiert Kopien N-mal von dem markierten Objekt mit den angegebenen Skalierungsverhältnissen. Die Lage der n-te Kopie wird als das Produkt der originalen Koordinaten * Skalierungsfaktor * n/N festgelegt.

Mehrfach Dient zum Erzeugen von Kopien mit dem gleichen Skalierungszentrum und Bezugspunkt in beliebiger Anzahl. Die neue Lage des Bezugspunktes ist pro Kopie anzugeben.

Skalieren Das markierte Objekt wird mit den angegebenen Skalierungsverhältnissen skaliert.

Knoten zum Verbinden **Siehe...** *2.16.6.1 Verschieben*

Schalter **Siehe...** *2.16.6.1 Verschieben*

2.16.7. Arbeitsebenen



Arbeitsebenen (benutzerdefinierte Koordinatensysteme) vereinfachen das Konstruieren auf schiefen Ebenen. Man stelle sich das Konstruieren eines Loches für ein Dachfester in einer schiefen Dachebene vor . Die Dachebene kann als Arbeitsebene definiert werden und das Zeichnen kann dann ganz einfach in dieser zweidimensionalen Ebene erfolgen. Im Falle von Arbeitsebenen ist die Z-Koordinate senkrecht zur Arbeitsebene zu verstehen.

☞ ***Alle Zeichnungs- und Editierfunktionensin stehen im Arbeitsebenen-Modus zur Verfügung. Im Mehrfenster-Modus kann jedem Fenster eine eigene Arbeitsebene zugewiesen werden.***

Global X-Y, Global X-Z, Global Y-Z Arbeitsebene

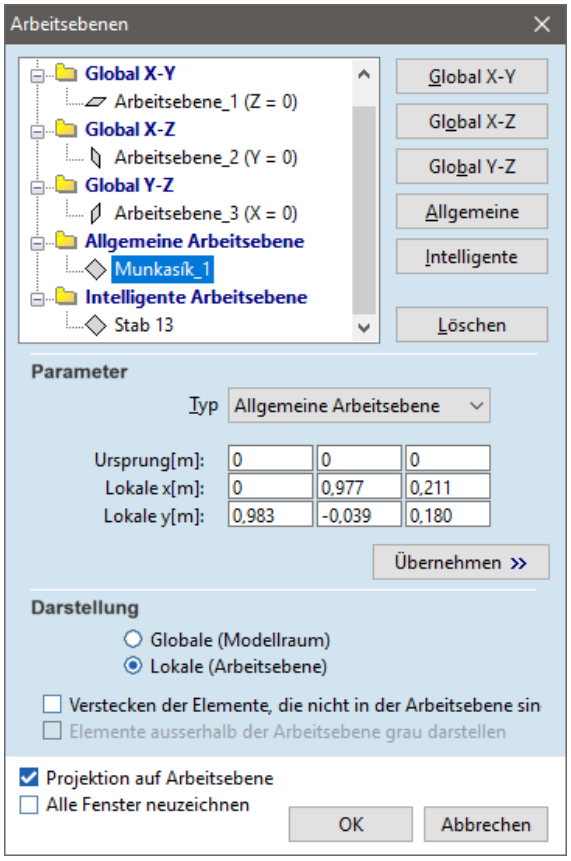
Diese Arbeitsebenen sind jeweils parallel zu einer globalen Koordinaten-Ebene, sodass Ihre Lage durch eine einzige Koordinate bestimmt werden kann. Hilfreich zum Beispiel beim Zeichnen von Gebäudegeschossen.

Allgemeine Arbeitsebene

Diese Arbeitsebenen werden definiert durch einen Ursprungspunkt und zwei Vektoren für die lokale x- und y-Achse.

Intelligente Arbeitsebene

Diese Arbeitsebenen entsprechen dem lokalen Koordinatensystem von Fachwerkstäben, Stäben, Rippen oder Bereichen. Der Ursprung liegt jeweils im ersten Punkt des Elementes, die x- und y-Achsen sind parallel zu den lokalen x- und y-Achsen des Elementes.



Eine bereits definierte Arbeitsebene kann durch den Arbeitsebenen-Schnellschalter unten rechts am Bildschirm durch Klicken auf die gewünschte Arbeitsebene in der angebotenen Liste ausgewählt werden.
Arbeitsebenen können auch im Hauptmenu unter *Ansichten \ Arbeitsebenen* oder über das linke Menü durch Klicken des *Arbeitsebenen –Icons* ausgewählt werden.

Darstellung

Eine Arbeitsebene kann im globalen Koordinatensystem oder in ihrem lokalen System dargestellt werden. Beim Akivieren des Schalters *Verstecken der Elemente, die nicht in der Arbeitsebene sind* werden nur diejenigen Elemente angezeigt, welche in der Arbeitsebene liegen.
Beim Aktivieren des Schalters *Elemente ausserhalb der Arbeitsebene grau darstellen* werden alle Elemente ausserhalb der Arbeitsebene hellgrau dargestellt.

Aendern von Arbeitsebenen-Parametern

Parameter einer im linken Menü gewählten Arbeitsebene können beliebig geändert und durch Klicken des **OK** –Schalters gespeichert werden.

Löschen

Löscht die ausgewählte Arbeitsebene.

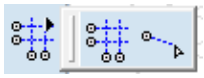
Übernehmen >>

Damit können Arbeitsebenen-Parameter (Ursprung oder Achsen) grafisch definiert werden.

Projektion auf arbeitsebene

Wenn diese Option aktiviert ist, wird die gesamte Bearbeitung auf die Arbeitsebene projiziert. Um im Koordinatensystem der Arbeitsebene zu arbeiten, aber außerhalb der Arbeitsebene (z.B. z auf 3 Meter einstellen), deaktivieren Sie diese Option.

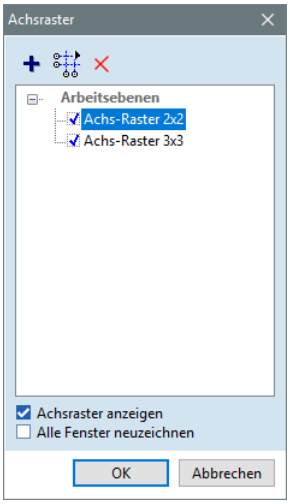
2.16.8. Achs-Raster



Wenn auf das Icon *Achs-Raster* gedrückt wird, erscheinen zwei weitere Schaltflächen. Mit der ersten wird das grundlegende Achsraster festgelegt, mit der zweiten können individuelle Rasterlinien definiert werden.

Achsraster





Achsraster sind eine Gruppe von farbigen Linien in einer Ebene, einer vorgegebenen Länge und einer Beschriftung. Diese Achs-Gruppen können parallel mit den globalen X-Y, X-Z, Y-Z Ebenen, den Arbeitsebenen, oder den Geschossebenen sein.
Die verschiedenen Achsraster werden durch Ihre Ebenen sortiert.

Achsraster anzeigen

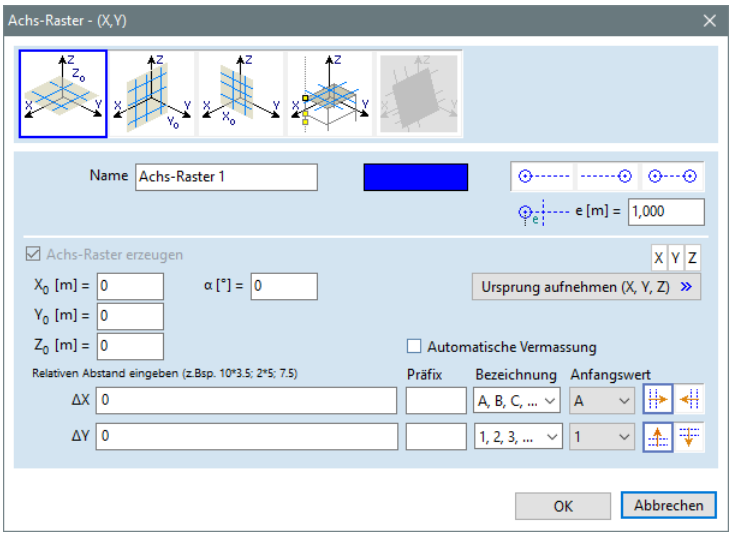
Die Darstellung der Achsraster ein- und ausschalten. Wenn die Funktion abgewählt ist, sind alle Raster unsichtbar. Bei anwählen werden die Raster nach 2 Kriterien ausgewählt: 1) Es ist ausgewählt 2) Raster die Arbeitsebenen oder Geschossen zugeordnet wurden, können nicht sichtbar sein, wenn diese nicht aktiv sind

Alle Fenster neu zeichnen

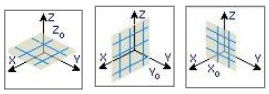
Aktualisiert die Achsraster für alle Ansichten.

Um ein Achs-Raster zu definieren, ist der Ursprung mittels X_0, Y_0 oder Z_0 festzulegen und dann die Relativabstände ▪ X und ▪ Y einzugeben. z.B. X_0 = 0 Eingabe von 4*3.5; 2*5; 7.5 erzeugt vertikale Achslinienen an folgenden Positionen: 3,50; 7,00; 10,50; 14,00; 19,00; 24,00; 31,50.
Das Achs-Raster kann durch einen benutzerdefinierten Winkel α gedreht werden.
Die Länge der Achslinien wird durch die Minimum und Maximum Koordinate bestimmt. Dadurch erhält das Achsraster immer eine Rechteckform.

Neue Achsraster



Rasterebenen



Für Raster parallel zur globalen Ebene, kann der Abstand zwischen der Achsebene und der globalen Ebene definiert durch X0, Y0 oder Z0 eingegeben werden.

Geschossraster



Hat das Modell Geschossebenen, können Raster den einzelnen Geschossen zugeordnet werden. Das Raster kann auf alle Geschosse übertragen werden (auswählen in der Dropdown Liste "Auf alle Geschosse"). Wenn ein Raster einem einzelnen Geschoss zugewiesen ist und der Haken gesetzt ist "Nur anzeigen wenn das Geschoss aktiv ist", wird das Raster so lange nicht sichtbar sein, bis eben jenes Geschoss aktiviert wird.

Raster auf Arbeitsebene



Achslinien können Arbeitsebenen zugewiesen werden (sofern Arbeitsebenen im Modell verfügbar sind). Wenn "Nur anzeigen wenn die Arbeitsebene aktiv ist" angewählt ist, bleibt das Raster so lange unsichtbar, bis diese aktiviert wird.

Name Name des Achsrasters

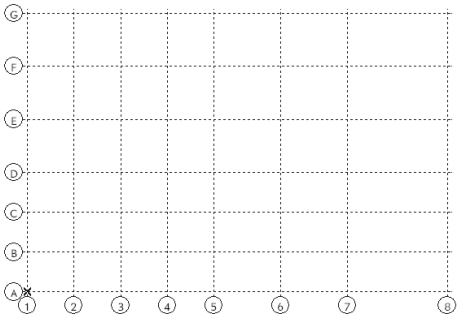
Farbe Button anklicken um die Farbe der Achslinien zu verändern

$X_0/Y_0/Z_{0\ [m]}$ Ursprung des Achsrasters relative zum globalen Ursprung
Der Ursprung kann durch Klicken auf den Knopf Ursprung aufnehmen gepackt werden und durch Klicken auf einen beliebigen Knoten auf diesen verschoben werden. Durch Aktivieren oder Desaktivieren der X, Y, Z Felder darüber kann der Anwender entscheiden, welche Koordinaten er aufnehmen möchte.

α [°] Rotationswinkel um den Ursprung des Achsrasters

Achsraster erzeugen Achsabstand, Präfix, Bezeichnung und Richtung können definiert werden

Rasterlinien- Bezeichnungen können aufeinanderfolgende Zahlen (1, 2, 3, ...) oder Buchstaben (A, B, C, ...) sein, gemäß den Bezeichnungen der Auswahlbox. Anfangswert definiert die erste Bezeichnung. Ein allgemeines Präfix kann eingegeben werden um Bezeichnungen wie 1A, 1B, 1C, ... oder F1, F2, F3 zu kreieren. Die Reihenfolge der Achslinien kann durch die Icons rechts im Fenster bestimmt werden (links nach rechts, oben nach unten etc.)





Richtung der vertikalen Achslinien festlegen

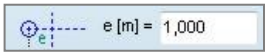


Richtung der horizontale Achslinien festlegen



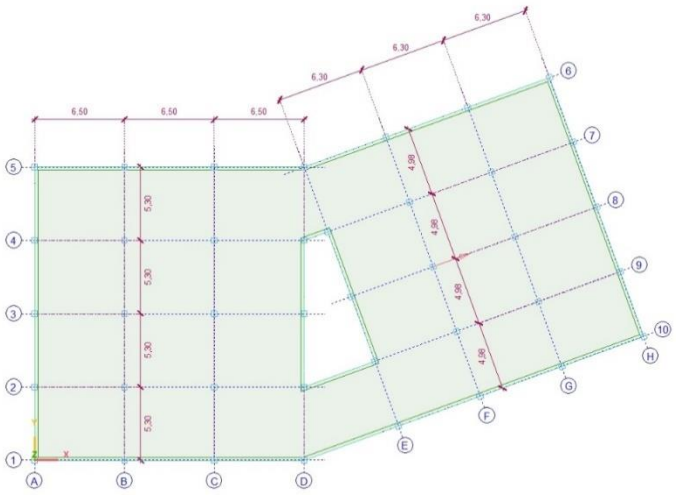
Bezeichnungen können am Anfang, am Ende oder am Angang und Ende stehen.

e[m]



Es wird empfohlen, nicht den Überstand der Rasterlinie auf Null zu setzen, um zu verhindern, dass die Bezeichnung innerhalb des Rasters erscheinen.

Automatische Bemassung Wenn die Option Automatische Bemaßung aktiviert ist, werden auch Bemaßungslinien mit den strukturellen Gitterlinien erstellt. Diese Bemaßungslinien sind assoziativ, z.B. folgen sie Änderungen des Achsrasters.
Es ist auch möglich, intelligente Maßlinien manuell zwischen Schnittpunkten von Strukturgitterlinien zu platzieren (**siehe...** *2.16.11.1 Achsenparallele Bemassungslinien*). Das bedeutet, dass das Aktivieren des Smart Mode und das Platzieren einer Bemaßungslinie zwischen A1 und G1 eine Gruppe von Bemaßungslinien erzeugt: A1-B1, B1-C1, C1-D1, D1-E1, E1-F1, F1-G1.



Achsraster modifizieren



Name, Bezeichnung, Position und Farbe können verändert werden. Wenn "Achs-Raster erzeugen" angewählt wird, wird das gesamte Raster neu erzeugt mit den veränderten Parametern. Die vorhandenen Linien von dem Raster werden in diesem Fall entfernt.

Achsraster kopieren



Es ist möglich, Kopien des ausgewählten Achsrasters zu erstellen.
Zuerst muss der *Name* der Kopien eingegeben werden. Die Kopien werden anschliessend *Name_1, Name_2, Name_3,* usw genannt. Weiter müssen die Anzahl Kopien, sowie der Start- und der Endpunkt des Translationsvektors eingegeben werden.

Achsraster löschen

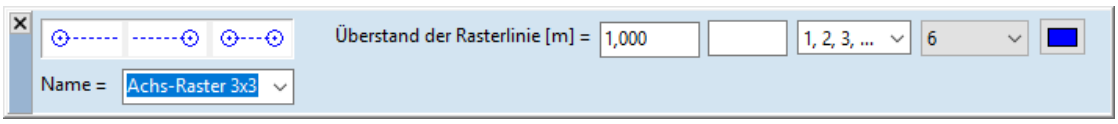


Das ausgewählte Achsraster wird gelöscht.
Durch drücken von Ctrl oder Shift während des Mausklicks kann mehr al seine Linie selektiert werden.

Benutzerdefinierte Rasterlinie



Benutzerdefinierte Rasterlinien können definiert werden durch das Anklicken von Start- und Endpunkt. Die Eigenschaften der Rasterlinie (Bezeichnung, Lage, Präfix, Farbe) werden in einem eigenen Eigenschaftenfenster definiert.
Benutzerdefinierte Rasterlinien müssen einem Achsraster zugewiesen werden und können mit diesem ein- und ausgeschaltet werden. Wird das Raster mit neuen Parametern neu erzeugt, werden die zugehörigen benutzerdefinierten Rasterlinien gelöscht

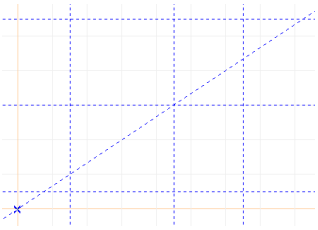


2.16.9. Lineale



Die Lineale sind Hilfslinien beim geometrischen Konstruieren. Die Lineale kann man in beliebigen Rastern, in der Hauptebene des Koordinatensystems und im Raum anwenden.
Mit Hilfe von Linealen ist es möglich ein beliebiges Raster-System zu erzeugen, man kann Schnittpunkte bestimmen und Abstände festsetzen. Der Cursor erkennt die Lineale und ihre Schnittpunkte automatisch.
Siehe... *4.7 Editorzubehör*

Die Lineale werden auf dem Bildschirm mit einer blau gestrichelten Linie dargestellt. Die Darstellung von Linealen ist im Dialogfenster *Einstellungen/Darstellung/Lineal* ein- und ausschaltbar.





Platzieren eines senkrechten Lineals in der Ansicht bei der aktuellen Cursorposition.



Platzieren eines horizontalen Lineals in der Ansicht bei der aktuellen Cursorposition.



Platzieren eines waagerecht-senkrechten Lineal Paares in der Ansicht bei der aktuellen Cursorposition.

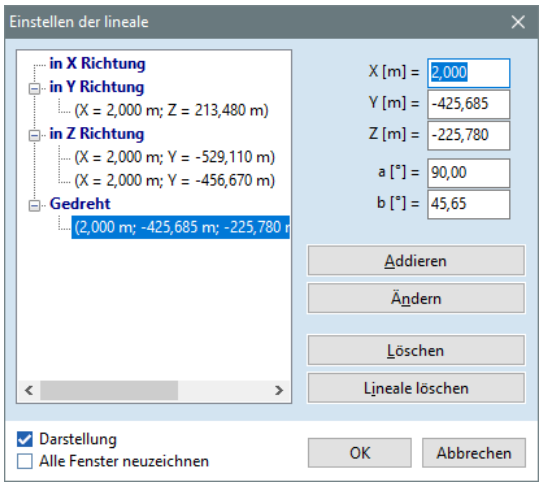


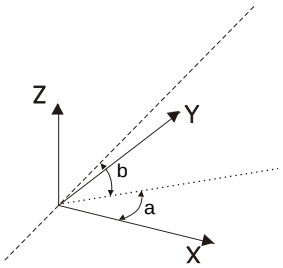
Platzieren ein schräg verlaufenes Lineal in der Ansicht bei der aktuellen Cursorposition.



Platzieren eines schräg angeordneten aufeinander senkrechten Lineal Paares in der Ansicht bei der aktuellen Cursorposition.
In der Perspektivansicht kann man nur schräg verlaufenen Lineale platzieren aber in der Perspektive bleiben alle Lineal arten sichtbar. Die Lineale kann man mit der Maus bewegen und um platzieren. Das Löschen eines Lineals ist auch möglich, wenn man es mit der Maus ausserhalb des Fensterrahmens zieht.

Definieren eines Lineals mit Koordinaten: Entweder auf das Lineal klicken, oder den *Einstellungen/Lineale* Menüpunkt auswählen, dann erscheint das folgende Dialogfenster.





a: der Projektionswinkel des Lineals auf der X-Y Ebene
b: der Winkel zwischen dem Lineal und der X-Y Ebene

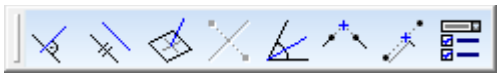
Darstellung Schaltet alle Lineale sichtbar bzw. unsichtbar.

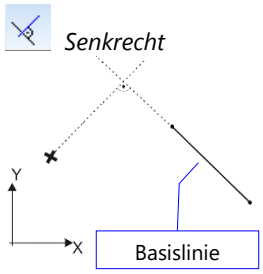
Alle Fenster neu zeichnen Wenn angewählt, werden alle Fenster aktualisiert. Wenn nicht angewählt, wird nur die aktuelle Ansicht aktualisiert.

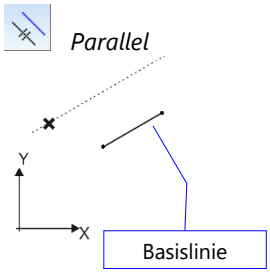
2.16.10. Geometriewerkzeuge



Die Funktionen der Geometriewerkzeuge erlauben das Aufzwingen der Richtung beim Zeichnen von Linien.







Funktionsweise : Beginnen Sie eine Linie zu zeichnen. Klicken Sie das *Lotrecht* oder *Parallel* Icon, klicken Sie dann auf eine vorhandene Linie oder zwei Punkte um die Richtung festzulegen. Der Cursor wird sich dann nur senkrecht oder parallel zu dieser Basislinie bewegen.



Senkrecht zu einer Ebene

Funktionsweise: Beginnen Sie eine Linie zu zeichnen. Klicken Sie das Lotrecht zu einer Ebene Icon, dann klicken Sie den die Ebene definierenden Bereich. Der Cursor wird sich dann lotrecht zur Ebene bewegen. Die Ebene kann auch durch Klicken von drei Punkten definiert werden.

Die Senkrecht/Parallel und Senkrecht zu einer Ebene Icons werden normal während der Eingabe eines Modells oder zur Bestimmung einer Schnittebene benutzt.



Linie durch einen Mittelpunkt

Funktionsweise: Beginnen Sie eine Linie zu zeichnen. Klicken Sie dann zwei Punkte. Deren Mittelpunkt wird dann die Richtung bestimmen.

Winkelhalbierende

Funktionsweise: Beginnen Sie eine Linie zu zeichnen. Klicken Sie dann die beiden Schenkel des Winkels. Die Winkelhalbierende wird dann die Richtung der Linie festlegen.

Schnittpunkt von 2 Linien

Funktionsweise: Beginnen Sie einen Knoten oder eine Linie zu zeichnen und klicken dann auf das Symbol. Klicken Sie daraufhin auf zwei Linien oder auf ihren Anfangs- und Endpunkt. Ein Knoten- oder Linien-Punkt wird im Schnittpunkt erzeugt. Irgendeine der Linien (oder beide) können ein Kreisbogen sein. In diesem Fall kann es mehr als ein Schnittpunkt geben. Wenn dies so ist, werden die berechneten Punkte mit kleinen Kreisen markiert. Der erforderliche Punkt muss ausgewählt werden, indem man ihn anklickt.

Teilungspunkt

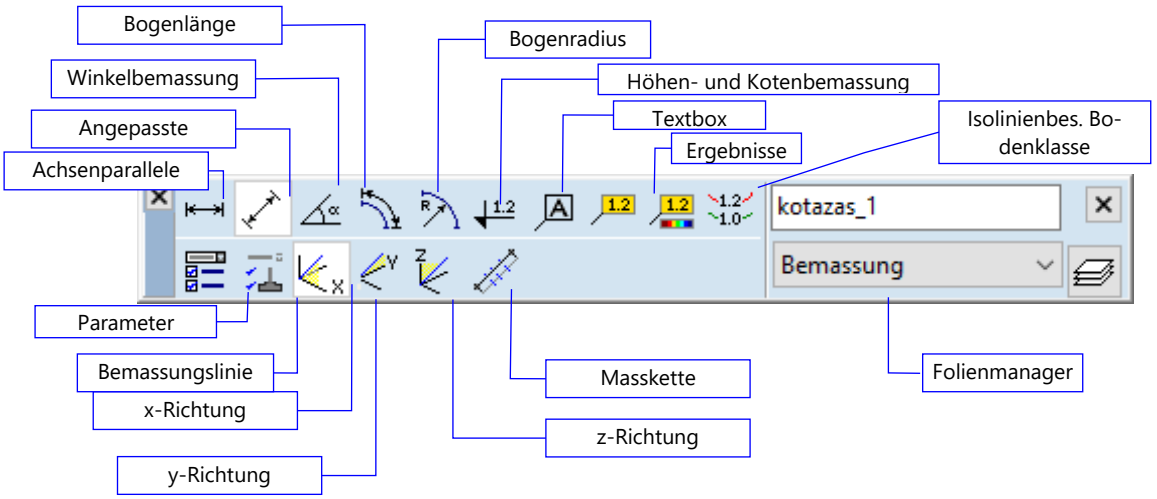
Funktionsweise: Beginnen Sie einen Knoten oder eine Linie zu zeichnen und klicken Sie dann auf das Symbol. Klicken Sie daraufhin auf die Knoten. Legen Sie die Teilung durch ein Verhältnis oder einen Abstand im Popup-Dialog fest. Ein Knoten- oder Linien-Punkt wird erzeugt.

Punkt-bezogene Funktion

Funktionsweise: Man kann jetzt einstellen, dass bei der Nutzung von Schnitt- oder Teilungspunkte das Programm einen gerechneten Knotenpunkt generiert oder den Ursprung des Koordinatensystems relativ dahin bewegt.

2.16.11. Bemassung, Symbole und Texte

Diese Gruppe der Funktionen lässt Sie assoziative orthogonale und angepasste Bemassungslinien oder Folgen von Bemassungslinien zum dreidimensionalen Modell hinzufügen, wie auch Winkel, Bogenlänge, Bogenradius, Ebenen- und Elevationsmarkierungen, Etiketten oder Ergebniswerte.
Klicken Sie auf das Icon, um den Bemassungsdialog zu öffnen. Wählen Sie die Art der Bemassung. Wählen Sie das untere linke Icon, um die Parameter der gewählten Art der Bemassung zu ändern.



Die Lage der Bemassungslinien oder der Ergebnistexte kann jederzeit in der Arbeitsfläche geändert werden. Die Bemassung ist voll assoziativ, d. h. jede Änderung der Geometrie aktualisiert sofort die Bemassung.

2.16.11.1. Achsenparallele Bemassungslinien



Assoziative achsenparallele Bemassungslinien oder –texte, parallel zu den globalen Achsen können dem Modell wie folgt zugeordnet werden:

1. Wählen Sie den Start- und Endpunkt der Bemassungslinie. Wenn diese Punkte durch eine Linie verbunden sind wählen Sie einfach die Linie.



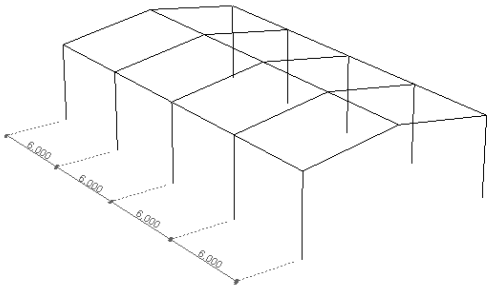
2. Bewegen Sie die Maus. Die Position der Bemassungslinie basiert auf die Richtung, in die Sie die Maus bewegen. Mit einer Ausnahme: Wenn die Auswahl nicht achsenparallel und die Auswahl in der Perspektive erfolgt, so ist Positionsrichtung durch eines der Icons zu setzen.
3. Drücken der linken Maustaste bestimmt die Lage der Bemassungslinie.

Um eine Reihe von Bemassungslinien zu erzeugen, wählen Sie die Punkte oder Linien in der entsprechenden Reihenfolge. Die Punkte 2 und 3 sind die gleichen wie bei der Einzelbemassung. Eine Reihe von Bemassungen kann auf einmal durch die Shift-Taste markiert werden. Dies erlaubt es sie als Gruppe zu verschieben. Um eine einzelne Bemassung aus der Gruppe zu verschieben, markieren Sie diese mit einem Rechteck und verschieben Sie diese an die neue Position.
Diese Bemassungslinie ist jetzt nicht mehr in der Gruppe enthalten.



Bemassungskette

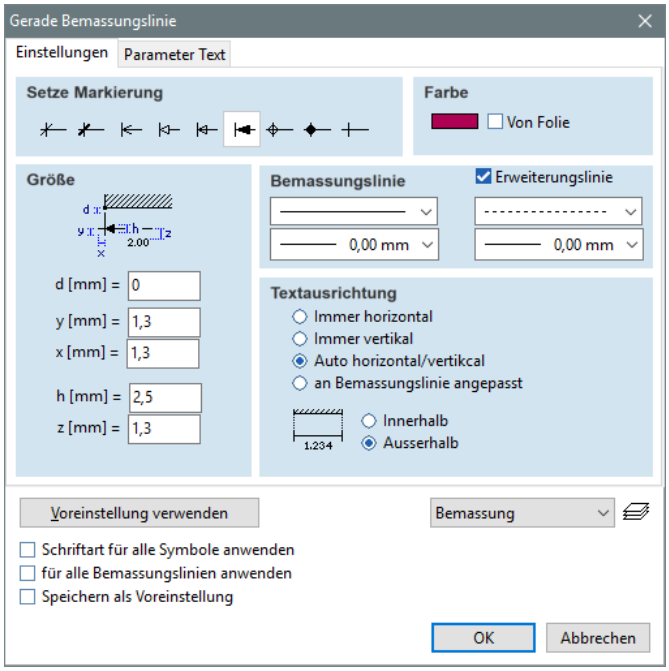
Eine Masskette kann auch durch das Icon erstellt werden. Bei dieser Funktion brauchen nur die Endpunkte der Masskette angewählt zu werden. Alle Zwischenpunkte, die nicht aus einer Netzgenerierung stammen, werden automatisch in die Masskette eingebunden.



Wenn die Masskette durch Punkte erstellt wurde, so ist die voll assoziativ.

Einstellungen gerade Bemasungslinien





Markierung Bestimmt die Linienmarkierung. Sie können aus 9 verschiedenen Symbolen wählen.

Farbe Sie können die Farbe individuell einstellen oder die der Bemassungsfolie zugeordnete Farbe verwenden. Bei Verwendung der Folie kann die Farbe jederzeit noch geändert werden.

Größe Setzen der Abstände der Bemassungslinie.

Bemassungslinie Erweiterungslinie

Setzen des Linientyps der Bemassungs- oder Erweiterungslinie. Sie können einen vordefinierten Typ wählen oder die Voreinstellung verwenden.
Die Erweiterungslinien können ein-/ausgeschaltet werden.

Textausrichtung

Setzt die Textausrichtung. Möglich sind: immer horizontal, immer vertikal, automatisch vertikal/horizontal oder angepasst an Linienrichtung. Zudem kann der Text innerhalb oder ausserhalb der Linie liegen.

Voreinstellung verwenden

Zurücksetzen auf die Voreinstellung.

Schriftart für alle Symbole anwenden

Zuweisen der Schriftart für alle Symbole

Für alle Bemassungslinien anwenden

Setzen der aktuellen Einstellung für alle Bemassungslinien, um ein einheitliches Bild zu erstellen.

Speichern als Voreinstellung

Speichert die aktuelle Einstellung als Voreinstellung.

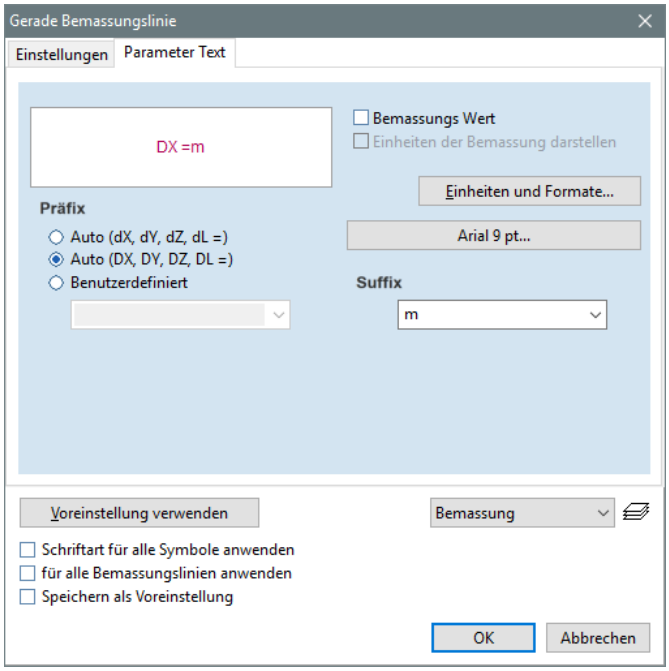
Folien



Auswählen / definieren / setzen der Folie in die die Bemassungslinie eingefügt werden soll. Wenn keine Folien vorhanden sind, wird für die Bemassung automatisch eine Bemassungsfolie angelegt.
Siehe... *3.3.3 Folienmanager*

Textparameter





Setzen der Textparameter der Bemassungslinien.

Masszahl

Bestimmt die Position der Masszahl auf der Bemassungslinie inkl. des Präfix und Suffix. Durch Auswahl des Knopfes *Einheiten und Formate* bestimmen.
Sie die Anzahl der Vor- und Nachkommastellen.
Um die Schrift zu ändern, wählen Sie den Knopf unter *Einheiten und Formate*.

Anzeige der Masseinheit

Zeigt die Masseinheit des gemessenen Wertes an.

Präfix

Setzen des Präfix für die Bemassungslinie. Folgende Optionen stehen zur Verfügung:
Auto (dX, dY, dZ, dL = [Angepasst an die Richtung])
Auto (DX, DY, DZ, DL = [Angepasst an die Richtung])

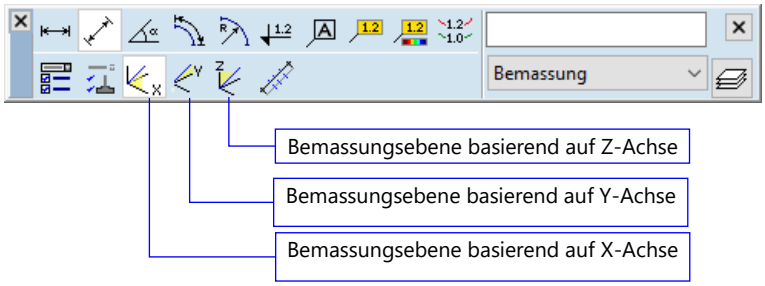
Benutzerdefiniert (Diese Option erfordert eine Benutzereingabe).

Suffix

Setzen des Präfix für die Bemassungslinie.

2.16.11.2. Angepasste Bemassungslinien





Ordnet angepasste Bemassungslinien oder Massketten dem Modell zu.

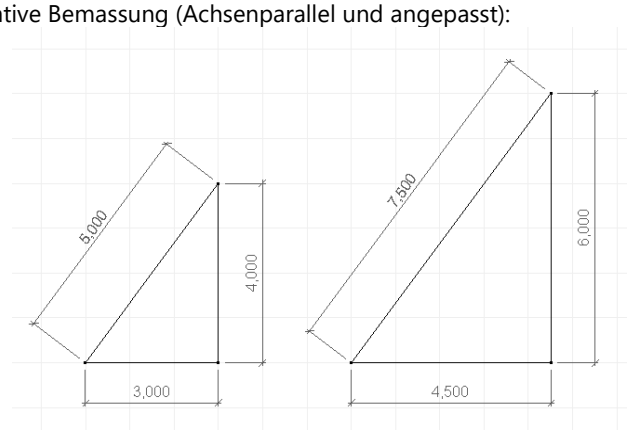


Die Schritte sind die gleichen wie die zur Erstellung achsenparalleler Bemassungen. **Siehe...** *2.16.11.2 Angepasste Bemassungslinien*
Die Ebene der Bemassungslinie wird automatisch bestimmt. Mit einer Ausnahme: Wenn der Bereich nicht parallel mit einer globalen Ebene ist und die Ansicht die Perspektive ist, muss die globale Richtung X,Y oder Z gewählt werden. Die Ebene der zu bemassenden Linie wird dann definiert durch den Abschnitt und die globale Richtung.



Setzen der Bemassungsparameter (**Siehe...** *2.16.11.1 Achsenparallele Bemassungslinien*).
Für angepasste Bemassungslinien wird automatisch das Präfix dL= oder DL= gesetzt.

Ein Beispiel für assoziative Bemassung (Achsenparallel und angepasst):



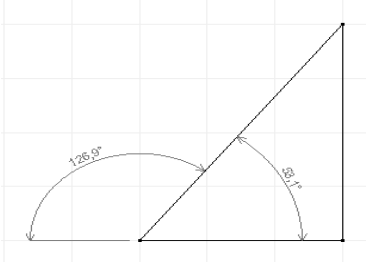
vor der Skalierung *nach der Skalierung*

2.16.11.3. Winkelbemassung



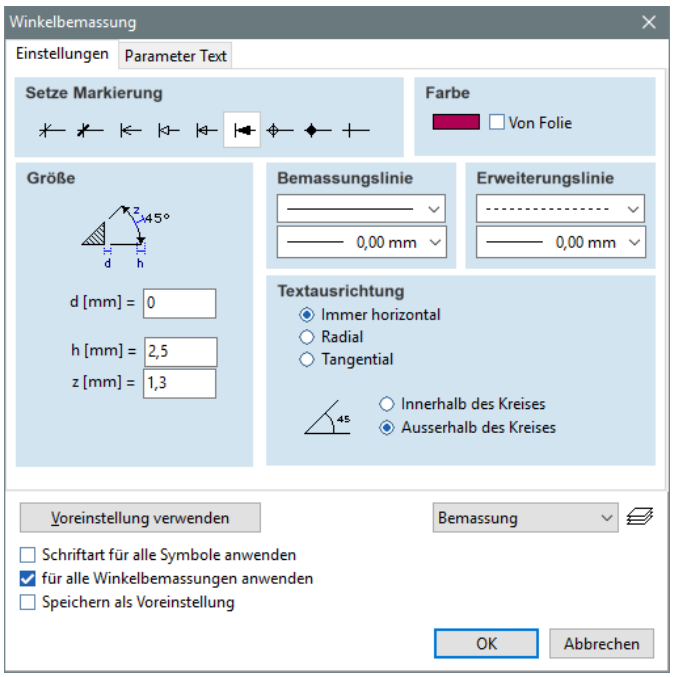
Assoziative Winkelbemassung kann dem Modell wie folgt zugewiesen werden:

1. Wählen Sie den Start- und Endpunkt des ersten Abschnittes. Wenn die Punkte über eine Linie verbunden sind, können Sie auch die Linie wählen.
2. Wählen Sie den Start- und Endpunkt des zweiten Abschnittes. Wenn die Punkte über eine Linie verbunden sind, können Sie auch die Linie wählen.
3. Bewegen Sie die Maus. Die Position und das Winkelmass werden bestimmt. Basierend auf der Mausbewegung wird der Innen- oder Aussenwinkel angezeigt.
4. Klicke Sie die linke Maustaste zur endgültigen Positionierung.





Setzen der Parameter der Winkelbemassung (**siehe auch** *2.16.11 Bemassung, Symbole und Texte).*

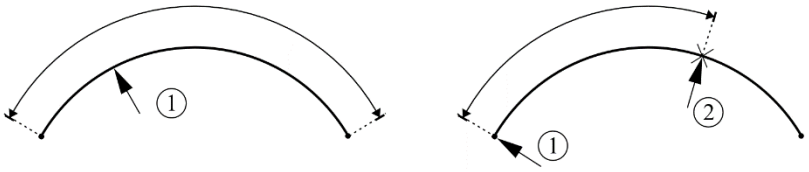


Bestimmt die Position des Winkels auf der Bemassungslinie inkl. des Präfix und Suffix. Durch Auswahl des Knopfes *Einheiten und Formate* bestimmen Sie die Anzahl der Vor- und Nachkommastellen.

2.16.11.4. Bogenlänge



Erstellt Bogenlängenbemassungs-Symbole in Ihrem Modell.
Klicken Sie auf einen beliebigen Bereich eines Kreises, um dieses Symbol einem Vollkreis zuzuordnen und ziehen Sie das Symbol dorthin.
Klicken Sie auf einen beliebigen Bereich eines Bogens, um dieses Symbol zuzuordnen und ziehen Sie das Symbol dorthin.
Klicken Sie auf einen der Endpunkte eines Bogens, um das Symbol einem Teil des Bogens zuzuweisen, klicken Sie dann auf den Bogenmittelpunkt und ziehen Sie das Symbol dorthin.



2.16.11.5. Bogenradius



Erstellt ein Bogenradiusbemassungs-Symbol in Ihrem Modell.
Klicken Sie auf einen beliebigen Punkt des Bogens, um dieses Symbol dem Bogen zuzuweisen und ziehen Sie das Symbol dorthin.

2.16.11.6. Höhen- und Kotenbemassung



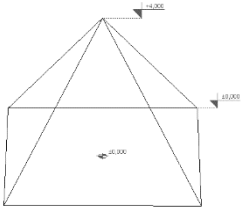
Erstellt assoziative Höhen- und Kotenbemassung

Durch Auswahl des Knopfes *Einheiten und Formate* bestimmen Sie die Anzahl der Vor- und Nachkommastellen. **Siehe...** *3.3.8 Einheiten*

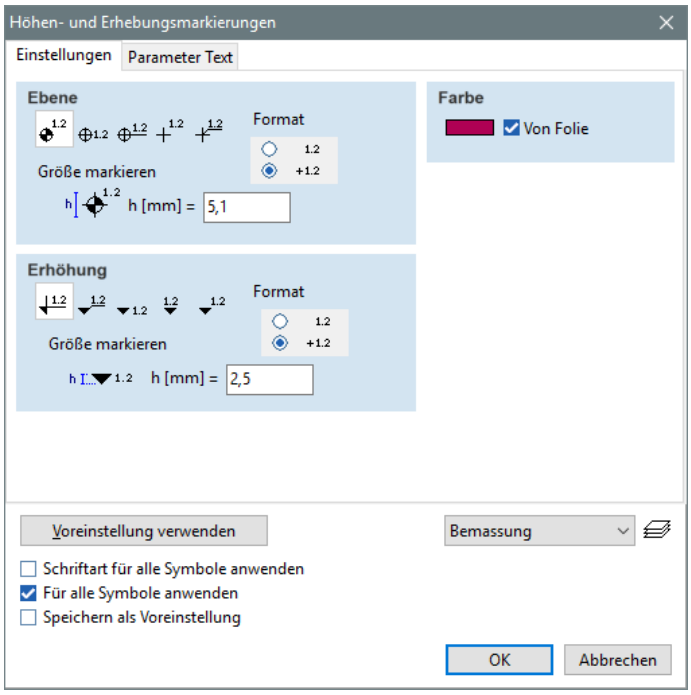
Höhenzeichen können in der Draufsicht durch Wählen eines Punktes gesetzt werden. Die Draufsicht ist die Ansicht in Richtung der Erdanziehung (Sie können diese in *Einstellungen/Erdanziehung* setzen).
Siehe... *3.3.9 Gravitation*

Koten können in der Vorder-, Seitenansicht oder der Perspektive wie folgt gesetzt werden:

1. Markieren Sie einen Punkt
2. Bewegen Sie die Maus an die Position des Kotensymbols. Per Mausklick setzen Sie die endgültige Position.



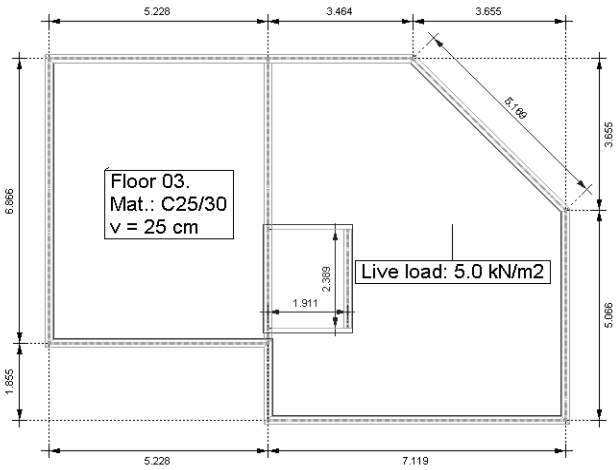
Parametereinstellungen für Höhen- und Kotenbemassung



Höhe Setzt das Höhensymbol und das Format.

Erhöhung Setzt das Kotensymbol und das Format.

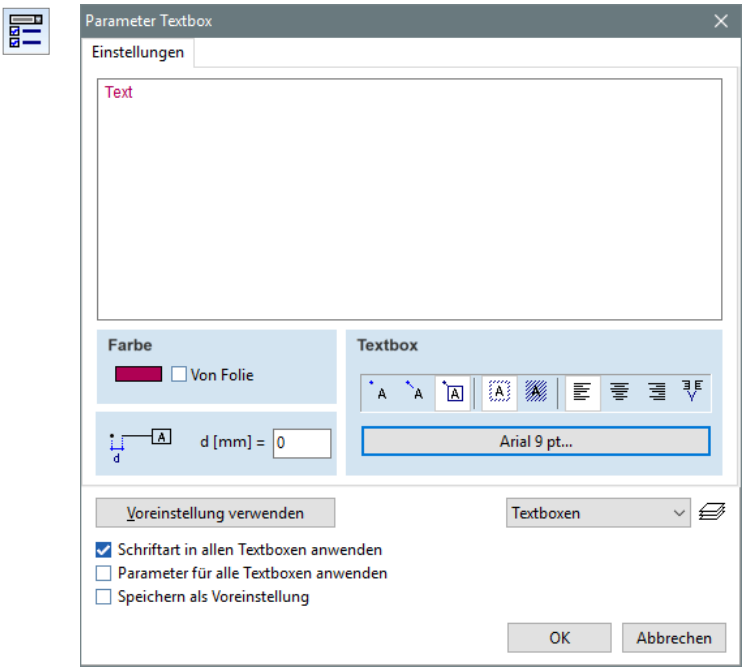
2.16.11.7. Textbox



Erstellt eine assoziative Textbox.
Der Text kann mehrzeilig sein. Der Text einer Textbox hat immer das gleiche Format.

Sie können eine Textbox wie folgt erstellen:

1. Wählen Sie Text im Textboxdialog oder geben Sie den Text direkt im entsprechenden Feld ein.
2. Wählen Sie den Punkt, dem Sie die Textbox zuordnen wollen.
3. Bewegen Sie die Maus an die gewünschte Position. Klicken Sie die linke Maustaste, um die Position endgültig zu bestimmen.



Farbe Setzt die Farbe für den Text, der Rahmen und die Verbindungslinie.
Die Farbe kann auch von der Folie zugewiesen werden.

Textbox Diese Knöpfe setzen die Darstellungsparameter der Textbox, des Rahmens, der Verbindungslinie, die Ausrichtung, die Transparenz und den Abstand der Verbindungslinie von zugeordneten Punkt.

Schrift Setzen der Schrift.

Sie können Voreinstellung laden und wiederherstellen. Auch können Sie die Textparameter allen Textboxen zuweisen.

Aktive Verknüpfungen Aktive Verknüpfungen können in Textfelder platziert werden, um beliebige externe Informationen mit dem Modell zu verknüpfen. Wenn der Text eine Dateireferenz oder eine Verknüpfung mit einer Webseite enthält, wird das Anklicken des Textfeldes das Programm initiieren, die mit der Datei oder der URL verbunden ist und nicht den Dialog oben öffnen. Wenn der enthaltene Text verändert werden soll, wählen Sie zunächst das Textfeld aus (Mit Umschalt+Klick) und klicken dann im Inneren des Textfeldes.

Dateireferenz Eine Dateireferenz besteht aus -> Laufwerksbuchstaben und einem Dateinamen z. B.:
->C:\MyModel\Reports\Details.doc
Wenn kein vollständiger Pfad angegeben ist, beginnt AxisVM im Ordner des Modells. Wenn sich unser Modell also unter *C:\MyModel* befindet, können wir -> *\Reports\Details.doc* eingeben.
Das Anklicken des Textfeldes initiiert die Anwendung, die mit dem Dateityp verbunden ist. Auf diese Weise können Bilder, Filme, Klänge, Excel-Tabellen oder andere Dokumente mit jedem beliebigen Teil des Modells verknüpft werden.

URL Unterstützte Protokolle und Verknüpfungsformate:
http://..., ftp://..., https://..., file://..., www. ...
Durch Anklicken des Textfeldes wird der Standard-Webbrowser initiiert und die Webseite oder Datei geöffnet. Sollten mehr als eine URL im Text enthalten sein, wird die erste URL verwendet.

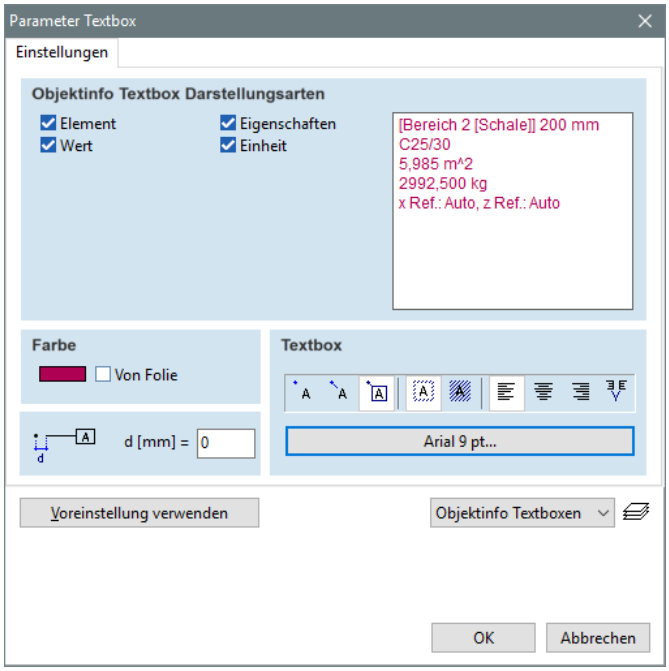
2.16.11.8. Ergebnisse



Objektinfo Textbox

Geometrie, Element- oder Lasteigenschaften erscheinen automatisch in der Textbox, abhängig vom aktuell geöffneten Register (Geometrie, Elemente oder Lasten). Parameter für die Textbox können im Dialog definiert werden.







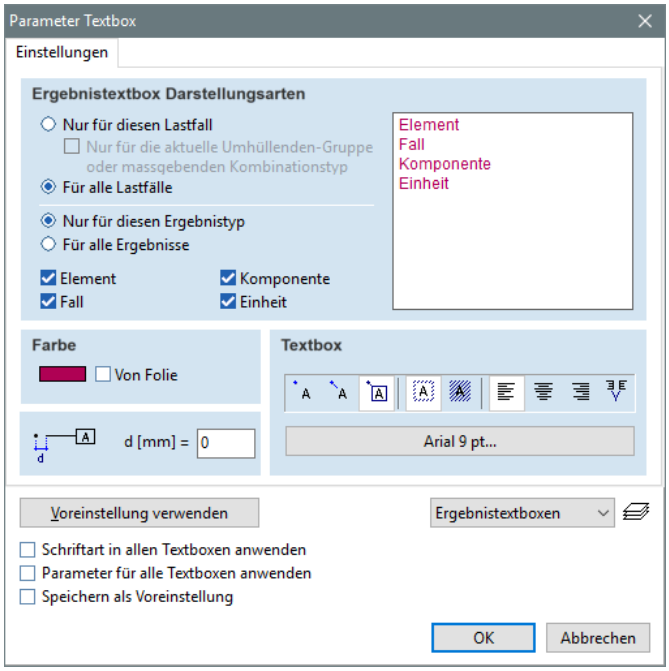
Ergebnisse

Bei der Ergebnisausgabe erhalten Sie automatisch den aktuellen Wert des Knotens, des Mittelknotens, des Elementes oder von Zwischenknoten als Grafikinformation. Dieser Text wird automatisch in die Textbox eingetragen.
Die Schritte zur Erstellung von Ergebnistexten ist ähnlich der der Textbox.

Der Ergebnistext kann für ein oder für alle Ergebnisse gesetzt werden.
Das gleiche gilt für die Lastfälle. Wird zum Beispiel *My* angezeigt und Sie wählen *Nur für diesen Ergebnisty, p* dann wird bei der Darstellung von *Mx* die Ergebnisbox nicht angezeigt. Bei der Auswahl *Für alle Ergebnisse* erscheint die Ergebnisbox auch für *Mx*.

Die Optionen für die Darstellung der Ergebnisse können in der Dialogbox gesetzt werden:





Nur für diesen Lastfall

Die Ergebnisbox wird nur für den Lastfall, die Kombination, die Umhüllende oder den Grenzzustand dargestellt, in welchem sie erzeugt wurde.

Nur für diese Umhüllende oder diesen Grenzzustand

Wenn eine Umhüllende oder ein Grenzzustand ausgewählt ist, führt dies dazu, dass die Ergebnisbox nur in derselben Umhüllenden (z.B. den ausgwählten Kombinationen) oder derselben Grenzzustand (z.B. GZT quasi-ständig) dargestellt wird. Wird diese Option nicht ausgewählt, wird die Ergebnisbox bei jeder Umhüllenden (falls sie mit einer Umhüllenden erzeugt wurde) bzw. bei jedem Grenzzustand (wenn sie mit einem Grenzzustand erzeugt wurde) dargestellt.

Für alle Lastfälle

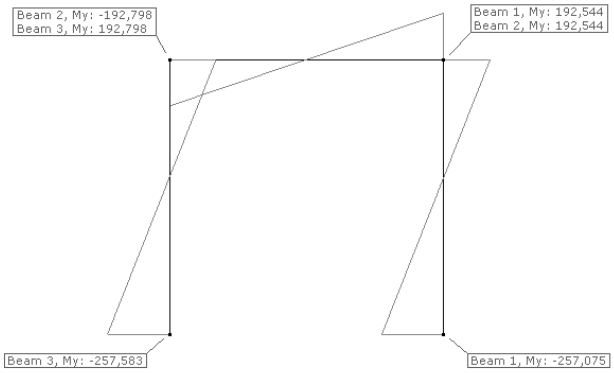
Die Ergebnisbox wird für jeden Lastfall, jede Lastkombination, jede Umhüllende oder jeden Grenzzustand dargestellt.

Nur für diesen Ergebnistyp

Die Ergebnisbox wird nur für das aktuelle Ergebnis angezeigt.

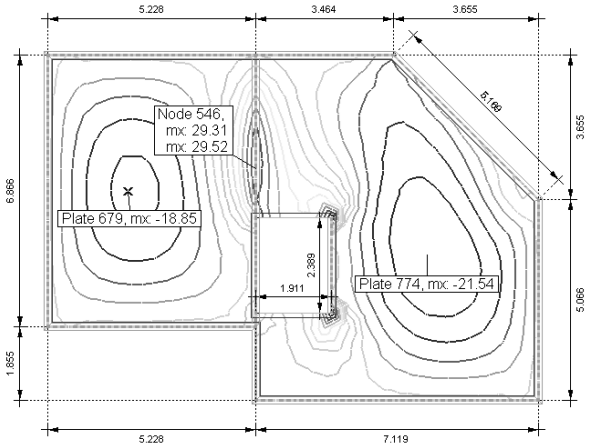
Für alle Ergebnisse

Die Ergebnisbox wird für alle Ergebnisse angezeigt.



Textoptionen für Ergebnisse

Element:	Inkl. Elementtyp und Nummer
Typ:	Inkl. Ergebnistyp
Lastfall:	Inkl. Lastfallname oder Lastkollektivname
Einheit:	Inkl. Einheiten.



Unter dem Schalter *Voreinstellung verwenden* stehen drei Parameterschalter zur Verfügung:

Schriftart in allen Textboxen anwenden

Nach dem Klicken auf den **OK**-Schalter wird in allen Textboxen die gewählte Schriftart angewendet.

Speichern als Voreinstellung

Neue Textboxen werden mit den aktuellen Parametern angezeigt werden.

Parameter für alle Textboxen anwenden

Nach dem Klicken auf den **OK**-Schalter werden alle vorhandenen Textboxen mit den aktuell definierten Parametern dargestellt.

Folienmanager



[F11]

Erlaubt das Definieren von Neuen oder das Modifizieren von vorhandenen Folien. Diese Funktion ist auch wählbar vom Hauptmenü unter *Einstellungen\Folienmanager*.

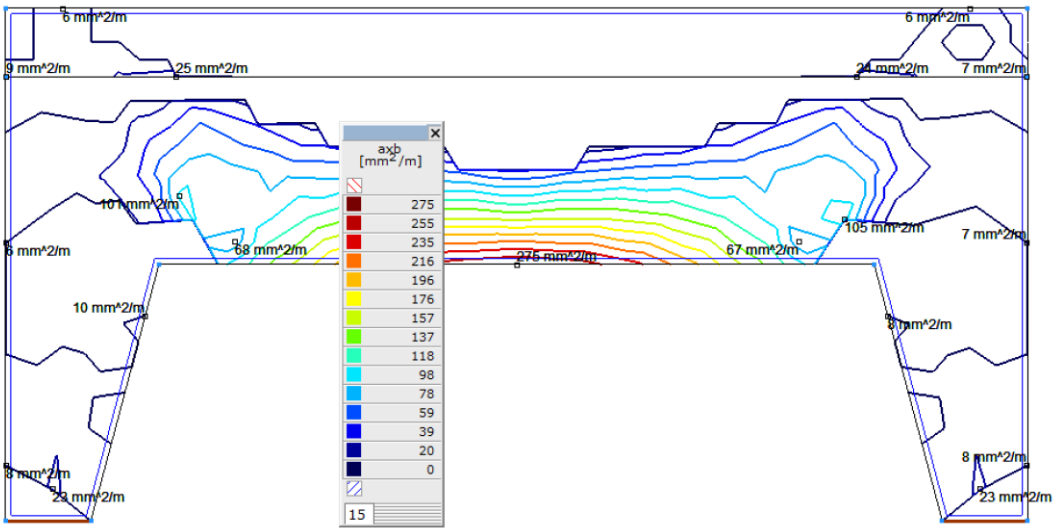
Siehe... *3.3.3 Folienmanager*

2.16.11.9. Isolinienbeschriftung



Erlaubt das individuelle Beschriften von Isolinien-Grafiken

1. Klicken Sie auf das *Isolinienbeschriftungs*-Icon.
2. Klicken Sie Anfangs- und Endpunkt der gewünschten Beschriftungslinie.
3. Die Beschriftung erfolgt automatisch an allen Schnittpunkten zwischen der Beschriftungslinie und den Isolinien.



Automatische Beschriftung der Isolinien kann in dem Fenster der Farblegende aktiviert werden.

Siehe... *2.19.4 Farbskala*

2.16.11.10. Bemassungslinie

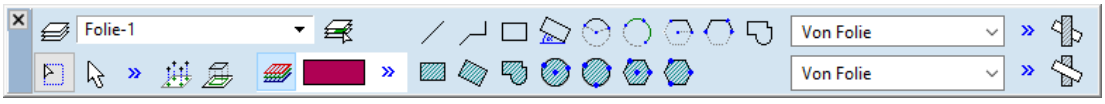


Eigenschaften der Bemassungslinien für Fundamente. Die Einstellungen sind identisch mit den normalen Bemassungslinien.

2.16.12. Hintergrundfolie editieren



Dieser Editor erlaubt Änderungen in den importierten DXF und PDF Folien und ermöglicht das Hinzufügen von neuen Flächen. Hintergrundfolien beinhalten nur Geometrieinformationen und haben in der Struktur keine Bedeutung.





Folienmanager

Öffnet den Folienmanager. **Siehe...** *3.3.3 Folienmanager*

Folie auswählen

Wählen Sie eine Folie aus der Dropdown Liste

Um eine neue Folie zu erzeugen, muss der Folienmanager geöffnet und "*AxisVM Folie einfügen*" angeklickt werden. Danach kann die neue Folie ausgewählt werden

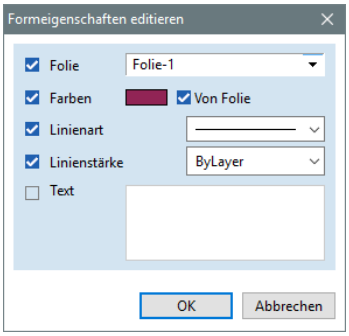


Eine andere Möglichkeit um Folien auszuwählen ist auf das Symbol neben der Dropdown Liste zu klicken und danach auf eine Fläche. Die zugehörige Folie zu der ausgewählten Fläche wird selektiert.



Auswahl

Auswahl über ein Selektionsfenster, welches mit der Maus aufgezogen wird. Wenn diese Auswahl angeklickt wird, öffnet sich das Fenster "Formeigenschaften editieren". Dort können einzelne Elemente in Ihrer Eigenschaft verändert werden.
Um eine spezielle Auswahl vorzunehmen ist der nächste Button "Spezielle Auswahlmethoden" zu wählen.
Rechtsklick auf ein Folienpobjekt öffnet ein Menü.





Spezielle Auswahlmethoden

Das Anklicken dieses Symbols öffnet die Selektionspalette. **Siehe...** *2.16.1 Markierung*
Die Auswahl mit OK beenden und danach ein ausgewähltes Element anklicken um die Eigenschaften anzupassen.



Eigenschaften übernehmen

Auswählen um alle Eigenschaften zu übernehmen. Das Anklicken einer Form übernimmt alle Einstellungen in den Editor.



Punkte der selektierten Formen in AxisVM Knoten konvertieren



Selektierte Geometrien in AxisVM Linien konvertieren

Nach anwählen dieses Symbols erscheint die Selektionspalette. Wenn die Auswahl erfolgt ist, muss OK gedrückt werden. Alle selektierten Formen werden nun als reguläre AxisVM Linien kopiert.



Ausgewählte Objekte nach hinten verschieben

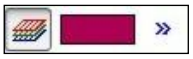


Ausgewählte Objekte nach vorne bringen

Formen löschen

Um Formen zu löschen müssen diese erst ausgewählt werden und anschliessend die delete Taste auf der Tastatur gedrückt werden.

Farbe



Die Stiftfarbe wird verwendet beim Zeichnen der Aussenlinien von Formen und auch, um die Flächen zu schraffieren.
Es gibt drei Möglichkeiten zur Farbwahl:



Setzt die Layerfarbe als Stiftfarbe



Wählt eine Farbe aus dem Dialog



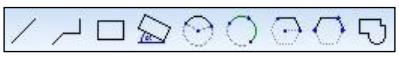
Übernimmt eine Farbe von einer existierenden Form durch anklicken

Linienart
Linienstärke

Zwei Dropdown Listen auf der rechten Seite zeigen die möglichen Linientypen und Linienstärken an. Diese Einstellungen haben keinen Einfluss auf gefüllte Formen, da diese keine Aussenlinien haben.



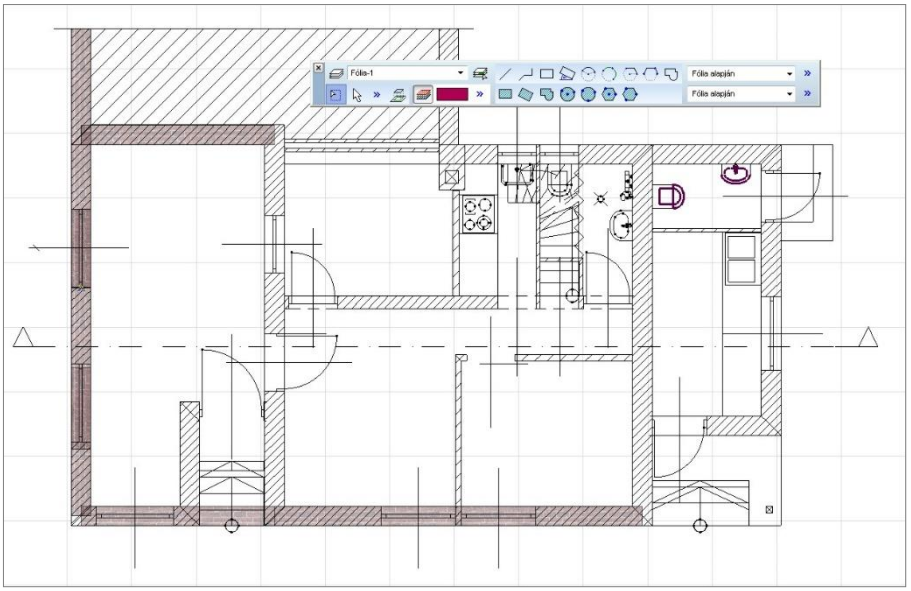
Übernehmen von Linienart und Lnienstärke von vorhandenen Formen.



Toolbar zum Zeichnen von Linien und Umrissen.



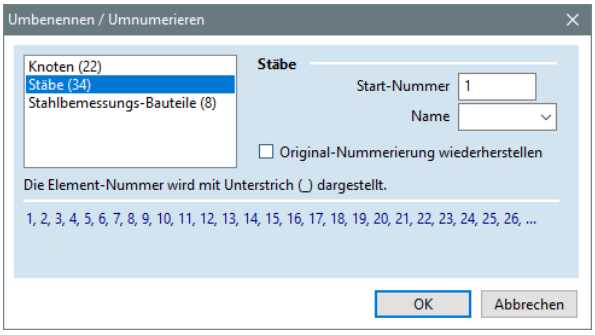
Toolbar zum Zeichnen von gefüllten Formen.



2.16.13. Umbenennen/Umnummerieren



Die Knotenpunkte, Stab-, Fachwerkstab-, Rippenelemente, Knoten-, Linien-, und Flächenauflager, Stahl- und Holzbemessungselemente und Bereiche des Modells können umnummeriert und benannt werden. Standardmässig werden diese Objekte in der Reihenfolge der Generierung durch das Programm numeriert.
Zur Umbenennung und Umnummerierung müssen die betroffenen Knotenpunkte oder Elemente markiert werden, dann in der Symbolpalette auf das Symbol der Funktion geklickt werden.



Eine Liste links auf der erscheinenden Dialogpalette zeigt, wie viele Elemente von den Objekten markiert sind. In der Liste können wir auswählen, was wir umnummerieren möchten.

Start-Nummer Wir müssen die Startnummer angeben. Die markierten Elemente erhalten eine Nummer nach ihrer geometrischen Lage, die mit der Startnummer beginnt und immer um eine Zahl vergrößert wird. Mit der Umnummerierung können auch nicht markierte Elemente betroffen werden, denn kein Element darf dieselbe Nummer tragen.

Name Der Nummer kann ein Name vorangestellt werden, indem der Name gefolgt von einem Unterstrichzeichen eingegeben wird, z.B. wenn die Startnummer 1 ist, und wir N_ als Name, eingeben, erhalten die markierten Elemente N1, N2, N3... Wenn nur ein Element markiert ist, muss der Name nicht unbedingt eine Nummer erhalten. Wenn mehr als ein Element markiert ist, muss der Name eine Nummer erhalten, denn keines der Elemente darf dieselbe Nummer tragen. Wenn wir nur den Namen angeben, wird der Name des Elements die Nummer.

Umnummerierung wiederherstellen Wir schalten die Original-Nummerierung wieder ein und klicken auf die OK Taste, so erhalten die Elemente der markierten Objekte wieder ihre ursprüngliche Reihenummer und die angegebenen Namen werden gelöscht.

Um die Reihenummer und Namen anzuzeigen zu können, muss die Darstellung der Knoten- oder Elementenummern entweder im Menü „Darstellung" der Dialogpalette (**Siehe...** *2.16.18 Darstellung*) oder mit den Schnellschaltern eingeschaltet werden (**Siehe...***2.18 Schnellschalter*).

2.16.14. Detail

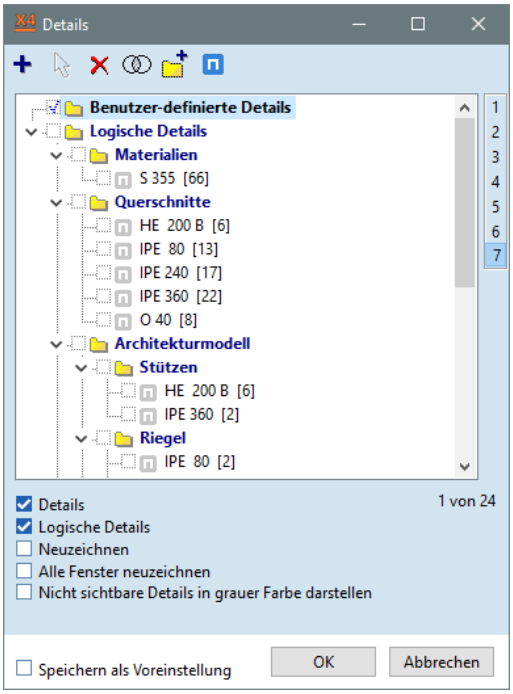


Die Detailansicht ermöglicht die Darstellung eines unabhängigen Teiles des Modells. Dadurch ist es möglich, ein ausgewähltes Teil der Konstruktion allein zu editieren oder die Ergebnisse separat zu behandeln.

Mit dem Dialogfenster kann man das darzustellende Detail oder Details auswählen, definieren, modifizieren und löschen. Zugleich können mehrere Details aktiviert oder inaktiviert werden. Nur die aktivierten Details der Konstruktion werden somit dargestellt. Der Name des aktuellen Details wird im Infofenster angezeigt.

Wenn mehr als ein Detail eingeschaltet ist, werden *n* Details angezeigt, wobei n die Nummer des aktiven Details ist.

Es gibt 2 Arten von *Details*: benutzerdefinierte Details und logische Details. Benutzerdefinierte Details werden vom Anwender erzeugt, indem die Elemente ausgewählt werden, die zum Detail gehören sollen.



Logische Details werden automatisch vom Programm erzeugt, indem Elemente in Kategorien sortiert werden mit unterschiedlichen Kriterien (Material, Schnittpunkte, Dicke, Elementtyp, Geschoss, Optimierungsgruppen, Exzentrizitätsgruppen usw.).

Sie können ein vorhandenes Detail aktivieren, indem Sie seinen Namen in der Liste anklicken.
Details können auch ohne Öffnen der Dialogbox aktiviert werden, indem einfach auf das Detail-Symbol in der unteren Taskleiste geklickt wird.
Die Tiefe der Baumstruktur kann gesetzt werden, indem am rechten Rand des Fensters auf eine Zahl geklickt wird.

Neu



Erstellt ein neues benutzerdefiniertes Detail. Jedes Detail bekommt einen Namen. Danach erfolgt die Auswahl der Objekte, die diesem Detail zugewiesen werden sollen.
Dazu kann die *Werkzeugleiste Auswahl* benutzt werden.

Ändern



Ändern der Objekte, die ein benutzerdefiniertes Detail beinhaltet. Wenn das *Auswahlmenü* erscheint, sind alle Objekte des Details innerhalb des Modells markiert.

Löschen



Löscht ein benutzerdefiniertes Detail aus der Liste. Dieser Befehl hat keinen Einfluss auf das Modell.

☞ ***Falls Segmentschnitt-Resultattabellen ausgewählt sind, werden nur Segmentschnitte angezeigt, welche sich in den aktiven Details befinden.***

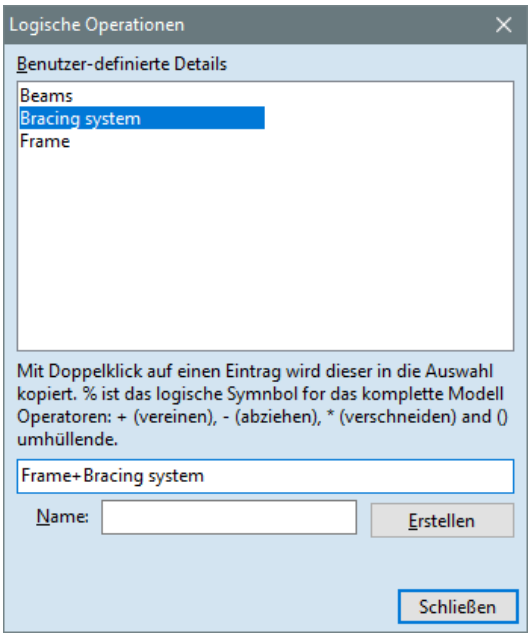
Alles löschen

Löscht alle benutzerdefinierten Details. Dieser Befehl hat keinen Einfluss auf das Modell.

Logische Operationen



Erstellt neue Details durch logische Operationen bezogen auf bestehende benutzerdefinierte Details. Um ein neues Detail zu erstellen, klicken Sie auf den Namen eines bestehenden Details in der Liste, wählen den Operator und wählen danach das nächste Detail.
Die Operationen sind:+ - * und (), siehe Bild. % steht für das gesamte Modell. %-Stützen erstellt ein Detail des gesamten Modells ohne das Detail Stützen.
Wenn Sie Operationszeichen, + - * % oder (), im Detailnamen verwenden, muss der Name in " " stehen.



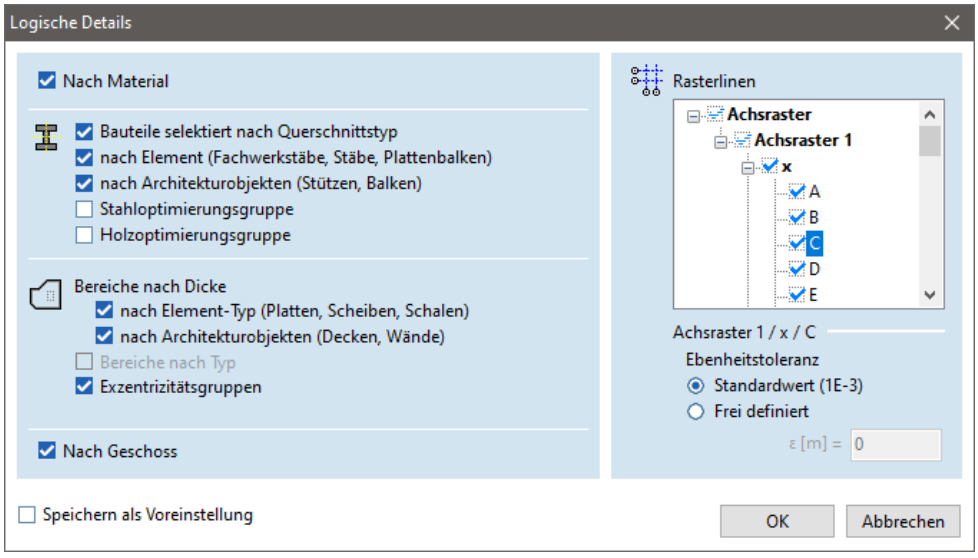
Neue Ordner erzeugen



Neue Ordner erzeugen gibt die Möglichkeit, benutzerdefinierte Details zu sortieren. Details können durch Ziehen an beliebige Positionen im Ordner-Baum verschoben werden. **[Ctrl]** und **[Shift]** erlauben das übliche Mehrfach-Selektionieren.
Das Ein-/ oder Ausschalten von Ordnern hat das Ein-/ oder Ausschalten der darin enthaltenen Details zur Folge.

Logische Details





Dieser Dialog dient dazu, Kriterien für die Erzeugung logischer Details zu setzen.
Architekturobjekte werden durch ihre Geometrie definiert. Vertikale Träger, Stäbe und Fachwerkstäbe werden als Stützen betrachtet, horizontale dagegen als Balken. Bereiche Gebiete in der horizontalen Ebene sind Platten, Bereiche in Flächen, die zu den horizontalen Ebenen senkrecht sind, werden als Wände betrachtet.
Wenn wir Geschosse festgelegt haben, können wir logische Details für Geschosse erzeugen.
Details von Holz- und Stahl-optimierungsgruppen erleichtern das Ändern von Querschnitten einer Optimierungsgruppe. Teile können in *Bereiche nach Typ* (parametrische Rippendecken-Bereiche, Trapezblech-Decken, XLAM-Bereiche, etc.) erzeugt werden oder für *Exzentrizitätsgruppen*, **siehe...** *4.9.6 Bereich*.
Sind im Modell Achsraster enthalten, können die logischen Details auch nach den verschiedenen Rastern definiert zusammengestellt werden. Linienelemente und Bereiche sind nur enthalten, wenn alle Knoten in der gleichen Ebene liegen. Mehrere Raster können selektiert werden (Ctrl+click oder Shift+click auf dem Rasternamen).

Darstellungs-schalter

Der Darstellungsschalter funktioniert wie folgt:

Details

Erlaubt/Sperrt das Arbeiten mit Details. Wählen Sie die Checkbox, um die Einstellung zu ändern.

Logische Details

Schaltet die Anzeige von logischen Details ein bzw. aus.

☞ ***Wenn Sie mit Details arbeiten, werden nur die Objekte in den Tabellen ausgegeben, die zum Detail gehören.***

Ansichten neu zeichen

Jede Änderung bewirkt, das, die Ansicht neu gezeichnet wird. Falls diese ausserhalb des Bildschirm-bereichs ist, wird sie erst nach dem Drücken des **OK** Schalters aktualisiert.

Alle Fenster neu zeichen

Jede Änderung bewirkt, dass alle Fenster neu gezeichnet werden.

Nicht sichtbare Details in grauer Farbe

Alle als nicht sichtbar definierten Details werden zu Orientierungszwecken in hellgrauer Farbe als Drahtmodell dargestellt..

Speichern als Vor-einstellung

Wenn diese Option aktiviert ist, wird der aktuelle Zustand der *Logischen Details*, *Alle aktualisieren* und *Nicht sichtbare Teile grau anzeigen* als Standardeinstellung beim Schließen des Dialogs gespeichert.

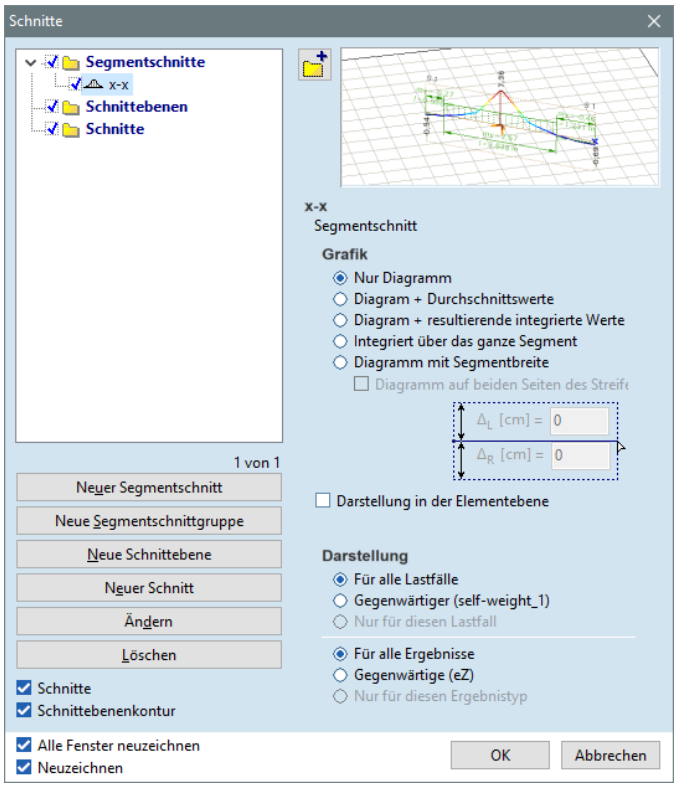
2.16.15. Schnitt



Dient dem Erzeugen von Schnittlinien, Schnittebenen und Segmentschnitten durch irgendein Modell zur Auswertung von Resultaten (Deformationen, Schnittkräfte etc.) Wenn man einen Schnitt definiert, ordnet man ihm zuerst eine Bezeichnung zu (z.B. X-X). Danach werden die gewünschten Schnittkanten markiert. Die markierten Kanten müssen nicht unbedingt eine kontinuierliche Figur ergeben.

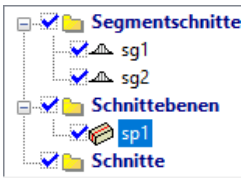
Wenn ein Fachwerkstab, Plattenbalken oder Balken innerhalb des aktiven Schnittes liegt, und wenn der Ergebnistyp Werte für diese Elemente hat, so wird ein Diagramm dieser Linienelemente angezeigt.

Segmentschnitt-Resultate können in der Tabellenansicht angezeigt werden.
Siehe... *6.1.5.1 Resultattabellen von Segmentschnitten*



Der Dialog funktioniert analog wie derjenige für die Definition von Details.

Schnitte, Schnittebenen und Querschnittsteile können auch über den entsprechenden Schnellschalter am unteren rechten Bildschirmende ein- oder ausgeschalten werden. Falls in den Resultatparametern die *Darstellungsweise* ***Schnitte*** aktiviert ist, werden Diagrammdarstellungen nur an entsprechend eingeschaltenen Schnitten angezeigt.

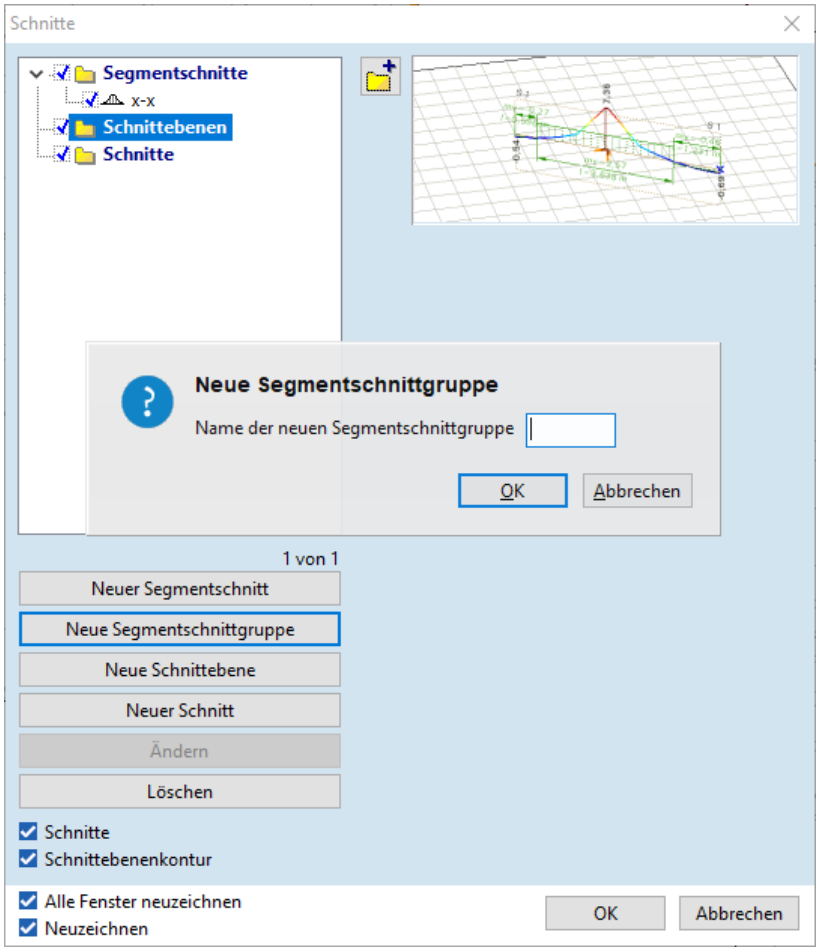


Um die Komplexität der Diagrammdarstellungen einzelner Abschnittlinien zu reduzieren, können Ebenen oder Segmente so gesteuert werden, dass sie nur in bestimmten Lastfällen bzw. für bestimmte Resultatkomponenten angezeigt werden. Segmentschnitte, Schnittebenen und Schnitte werden automatisch in 3 entsprechenden Ordnern abgelegt (Gruppentypen).

☞ ***Definierte Schnitte können nicht in einen anderen Gruppentyp verschoben werden.***

☞ ***Falls Segmentschnitt-Resultattabellen ausgewählt sind, werden nur Segmentschnitte angezeigt, welche sich in den aktiven Details befinden***

Anlegen einer Segmentschnitt-gruppe



Segmentschnitt-Gruppen erleichtern das gleichzeitige Ein- und Ausschalten von Segmentschnitten.
Klicken Sie auf *Neue Segmentschnittgruppe*, geben einen Gruppennamen *(xx)* ein und definieren eine beliebige Anzahl Segmentschnitte. Beenden Sie die Definition durch Drücken von **[Esc]**. Segmentschnitte werden automatisch nummeriert *(xx)* und im Ordner mit Namen *xx* gespeichert. Die Erweiterung einer bestehenden Segmentschnitt-Gruppe ist ebenfalls möglich, indem Sie den Ordner oder ein Element davon auswählen, bevor Sie diese Funktion starten.

Anlegen von Ordnern



Anlegen von Ordnern erlaubt das Sortieren von Schnitten (z. Bsp. nach Geschossen). Schnitte können entfernt oder umorganisiert werden durch deren Ziehen an eine neue Position. **[Ctrl] und [Shift]** erlaubt mehrfache Selektion. Ein- oder Ausschalten von Ordnern bewirkt das Ein- oder Ausschalten der Details in diesen Ordnern

Neuer Segmentschnitt

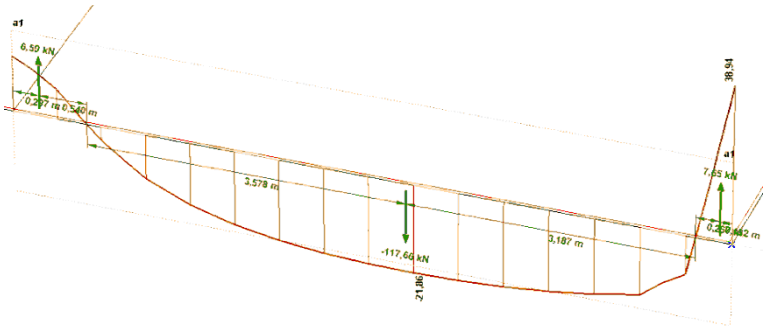
Ein neuer Segmentschnitt kann durch Klicken von zwei Punkten innerhalb eines Bereichs oder innerhalb von Bereichen in der selben Ebene definiert werden. Mit den Auswahlknöpfen kann die Anzeigeart der Resultate gesteuert werden. Der Mittelwert und resultierender integrierter Wert werden über Abschnitte unterschiedlichen Vorzeichens getrennt ermittelt.

☞ ***Wenn Umhüllende oder kritische Lastkombination ausgewählt ist, werden die Umhüllenden oder kritischen Werte für jeden Punkt berechnet (wie im Diagramm dargestellt) und dann integriert. Daher ist der integrierte Wert unwirklich in dem Sinne, dass er aus nicht simultanen Werten berechnet wird.***

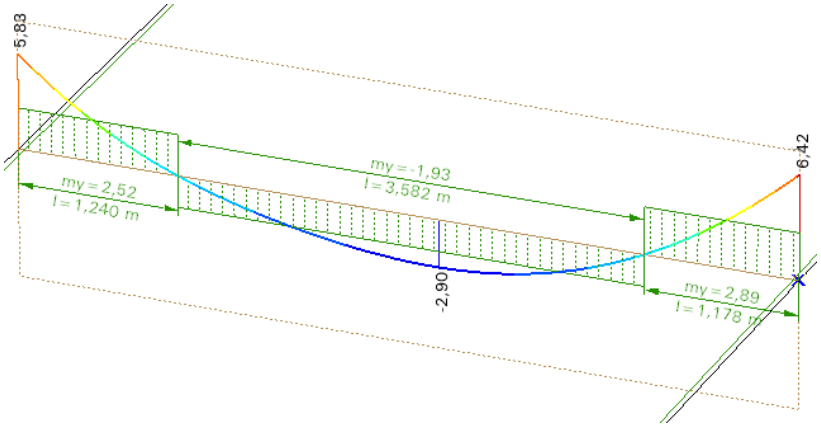
☞ ***Bei der Anzeige kombinierter Erdbebenergebnissen (X, Y, Z, +, -), werden die Werte nach CQC oder SRSS für jeden Punkt kombiniert (wie in der grafischen Darstellung ersichtlich) und anschliessend integriert. Die integrierten Werte sind daher nicht aussagekräftig, da sie anhand von nicht-gleichzeitig wirkenden Lastkombinationen berechnet werden.***

Die linke- und rechte Segmentbreite kann ebenfalls frei gewählt werden. In diesem Fall werden die Diagrammwerte durch Mittelung über die Segmentbreite berechnet. Zur aussagekräftigeren Visualisierung der Segmentbreite kann das Diagramm auch auf beiden Seiten des Streifens dargestellt werden.
Diagramme werden in der Regel lotrecht zu der Elementebene angezeigt, jedoch kann das Diagramm durch Markieren der Option *Diagramm in Elementebene zeigen* in die Ebene rotiert werden. Im Dialog *Parameteranzeige* kann dieser Parameter für alle Abschnittsegmente ein-/ausgeschaltet werden.

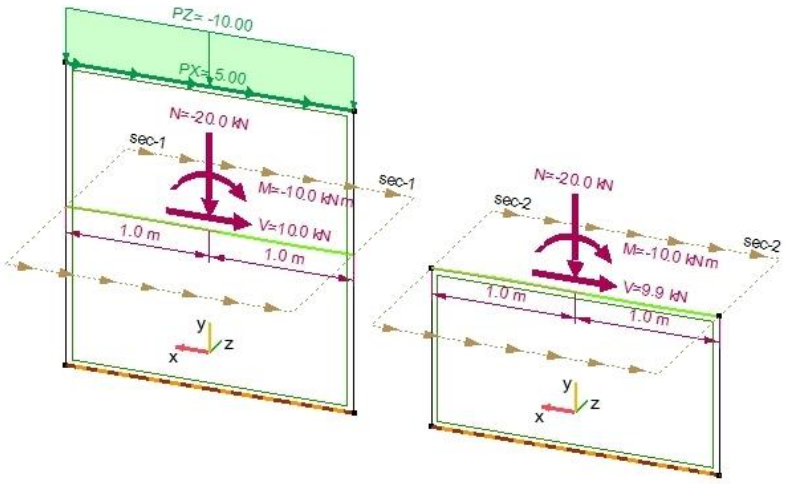
☞ ***Wenn die Option Diagramm in der Elementebene zeichnen ausgewählt ist, kann die Option Diagramm mit Segmentbreite nicht verwendet werden.***



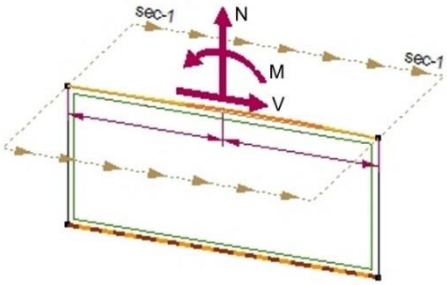
Anzeige der Resultierenden der aufintegrierten Werte



Anzeige der Mittelwerte



Resultierende integriert über das Segment



Der Segmentschnitt teilt den Bereich in zwei Teile. Für die Berechnung wird einer von ihnen entfernt. Der entfernte Teil wird so ausgewählt, dass die lokale Achse senkrecht zum Segmentschnitt (Achse y im Bild gelb gekennzeichnet) vom verbleibenden Teil nach aussen schaut. Die Pfeile werden auf der Seite des entfernten Teils angezeigt. Sie zeigen die Kräfte und Momente welche auf den verbleibenden Teil wirken. Nur der Wert der Normalkraft hat ein Vorzeichen, welches im Falle von Zug positiv ist.

Die Richtung des Segmentschnittes wird durch die Pfeile entlang der Schnittebene dargestellt. Die Richtung des Schnitts wird definiert vom ersten zum zweiten Selektionspunkt. Das nachfolgende Bild stellt die positiven Ergebnissrichtungen der resultierenden Komponenten dar.

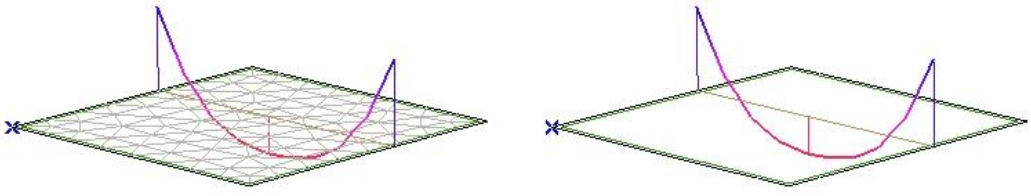
☞ ***Die Resultierende integriert über das Segment wird nur für Segmentschnitte angezeigt, welche parallel zur lokalen x- oder y-Achse liegen.***

☞ ***Ist eine Umhüllende oder Massgebende ausgewählt, können die Ergebniskomponente nur für Min oder Max dargestellt werden (nicht Min/Max). Die einzelnen Werte der drei Ergebnisse sind nicht verbunden.***

☞ ***Wenn Umhüllende oder kritische Lastkombination ausgewählt ist, wird der resultierende Wert für jede Umhüllende oder kritische Lastkombination über das Segment integriert und dann wird das Minimum oder Maximum angezeigt. Daher gehört das angezeigte Ergebnis nur zu einer Lastkombination und ist unabhängig von dem angezeigten Diagramm, das nicht-simultane Werte enthält.***

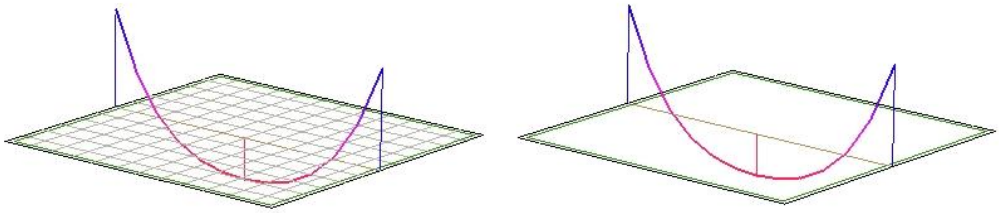
☞ ***Bei der Anzeige kombinierter Erdbebenergebnissen (X, Y, Z, +, -), werden die Werte nach CQC oder SRSS für jeden Punkt kombiniert (wie in der grafischen Darstellung ersichtlich) und anschliessend integriert. Die integrierten Werte sind daher nicht aussagekräftig, da sie anhand von nicht-gleichzeitig wirkenden Lastkombinationen berechnet werden.***

Neuer Schnitt Klicken Sie *Neuer Schnitt* und bestätigen Sie den Namen des Schnittes. Dann wählen Sie **OK** im Auswahl-Dialog. Ein Schnitt muss nicht unbedingt eine kontinuierliche Linie sein.



Neue Schnittebene

Beim Definieren einer Schnittebene soll man zuerst einen Namen für die Ebene angeben, dann mit zwei Punkten in einer Ansicht sie aufspannen.
Bei einer Perspektivdarstellung soll die Schnittebene mit drei Punkten definiert werden. Während der Ergebnisdarstellung wird die Schnittebene auf dem Bildschirm mit einem Rechteck mit gestricheltem Umriss dargestellt (diese Darstellung ist wahlweise ein- und ausschaltbar).
Die Schnittebene schneidet das ganze Modell durch. Entlang der Schnittlinie werden die ausgewählten Ergebniskomponenten dargestellt.

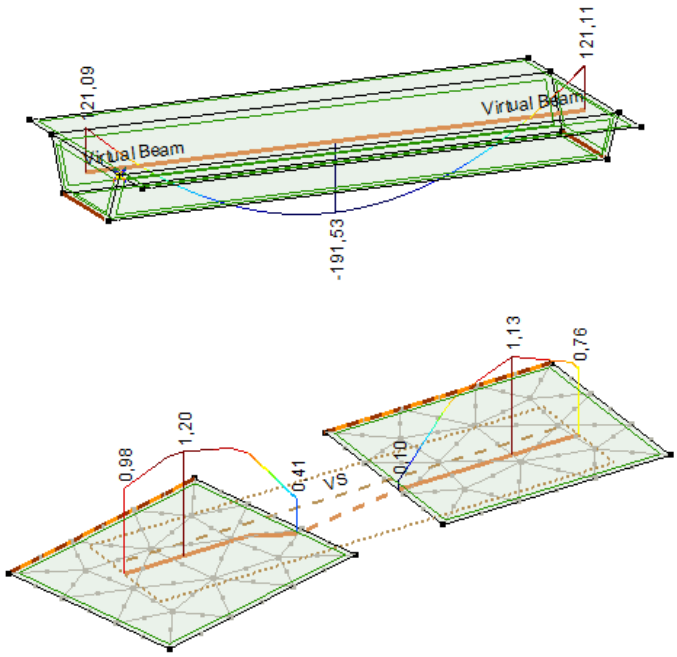


Schnittebenen sind sinnvoll, wenn Sie die Gesamtstruktur einblenden wollen, die Ergebnisse aber nur entlang einer Schnittlinie sehen möchten.

☞ ***Die Ausrichtung der Schnittlinie steht in keinem Zusammenhang mit den dargestellten Ergebniskomponenten.***

2.16.16. Virtuelle Stäbe

Virtuelle Stäbe werden für Ergebnisse von Flächentragwerken verwendet, wenn diese wie Balkenergebnisse dargestellt werden sollen. Nach Ermittlung der Flächenkräfte erzeugt das Programm rechtwinklig zur Stabrichtung Schnitte und fasst die Schnittkräfte zusammen auf den Massenschwerpunkt des Schnittes. Virtuelle Streifen verhalten sich ähnlich, aber gehen nicht bis zur Grenze des Flächenelements sondern nur bis zu einer begrenzten Breite (ΔL und ΔR). Wenn sichtbare Details Bereiche mit virtuellen Stäben enthalten, können die einzelnen Schnittkräfte in den Ergebniss-komponenten für den virtuellen Stab selektiert werden.



Ergebnisstabellen von virtuellen Stäben können angezeigt werden.
Siehe... *6.1.5.1 Resultattabellen von Segmentschnitten*

Neuer Virtueller Stab

Einen Namen eingeben und die Bereiche selektieren, durch die der Virtuelle Stab laufen soll. Die Achse des Virtuellen Stabs muss nicht zwangsläufig eine gerade Linie sein, der Typ kann eingestellt werden.
Siehe... *4.9.22 Referenzen*

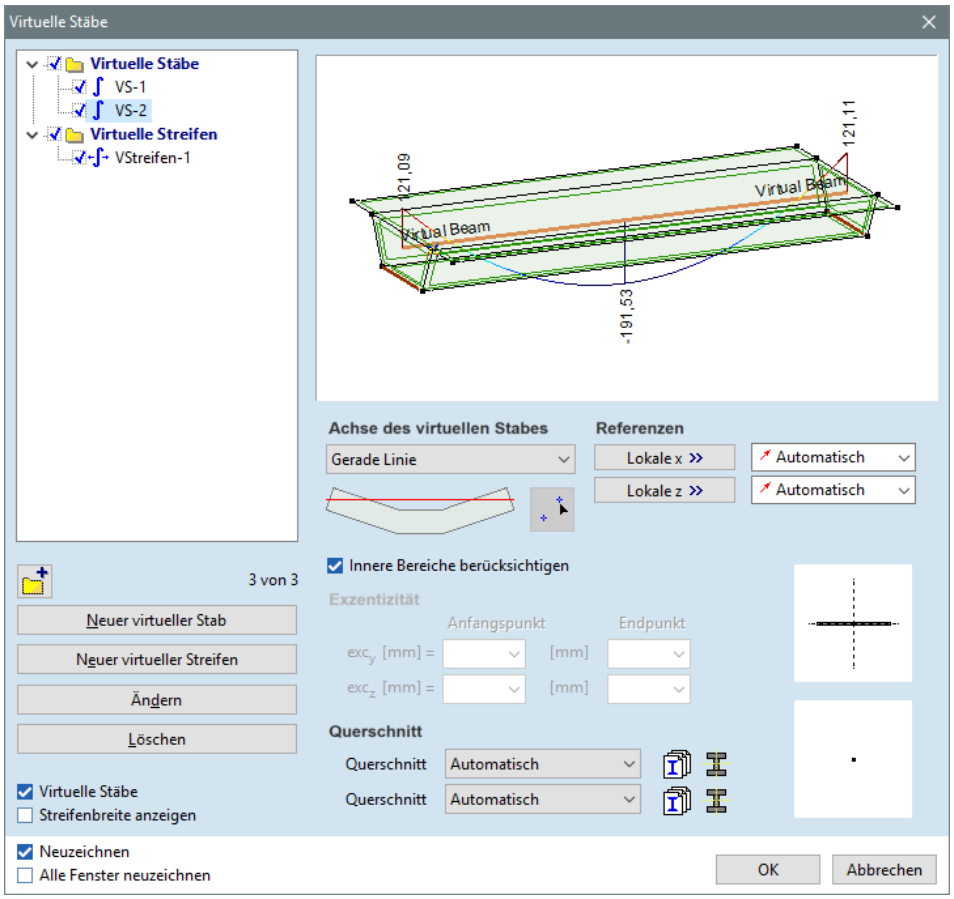
Neuer Virtueller Streifen

Einen Namen eingeben und dann einen Anfangs- und Endpunkt des Streifens anklicken. Diese Punkte definieren die Achse des Virtuellen Streifen. Falls die Punkte auf unterschiedlichen Bereichen liegen, so müssen diese Bereiche in einer Ebene liege. Die Streifenbreite Δ_L und Δ_R werden automatisch auf 0.5m gesetzt, können aber angepasst werden.

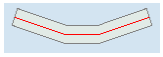
☞ ***Virtuelle Stababschnitte werden aus Bereichen mit und aus solchen ohne Netz erstellt. Virtuelle Streifen erfordern ein Netz.***

☞ ***Die Definition von virtuellen Stäben und Streifen ist in unvernetzten Bereichen viel schneller, da das Programm dann die Schnittmengen mit allen finiten Elementen erst nach der Netzgenerierung berechnet, nicht zum Zeitpunkt der Definition.***

☞ ***Objekte können nicht in eine Gruppe unterschiedlichen Typs gezogen werden.***



Reduktionsachse von vituellen Stäben



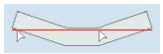
Mittellinie: Die Achse entspricht der Mittellinie des virtuellen Stabes. Das lokale System des virtuellen Stabes kann unabhängig von der Achse eingestellt werden, indem die lokale x- und z-Richtung unter Refernzen eingestellt wird.



Gerade Linie: Das Programm schneidet den Bereich entlang der lokalen x-Richtung, rechteckig zur x-Richtung. Der Querschnitt an einem bestimmten Punkt besteht aus der Schnittfläche zwichen dem Bereich und der Querschnittsebene. Der erste und der letzte nicht-leere Querschnitt definieren den Start- und Endpunkt des virtuellen Stabes. Die Achse des virtuellen Stabes ist eine gerade Linie zwischen den Gravitationszentren des ersten und des letzten Abschnittes. Die Achse hängt von der lokalen x-Richtung ab ist aber nicht zwingend parallel dazu.



Punkt und Verschiebungsvektor: Die Achse geht durch einen definierten Punkt und ist parallel zu einem gewählten Verschiebungsvektor.

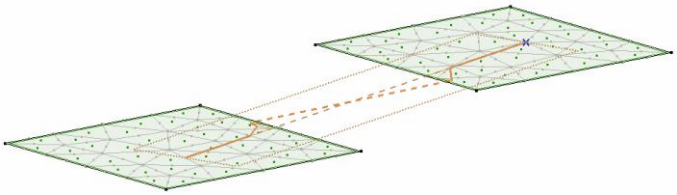


Zwei Punkte: Die Achse verläuft durch zwei gewählte Punkte.

Reduktionsachse von vituellen Streifen

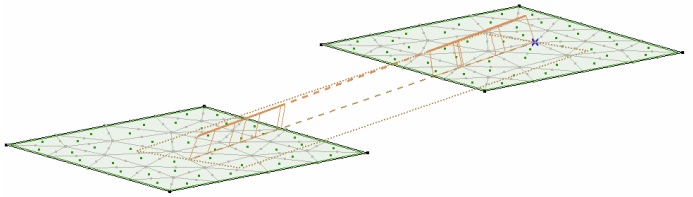


Mittellinie: Die Reduktionsachse stimmt mit der Mittellinie des virtuellen Streifens überein, d.h. der Sammlung der Schwerpunkte der Querschnitte senkrecht zu der durch die beiden Endpunkte des Streifens definierten Linie.



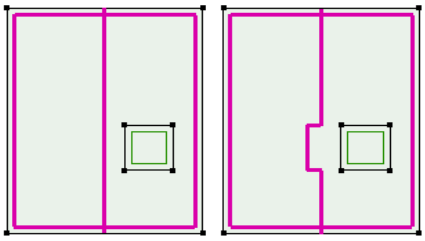


Exzentrisch: Die Erzeugung von Segmenten ist identisch, aber die Schnittgrößen werden auf ein Liniensegment reduziert, das exzentrisch zu demjenigen ist, das die Endpunkte des Streifens verbindet. Die Exzentrizität wird durch den Versatz der Endpunkte des Bandes bestimmt.



Innere Bereiche berücksichtigen

Bei Auswahl dieses Punktes berücksichtigt das Programm auch nicht selektierte innere Bereiche für das Bestimmen der Mittellinie. Bei Nichtauswahl werden diese Bereiche vernachlässigt und auch für die Integration nicht berücksichtigt.



Die gleichen virtuellen Stäbe mit (links) und ohne (rechts) Berücksichtigung der inneren Bereiche.

Referenzen

Referenzen werden automatisch eingestellt. In der Grundeinstellung ist die lokale x-Richtung von virtuellen Stäben parallel zur längsten Seite der Begrenzung der ausgewählten Bereiche im globalen Bereich. Die lokale y- und z-Richtung werden auf die gleiche Art bestimmt wie die automatischen Referenzen für Stabelemente. Die Referenzen können angepasst werden (**Siehe...** *4.9.22 Referenzen*)
).

Querschnitt

Für virtuelle Stäbe und Streifen kann ein benutzerdefinierter Querschnitt definiert werden. Dieser Querschnitt kann über das COM-Interface eingelesen und in externen Planungsprogrammen verwendet werden.

Neuen Ordner erzeugen



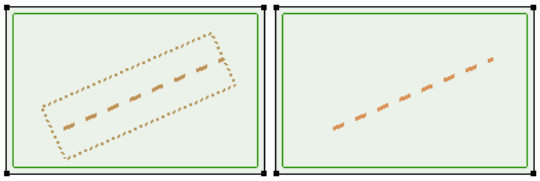
Mit Ordnern können die Virtuellen Stäbe sortiert werden. Virtuelle Stäbe können auch umsortiert werden, in dem diese einfach in eine andere Gruppe (gleichen Typs) gezogen werden. Diese Ordner können dann mit allen enthaltenden Virtuellen Stäben ein- oder ausgeschaltet werden. **[Ctrl]** und **[Shift]** erlaubt Mehrfachselektionen wie in Windows üblich.

Virtuelle Stäbe

Ein- oder Ausblenden der virtuellen Stäbe im Modell.

Streifenbreite anzeigen

Ein- oder Aublenden der Breite virtueller Streifen.

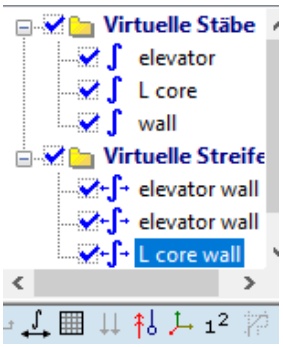


Der gleiche virtuelle Streifen mit (rechts) und ohne (rechts) Anzeigen der Streifenbreite.

Schnellknopf



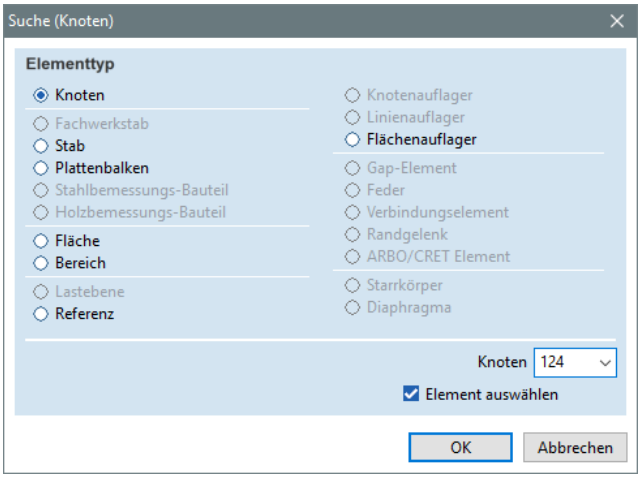
Ein zugeordneter Schnellknopf unten rechts erlaubt das Ein- und Ausschalten von virtuellen Stäben/Streifen. .



2.16.17. Suchen

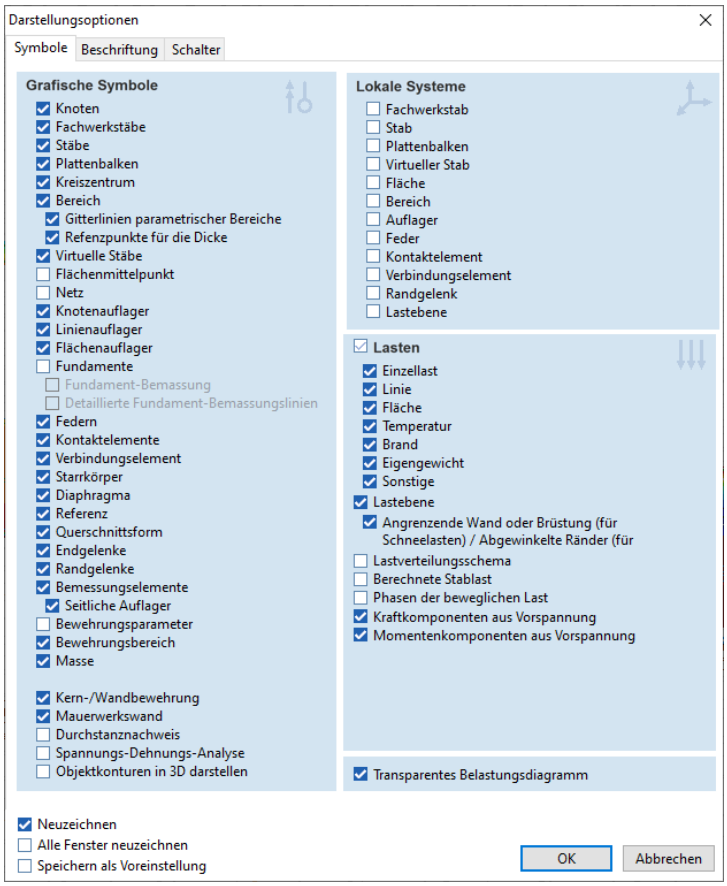


Die Funktion sucht den mit seiner Nummer angegebenen Knotenpunkt oder ein finites Element und sie positioniert den Cursor (Pfeil/Fadenkreuz) darauf. Falls Element auswählen aktiviert ist, wird das gefundene Element aktiviert (pinkfarbig dargestellt).



2.16.18. Darstellung





Symbole

Darstellung der ausgewählten Symbole.

Übliche Symbole können mit Hilfe der Schnellwahltaste sichtbar/unsichtbar geschaltet werden. 
Symbole können benutzerdefiniert werden. Siehe *Einstellungen/Grundeinstellungen/Grapfische Symbole*



Graphische Symbole

Knoten
Die Darstellung der Knotenpunkte (kleine schwarze Quadrate).

Fachwerkstäbe, Stäbe und Plattenbalken
Anzeige von Linienelementen

Flächenmittelpunkt
Die Darstellung des Mittelpunktes der finiten Elemente. (Kennzeichenpunkt).

Bereich
Der Bereich wird durch eine Umrisslinie, die innerhalb der Konturenlinien läuft, dargestellt.
- Die Farbe des Umrisses zeigt den Typ der Fläche:
  Platte = rot,
  Scheibe = blau,
  Schale = grün.

Rasterlinien von parametrischen Bereichen
- Rasterlinien werden in der Farbe des Flächentyps angezeigt. Rasterlinien parametrischer Rippenbereiche oder zusammengesetzter Rippenbereiche sind dicke Linien, Rasterlinien von Hohlkern-Bereichen sind dünne, gestrichelte Linien.

Referenzpunkte für Dicke
- Dicken-Referenzpunkte, die beim Definieren von Bereichen mit variabler Dicke angegeben werden, werden als dünne x-Kreuze angezeigt, welche mit einer braunen, gestrichelten Linie gezeichnet und durch dünne gestrichelte braune Linien verbunden sind. Der Wert der Dicke wird nur angezeigt, wenn *Eigenschaften / Dicke* in den *Darstellungsoptionen / Beschriftungen* aktiviert ist.

Virtuelle Stäbe
- Die Achse des virtuellen Stabs ist als dicke, hellbraune Linie gezeichnet.

Kreiszentrum
- Aktiviert die Anzeige von Kreiszentren als kleine Kreuze.

Netz
Einblenden der internen Linien des Netzes.
- Im ausgewählten Zustand sind nur die Konturlinien der Konstruktion sichtbar.
  Ist es nicht ausgewählt, wird das Netz nicht dargestellt.

Knotenauflager
Aktiviert die Anzeige von Knotenauflagern.
- dicke Linie in der Auflagerungsachse
  Farben: Verschiebungslager = gelb, gelenkiges Auflager = orangefarbig

Linienauflager
Aktiviert die Anzeige von Linienauflagern.
- dicke Linie am aufgelagerten Rand
  Farben: Verschiebungslager = gelb, gelenkiges Auflager = orangefarbig

Flächenauflager
Aktiviert die Anzeige von Fächenauflagern.
- Flächenauflager werden als orangefarbige Schraffur dargestellt.

Fundament
- Fundamente, die über dem Register Bewehrung erzeugt wurden, erscheinen mit der richtigen Größe und Form.
  Bemassungslinien
  - Schaltet die Bemassungslinien an.

Verbindungselement

- ***Knoten-Knoten-Verbindungselemente*** werden als blaue Linien dargestellt mit einer Pfeilspitze, welche die Richtung (Master-Slave) der Verbindung anzeigt.
  Linien-Linien-Verbindungselemente werden als blaue Linien dargestellt mit einer Pfeilspitze, welche die Richtung (Master-Slave) der Verbindung anzeigt und punktierte Linien an den Enden des Verbindungsbereiches**.**

Starrkörper

- Ermöglicht die Ansicht von starren Körpern. Sie erscheinen als dicke schwarze Linien.

Diaphragma

- Ermöglicht die Ansicht von Diaphragmen als graue gestrichelte Linien.

Referenz

Die Darstellung der Referenzen.

- Bezeichnung: roter Vektor Kreuz, Dreieck

Querschnittsform

Die Darstellung der Form der Querschnitt des Stabs/ Fachwerkstabs.

- Die Darstellung der Querschnittsform in Massstab. Bei den benutzerdefinierten Querschnitten wird nur das querschnittsumhüllende Rechteck gezeichnet.

Gelenke

Aktiviert die Darstellung von Stab-Endgelenken und Randgelenken

***Stab-Endgelenke*:**

- Blauer Kreis: Gelenk
  Bl. Kreis + Kreuz: Halbsteifes Gelenk
  Roter Kreis: Kugelgelenk
  Blauer Vollkreis: Plastisches Gelenk

***Randgelenke*:**

- Kreis mit Linie in Richtung des Gelenkrandes.

Konstruktionselemente

Einschalten der Darstellung von Konstruktionselementen aus Stahl und Holz.

Konstruktionselemente

Einschalten der Darstellung von Konstruktionselementen.

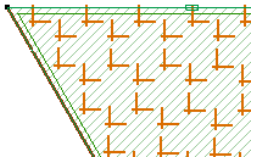
- Orangefarbige Linie entlang der Konstruktionselemente.

Bewehrungsparameter

Er zeigt die Zuordnung der Bewehrungsparameter zum Flächenelement.

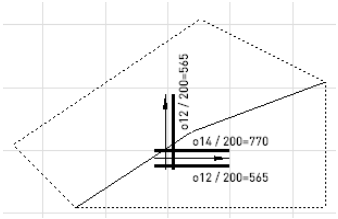
Bewehrungsparameter

- Aktiviert die Anzeige von zwei gekreuzten geraden Linien an Flächenmittelpunkten, denen Bewehrungsparameter zugewiesen sind. Die Richtung dieser Linien gibt die definierten Bewehrungsrichtungen an.
  Siehe... *6.5.1 Parameter der Flächenbewehrung und Bewehrungsberechnung - RC1 Modul*



Bewehrungsbereich

- Ermöglicht die Ansicht von netzunabhängigen Bewehrungsbereichen als gestrichelte braune Umrisslinien. Obere und untere x- und y-Bewehrung wird auch angezeigt. Zwei Spitzen des Polygons werden am Mittelpunkt durch braune Linien verbunden.



Masse

Die Darstellung der an den Knotenpunkten definierten konzentrierten Massen

- Bezeichnung: mit rotem Kreis

ARBO-CRET Elemente

Aschwanden ARBO-CRET Elemente werden im Modell dargestellt.

- Eine schematische Darstellung der Elemente wird angezeigt.

AirDeck Elemente

Airdeck Elemente welche im Modell platziert sind.

- Hohlkörper werden als Kreise in der Gitternetzdarstellung angezeigt und als Kugeln in der gerenderten Ansicht.

Objektkonturen in 3D darstellen

Anzeigen des statischen Modells als 3D-Drahtmodell mit Querschnittskonturen (Quer schnitt, Dicke, Exzentrizität prüfbar). Die Farben sind abhängig vom architektonischen Typ (Stütze, Träger, Wand, Decke).

Bewehrung von Kernen und Wänden

Für eine detaillierte Beschreibung, **siehe**... *6.5.15 Bemessung von Stahlbetonkernen und -wänden – RC5 modul*

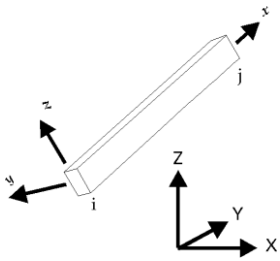
Parameter der Spannungs-Dehnungs-Berechnung

- Strukturelemente mit Spannungs-Dehnungs-Parametern werden im Hauptfenster mit Zickzack-Linien angezeigt.

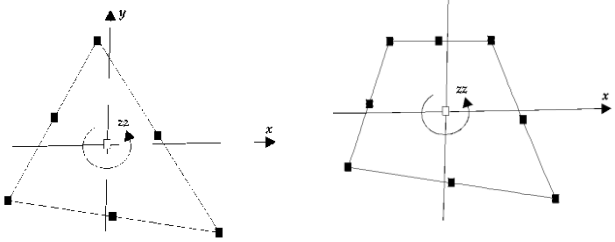


Lokale Systeme

Zeigt die lokalen Koordinatenachsen von den ausgewählten finiten Elementen.



Lokales Koordinatensystem eines Stabelementes

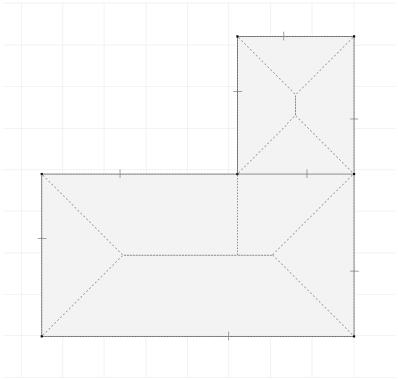


Lokales Koordinatensystem eines Flächenelementes



Lasten

Die Anzeige der Lastensymbole kann für jeden Lastentyp einzeln eingestellt werden (konzentriert, auf einer Linie verteilt, auf der Oberfläche verteilt, Temperatur, Eigengewicht, bewegliche Lasten, Vermischtes (Längenänderungen, Spannung / Kompression).
Zur Anzeige der Oberflächenlastenverteilung über Bögen (siehe Diagramm rechts) prüfen Sie die *Lastenverteilung*. Zur Anzeige der abgeleiteten Bogenlast prüfen Sie *Abgeleitete Bogenlast*.



Lastebene

Die Aussenlinien der Lastebene sind dick gestrichelte türkise Linien. Wenn Lastebenen Flächen anschliessen, erscheinen kleine Rechtecke an der Aussenkante um die Verbindung zu zeigen.

Angrenzende Wand oder Brüstung (für Schneelasten)

Die Aussenkanten der Lastebenen mit angrenzenden Wänden oder Brüstungen können angeklickt werden um eine Schneelast zu erzeugen. Diese Kanten werden mit einem hellbraunen Rechteck entlang der Kante markiert.

Berechnete Stablast

Anzeige der übergebenen Stablasten.

Phasen der beweglichen Last

Wenn diese Option eingeschaltet ist, werden alle Phasen der beweglichen Lasten in grau angezeigt. Wenn diese Option ausgeschaltet ist, wird die bewegliche Last nur in der Position anzeigt, die durch den aktuellen Lastfall bestimmt wird.

Ansichten neuzeichnen

Mit dem Aktivieren der Funktion *sofort Aktualisieren* werden alle Änderungen in dem aktiven Fenster sofort dargestellt.

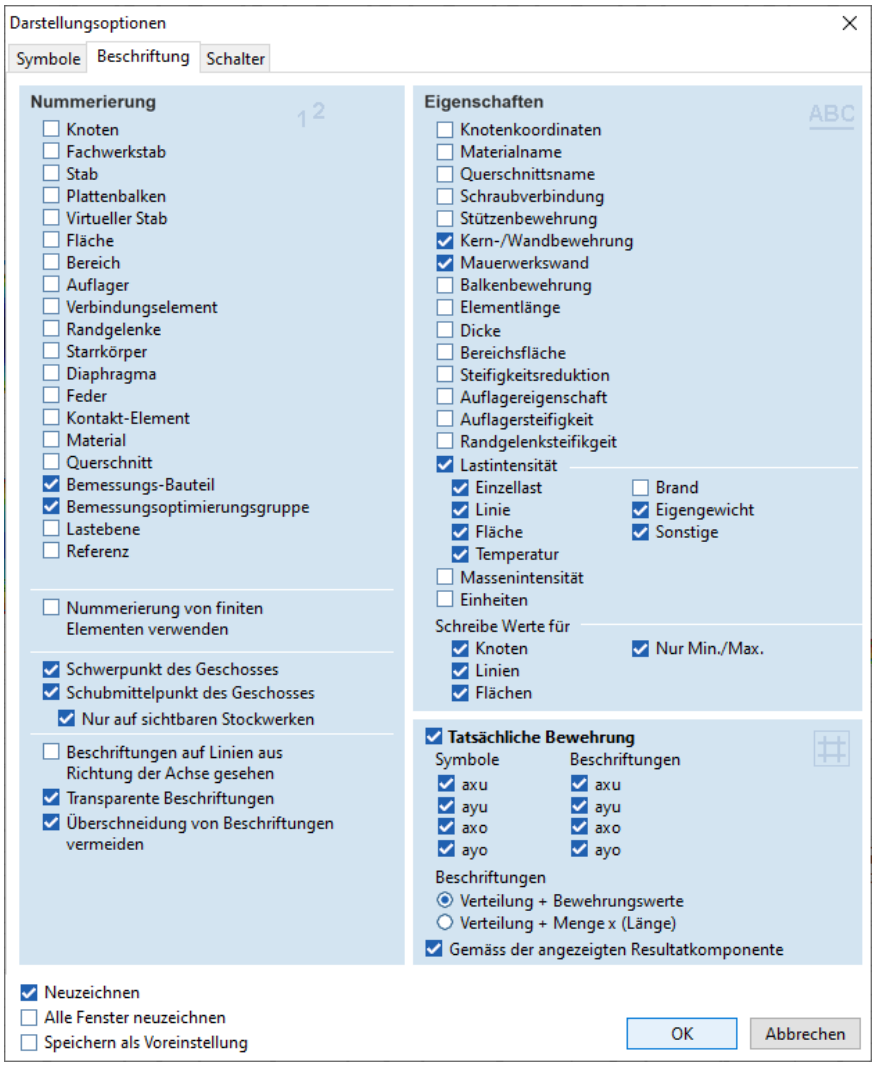
Alle Fenster neuzeichnen

Mit dem Aktivieren der Funktion *in allen Fenstern* werden die Änderungen in allen geöffneten Fenstern dargestellt.

Speichern als Voreinstellung

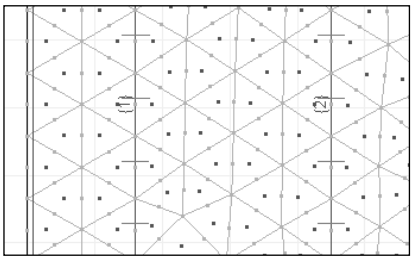
Speichert die aktuellen Einstellungen für die Darstellung der Symbole als Voreinstellung für neue Modelle.

Beschriftung

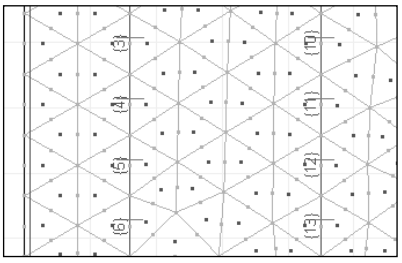


Nummerierung





Anzeige der Anzahl Knoten, Elemente, Materialien, Querschnitte, Referenzen.



Für die Überprüfung vermaschter Linienelemente zeigt die Funktion Gebrauche Nummern der finiten Elemente die Anzahl der finiten Elemente.

Finite Elemente Nummerierung

Das Aktivieren bewirkt, dass anstelle von den Strukturnummern, die Finite Elemente Nummerierung in Diagrammen erscheint. Auch Tabellen zeigen nun Ergebnisse auf Basis der FE Nummerierung. Siehe auch *3.2.14 Konstruktionselemente zusammenstellen.*

Beschriftungen auf Linien aus Richtung der Achse gesehen

Mit dem Schalter *Beschriftungen auf Linien aus Richtung der Achse gesehen* können die Beschriftungen auf den Linien, die wir aus Richtung der Achse sehen (welche also nur als ein Punkt auf dem Bildschirm erscheinen) ein- und ausschalten.

Transprarente Beschriftungen

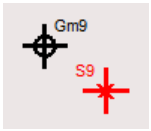
Bei Auswahl dieser Option werden alle Beschriftungen transparent dargestellt. Ansonsten werden die Beschriftungen auf einem farbigen Rechteck angezeigt.

Überschneidung von Beschriftungen vermeiden

Bei Aktivierung verhindert das Programm Überschneidungen von Beschriftungen, indem weniger wichtige Beschriftungen verschoben oder versteckt werden. Im zweiten Fall kommen beim Einzoomen immer mehr

Beschriftungen zum Vorschein. Bei grosser Anzahl Beschriftungen nimmt diese Option ev. viel Zeit in Anspruch.

Schwerpunkt des Geschosses



Ermöglicht die Ansicht des Schwerpunktes für jedes Geschoss. AxisVM konvertiert Lasten der verwendeten Lastfälle, um die Schwingformen zur Erdbebenanalyse in Massen umzurechnen. Danach wird der Schwerpunkt für jedes Geschoss berechnet. Die Schwerpunkte werden als schwarzes +s in schwarzen Kreisen mit der Bezeichnung Gm*i* angezeigt, wobei *i* die Geschossnummer ist.

Schubmittelpunkt des Geschosses

Ermöglicht die Ansicht des Schubmittelpunktes für jedes Geschoss. AxisVM berechnet die Geschossschubmittelpunkte, indem es Wandbereiche findet und dieselbe Methode für dünnwandige Querschnitte benutzt. Die Mittelpunkte werden als rote +s mit der Bezeichnung S*i* angezeigt, wobei *i* die Geschossnummer ist.

Wenn *Nur auf sichtbaren Stockwerken* aktiviert ist, werden Mittelpunkte der ausgeblendeten Stockwerke nicht angezeigt.

Eigenschaften



Aktiviert die Anzeige von Materialeigenschaften, Querschnitten, Elementenlänge oder Dicke und Belastung inklusive Angabe der Einheiten.

Write values to

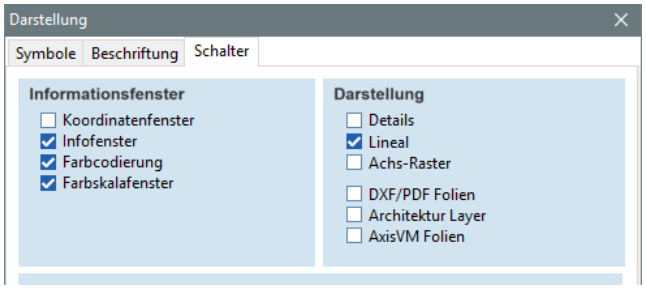
Steuert, wie die Ergebnissymbole über die Zeichnung platziert werden.

Tatsächliche Bewehrung



Die Symbole und Beschriftung der Bewehrung in Richtung x und y können als Komponente eingeschaltet werden, bzw. die Methode der Beschriftung kann eingestellt werden.

Schalter



Informationsfenster

Koordinatenfenster
Ein Fenster mit den aktuellen Koordinaten des Cursors wird eingeblendet.
Siehe... *2.19.2 Koordinaten-Palette*

Infofenster
Ein Fenster mit Informationen wird eingeblendet.
Siehe... *2.19.1 Infopalette*

Farbcodierung
Öffnet das Fenster *Farbcodierung*
Siehe... *2.19.3 Farbcodierung*

Farbskalafenster
Die Darstellung des Farbskalafensters.
Siehe... *2.19.4 Farbskala*

Darstellung

Die Anzeige der aktuellen Details und Lineale kann ein- und ausgeschalten werden.

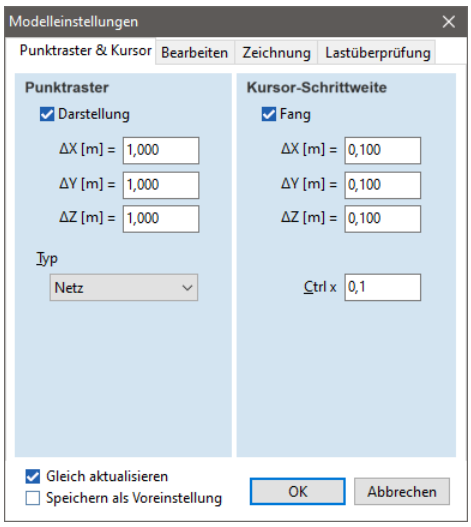
Details	Aktiviert/Deaktiviert die Anzeige der benutzerdef. und logischen Details
Lineal	Aktivieren der Detaildarstellung von Linealen.
Achs-Raster	Aktivieren der Darstellung des Achs-Rasters..
DXF/PDF Folien	Aktiviert/Deaktiviert die Anzeige der Hintergrundfolien.
Architekturfolien	Aktiviert/Deaktiviert die Anzeige der importierten Architekturobjekte.
AxisVM Folien	Aktiviert/Deaktiviert die Anzeige der AxisVM Folien.

2.16.19. Modell-Optionen



Setzt die Optionen für Punktraster, den Cursor, Zeichnungsparameter und die Bearbeitungsarten und die Bemessungsnorm.

2.16.19.1. Punktraster & Cursor



Punkraster

Das Punktraster besteht aus einem Netz aus Punkten und Linien und hilft den Cursor zu positionieren. In Abhängigkeit des Typs wird das Netz farblich wie folgt dargestellt:

Netz – Achsen in gelb, Netzlinien in grau
Punktraster – Achsen in gelb, Punkte in grau

Sie können die Rasterparameter wie folgt setzen:

Darstellung
Zeigt das Netz, wenn die Checkbox aktiv ist.

ΔX, ΔY, ΔZ
Setzt den Abstand der Rasterlinien/Rasterpunkte in *X*, *Y* oder *Z*.

Typ
Setzt den Rastertyp.

Cursor Schrittweite

Erlaubt es Koordinaten entsprechend eines unsichtbaren Rasters zu setzen. Die Cursorschrittweite kann wie folgt gesetzt werden:

Fang
Setzt die Maus schrittweise im Abstand ΔX**,** ΔY**,** ΔZ. Jede Bewegung erfolgt schrittweise in der entsprechenden Richtung.

Ctrl x
Setzt eine globale Schrittweite, die bei jedem Drücken der **[Ctrl]-**Taste gesetzt wird. Somit lässt sich die Position einfach setzen.

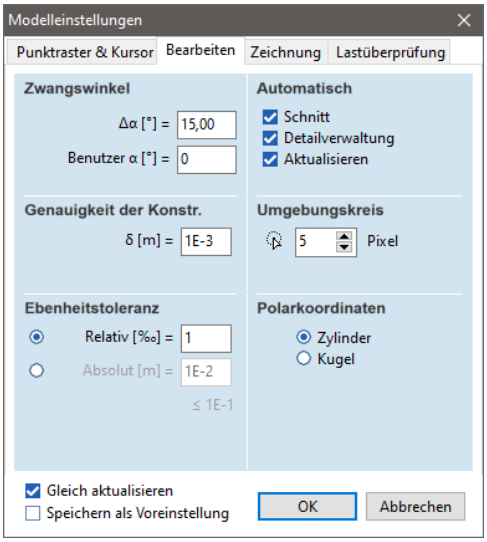
☞ ***Die Schrittweite wird ignoriert, wenn Sie den Cursor auf einer Linie positionieren, die nicht parallel zu den globalen Koordinatenachsen liegt. In diesem Fall bewegt sich der Cursor entlang der Linie.***

Wenn die Toleranz grösser als die Schrittweite ist, folgt die Maus einem unsichtbaren Raster, das durch die Toleranz festgelegt wird.

Bei Verwendung von Zwangsrichtungen erfolgt die Schrittweite in DX. **Siehe...** *4.7.4 Gebundene Richtungen*

☞ ***Wenn das Punktraster und die Schrittweite gleich sind, werden Knoten des Rasters gefangen.***

2.16.19.2. Bearbeiten



Während der Modellbearbeitung kann die Mausbewegung einer Zwangsrichtung unterworfen werden. Durch die **[Shift]-**Taste wird während der Bewegung des Cursors eine Zwangsrichtung bestimmt.
Diese basiert auf zwei Winkeln.

Winkel der Auflagerung

Die Bewegung des Cursors beim Konstruieren kann in beliebige, vom Anwender zu bestimmende Richtungen erzwungen werden.
Mit Drücken der **[Shift]-**Taste während der Bewegung der Maus kann die Richtung einer Linie oder der Durchgang eines Knotens erzwungen werden. **Siehe...** *4.7.4 Gebundene Richtungen*

Automatisch

Setzt Befehle, die automatisch gelten, wenn die entsprechenden Dialogboxen anwendbar sind.

Schnitt:
Setzt Schnitte. Bei Schnitten von Linien werden Knoten erstellt und die Linien geteilt. Flächenverschneidungen erzeugen Linien und die Elemente erhalten das gleiche Material und den gleichen Querschnitt wie die Originale.

Detailverwaltung:
Jedes Objekt, das erstellt oder geändert wird, wird mit allen aktiven Details verknüpft.

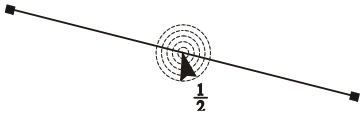
Aktualisieren:
Setzt die Aktualisierung auf automatisch.

Genauigkeit der Konstruktion

Wenn zwei Knoten näher zusammenliegen als dieser Wert, werden diese bei einer Netzkontrolle verbunden. Der Wert wird auch für Dicke und Balkenlänge verwendet.

Umgebungskreis

Die Objekterkennungsempfindlichkeit des Cursors kann vom Benutzer eingestellt werden.



Ein Objekt in Cursornähe wird dann erkannt, wenn es sich innerhalb der Empfindlichkeitsdistanz des Cursors befindet.

Falls sich mehr als ein Objekt innerhalb dieser Distanz befindet, wird das dem Cursor am nächsten liegende erkannt und angezeigt.
Die Einheit für die Empfindlichkeitseinstellung sind Pixel.
Siehe... *4.7.1 Umgebungskreis (Aura)*

Flächentoleranz

Knoten von Bereichen oder Flächenelementen müssen in einer Ebene liegen. Falls ein Knoten eines Bereiches oder Flächenelementes mehr als die eingestellte Flächentoleranz von der Ebene abweicht, wird er gelöscht.

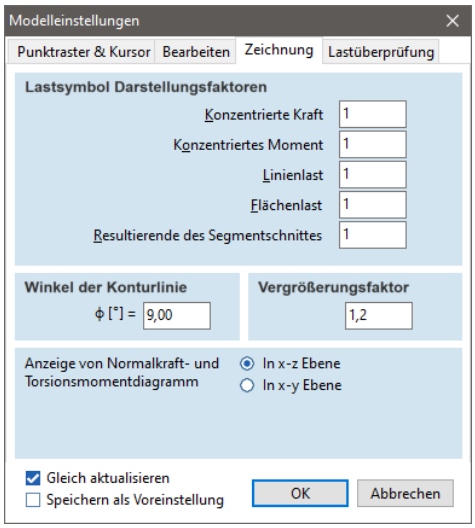
Die Flächentoleranz kann auf 2 Arten definiert werden:
Relativ [‰] in Promille bezogen auf die grösste Ausdehnung des Elementpolygons.
Absolut [m] ein bestimmter Wert

Polarkoordinaten

- *Zylinder*
- *Kugel*

Siehe ausführlich... *4.3.2 Hilfs- (Zylinder, Kugel) Koordinatensysteme*

2.16.19.3. Zeichnung



Lastsymbol Faktoren

Die graphische Darstellung der Lasten wird damit eingestellt. Die Lasten werden zwischen einem Minimal- und Maximalwert skaliert. Mit dem Lastsymbolfaktor hat man Einfluss auf die Minimal- und Maximalwerte.

Konzentrierte Kraft

Lastsymbolfaktor der konzentrierten Kraft.
Der Faktor hat nur Einfluss auf die Darstellung, die wahre Größe bleibt unberührt.

Konzentriertes Moment

Lastsymbolfaktor des konzentrierten Momentes.
Der Faktor hat nur Einfluss auf der Darstellung, nicht aber auf die wahre Größe.

Linienlast

Lastsymbolfaktor der Linienlast.
Der Faktor hat nur Einfluss auf der Darstellung, nicht aber auf die wahre Größe.

Flächenlast

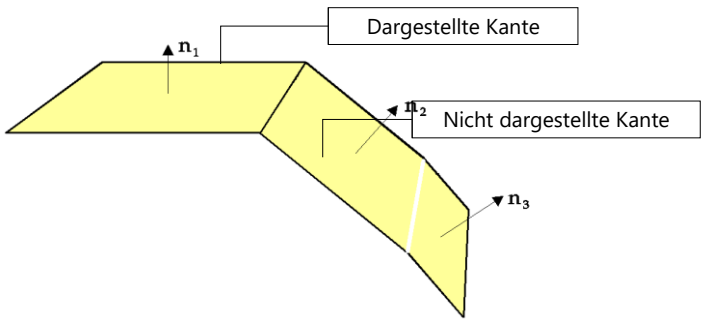
Lastsymbolfaktor der verteilten Belastung.
Der Faktor hat nur Einfluss auf der Darstellung, nicht aber auf die wahre Größe.

Skalierungsfaktor für Segmentschnitt-Resultierende

Dieser Faktor bestimmt die Größe des Pfeils, der den Ergebniswert über einem Segmentschnitt repräsentiert.

Winkel der Konturlinie

Die gemeinsame Kante von zwei oder mehreren benachbarten Elementen wird nicht dargestellt, wenn der Winkel zwischen ihren Normalvektor kleiner als der hier eingestellte Grenzwinkel ist.

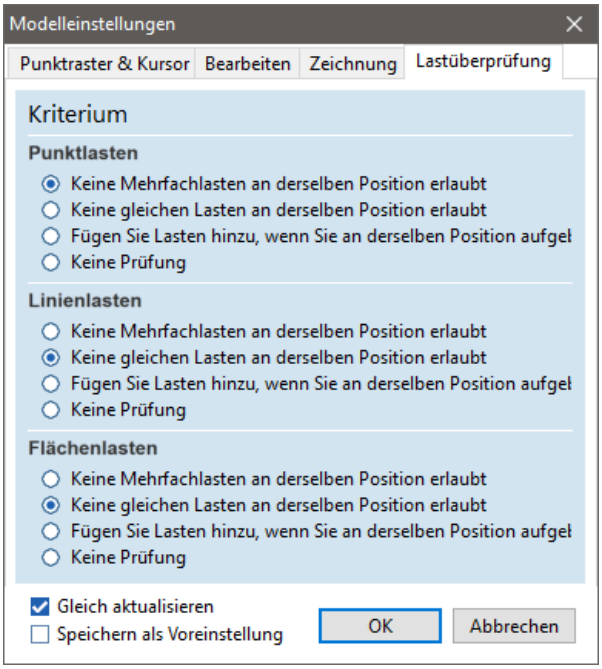


Vergrösserungs-faktor Der Massstab der Vergrösserung/Verkleinerung lässt sich damit einstellen, die Einstellung ist mit den **[+], [-]** - Tasten zu aktivieren.

Anzeige der Achskräfte und Torsionsdiagramm. Bis Version 12 wurde die Normalkraft und das Torsionsdiagramm immer in der lokalen x-z Ebene gezeichnet. Von Version 13 ab kann diese auch für die lokale x-y Ebene eingestellt werden.

2.16.19.4. Überprüfen der Lasten

Kriterien Die Kriterien für eine Überprüfung der Lasten können hier eingestellt werden. Die Überprüfung findet automatisch statt, sobald die Last eingegeben wurde. Zur Kategorie *Punktlasten* gehören Knotenlasten und konzentrierte Lasten auf stabförmigen Elementen oder Bereichen. Zur Kategorie *Linienlasten* gehören Linienlasten auf stabförmigen Elementen oder Bereichen und zur Kategorie *Flächenlasten* gehören flächige Lasten auf Bereichen oder Lastfeldern.



Optionen:

Mehrfachlasten an derselben Position nicht erlaubt

Wenn eine Einzellast an einem Ort eingeführt wird, an welchem sich bereits eine Last befindet, wird die Neuere gelöscht.

Gleichen Lasten an derselben Position nicht erlaubt

Wenn eine Einzellast an einem Ort eingeführt wird, an welchem sich bereits eine Last mit derselben Intensität befindet, wird die Neuere gelöscht.

Fügen Sie Lasten hinzu, wenn sie an derselben Stelle eingeführt werden

Wenn eine Einzellast an einem Ort eingeführt wird, an welchem sich bereits eine Last befindet, wird die neue Last nicht eingeführt. Stattdessen wird ihre Intensität zu der der bereits existierenden Last hinzuaddiert.

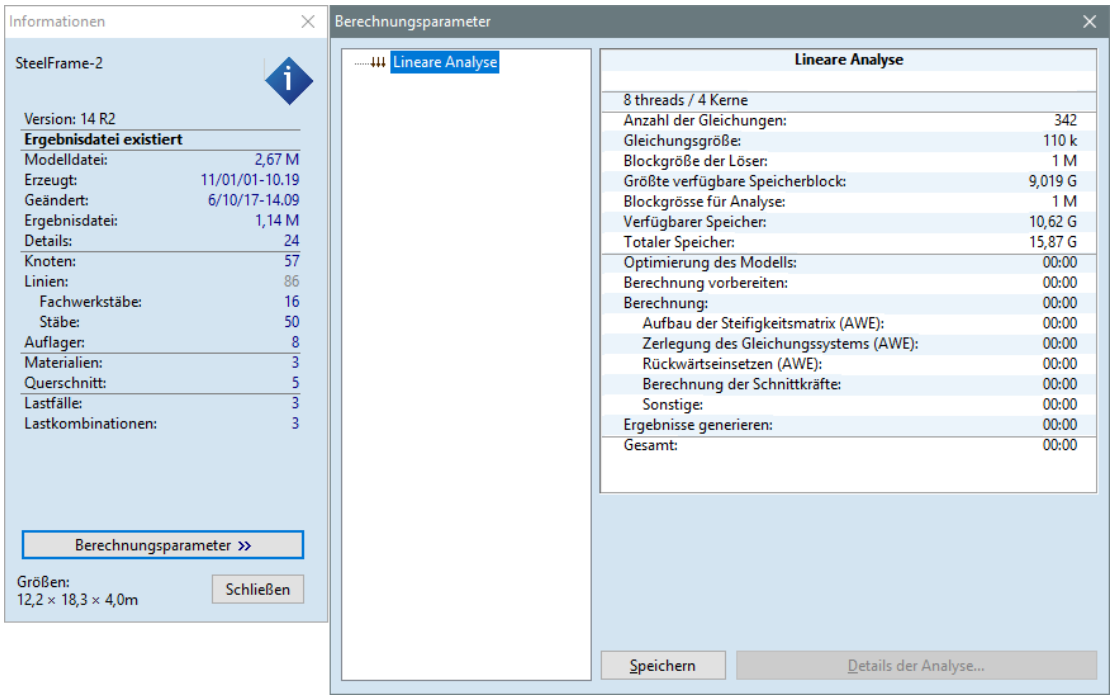
Keine Prüfung

Eine beliebige Anzahl Lasten kann an derselben Stelle eingeführt werden.

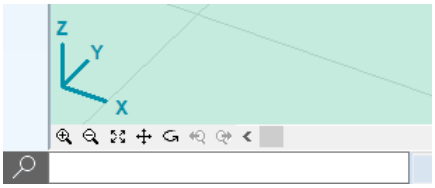
2.16.20. Information



Zeigt die Grundparameter des Modells.
Wenn Sie auf die Schaltfläche „Berechnungsparameter“ klicken, können bestimmte Parameter der letzten Berechnung (Speichernutzung, Laufzeit) untersucht werden. Diese Informationen sind nur verfügbar, wenn das Modell mit der Version 10 (oder später) berechnet wurde.

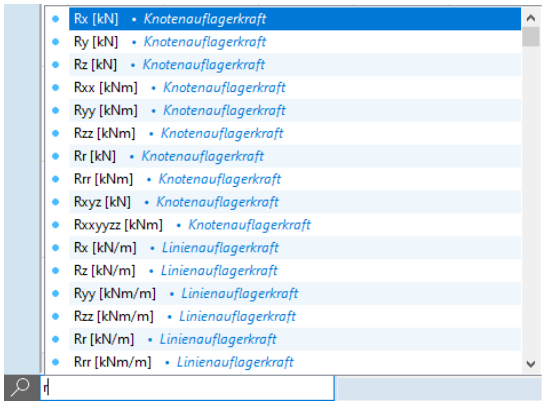


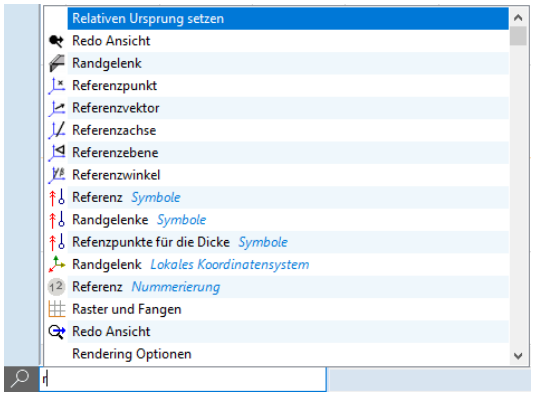
2.17. Intelligente Eingabezeile



Auf die meisten Befehle und Einstellungen von AxisVM kann mit einer Eingabe im Suchfeld – der intelligenten Eingabezeile zugegriffen werden. Drücken Sie *Ctrl + F* oder klicken Sie in die Eingabezeile und geben Sie die ersten Buchstaben ein. Es erscheint dann eine Liste der Befehle und Einstellungen, welche zu den eingegeben Buchstaben passen. Es werden Befehle gefunden, wenn sich die eingegeben Buchstaben irgendwo im Wort befinden. Zuoberst angezeigt werden jedoch die Befehle und Einstellungen, welche die eingegebenen Buchstaben am Anfang des Wortes haben.

Welche Befehle in der intelligenten Eingabezeile gefunden werden, hängt davon ab, in welchem Tab des Programmes man sich befindet. So werden beispielsweise Befehle zu den Resultaten im Statik-Tab gefunden, hingegen nicht im Lasten-Tab.





Bestimmte Tasten haben spezielle Funktionen:

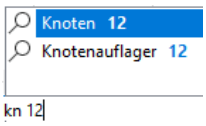
↑ ↓	Bewegen Sie sich mit den Pfeiltasten in der Liste hoch und runter
Enter	Mit Enter können Sie einen Befehl auswählen und ihn ativieren
Esc	Brechen Sie die Suche ab

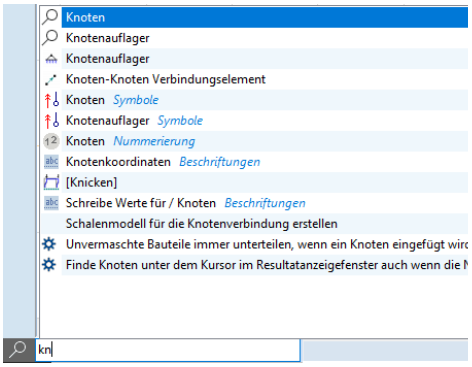
Die Liste umfasst die folgenden Befehle und Einstellungen:

- Alle Befehle des Hauptmenus, des Koordinatenfensters, etc. welchen ein Tastenkürzel zugeordnet ist
- Alle Symbole, Beschriftungen und Switches, welche in den Darstellungen verändert werden können (*2.16.18 Darstellung*)
- Lastfälle (im Register *Lasten*, in den Ergebnisregister oder in den Bemessungsregister)
- Resultate (in den Ergebnisregister)
- Einstellungen, welche unter Einstellungen / Grundeinstellungen verfügbar sind (*3.3.11 Grundeinstellungen...*)
- Modelloptionen, welche unter Symbolpalette / Modell-Optionen verfügbar sind (*2.16.19 Modell-Optionen*)
- Elemente, welche mit ihrer Nummer oder ihrem Namen gefunden werden können
- Elemente, welche mit oder ohne Filterkriterien gefunden werden können

Elemente finden

Beispiel: *Suche Knoten 12*
Wenn die ersten Bustaben des Wortes *Knoten* eingegeben werden, erscheint eine Liste mit möglichen Treffern. Zuoberst erscheinen die gefundenen Befehle. Indem auch noch der Abstand und die Nummer 12 eingegeben wird, wird die auswahl möglicher Treffer kleiner:





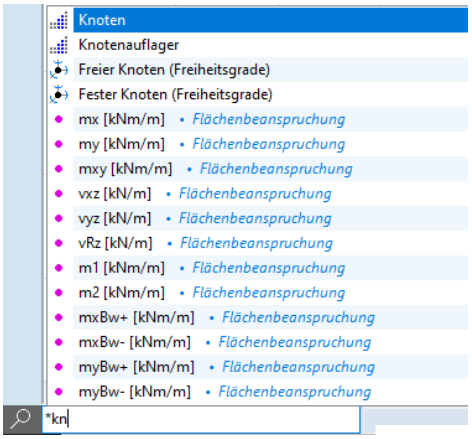
Durch Drücken der Enter-Taste wird der Knoten 12 ausgewählt und Cursor wird automatisch zum Knoten geführt. Zusammengefasst kann der Knoten 12 gefunden werden, indem *Kno 12[Enter]* eingegeben wird. Da die intelligente Eingabezeile auch die Buchstaben in einem Wort findet, kann das Punktlager 5 gefunden werden, indem *lag 5[Enter]* eingegeben wird. Dabei wird die Tatsache genutzt, dass das Punktlager 5 zuoberst auf der Liste erscheint, sobald die Auswahl eingegrenzt wurde.

Auswahl

Es ist auch möglich, Elemente von der Intelligenten Eingabezeile auszuwählen oder die Auswahl aufzuheben. Wenn Teile ausgewählt sind, werden die Befehle nur auf die ausgewählten Teile angewandt.

Einfache Auswahl

Wenn als erster Buchstabe ein * eingegeben wird, werden nur die Elemente dargestellt, welche ausgewählt werden können. Der Befehl wird diese Elemente auswählen.
Wenn *- zu Beginn eingegeben wird, werden die ausgewählten Elemente wieder deselektiert.
Um alle elemente auszuwählen, kann *[Enter] eingegeben werden. Um alle Elemente zu deselektieren, kann *-[Enter] eingegeben werden.
Um alle Knoten auszuwählen, kann *kno[Enter] eingegeben werden.
Knoten mit einem definierten Freiheitsrad können ebenfalls ausgewählt werden. Die Auswahl von anderen Elementen wie Balken, Fachwerken, Rippen oder Bereichen funktioniert analog.



Auswahl nach Eigenschaften

Geben Sie * und den Namen des Materials oder des Querschnittes ein, um Elemente mit einem bestimmten Material oder einem bestimmten Querschnitt auszuwählen. Durch die Eingabe von **Überzug, *Unterzug* oder **Rippe auf mittlerer Höhe* können die zugehörigen Rippen ausgewählt werden. Es ist jeweils ausreichend, die ersten Buchstaben einzugeben und das gesuchte Element anschliessend aus der Liste auszuwählen. Analog können durch die Eingabe von **Veränderlichem Querschnitt* oder **Veränderliche Dicke* die entsprechenden Element ausgewählt werden. Bereiche mit speziellen Eigenschaften können durch die Eingabe von **Gerippet, *Hohlquerschnitt, *Verbundrippendecke, *Trapez-Stahlquerschnitt, *XLAM,* oder **Benutzerdefinierte Steifigkeitsmatrix* ausgewählt werden. Architektonische Elemente können durch die Eingabe von **Stütze, *Balken, *Wand* oder **Scheibe* ausgewählt werden.

Auswahl nach Parametern

Elemente können auch nach dem Wert eines Parameters ausgewählt werden. Zum Beispiel können Stabelemente mit einer Länge grösser als 5m gewählt werden, indem **Lä[Enter]* in die Eingabezeile eingegeben wird. Anschliessend erscheint die Anzeige:

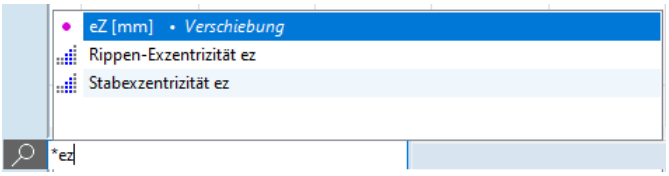
Geben Sie die Filterbedingung ein und drücken Sie anschliessend Enter.
Zum Beispiel: *>0, >=10, <>20, =30, <=40, <50*

Fahren Sie fort, bis Sie **Länge (m) >5[Enter]* eingegeben haben. Die entsprechenden Elemente werden selektiert. Die Filterbedingungen können einen der folgenden logischen Operatoren enthalten: >, >=, <>, =, <= oder < sowie eine Zahl.
Weitere Parameter sind: **Länge, *Balkenexzentrizität ey, *Balkenexzentrizität ez, *Ribbebexzentrizität ey, *Rippenexzentrizität ez* (für Stabelemente) sowie **Fläche, *Dicke, *Exzentrizität* (für Bereiche).

Auswahl nach Ergebnis

Wenn Sie sich im Statik-Tab oder einem der Entwurfs-Tabs auf der rechten Seite befinden, können Elemente nach Ergebniswerten ausgewählt werden. In allen Querschnitten oder Finite-Elementen-Punkten werden die entsprechenden Elemente selektiert.

Beispiel: *Wählen Sie die Elemente eZ < 0.*
Geben Sie **ez[Enter]* ein. Die Eingabezeile verändert sich zu **eZ [mm]*.

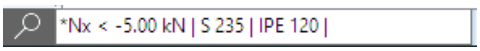


Fahren Sie mit der Eingabe fort, bis Sie *eZ [mm] < 0[Enter]* eingegeben haben. Alle Knoten, Oberflächenzentren, Balken und Rippen mit einer negativen Verschiebung in z-Richtung werden selektiert.
Falls in der Ansicht bereits die Resultatkomponente eZ ausgewählt ist, verkürzt sich die Eingabe. Es reicht nun **<0[Enter]* einzugeben. Falls kein Ergebnis wie eZ eingegeben wird, wird das gerade ausgewählte Ergebnis verwendet.
Weiteres Beispiel: *Wählend Sie die Elemente aus, bei welchen die Nachweise nicht erbracht werden konnten.*
Geben Sie **u[Enter]* ein. Die Eingabezeile verändert sich nun zu **Ausnutzung []*. Fahren Sie mit der Eingabe fort, bis Sie **Ausnutzung[]* >1[Enter] eingegeben haben. Alle Elemente mit einer Ausnutzung >1 werden nun selektiert.

Auswahl mit mehreren Kriterien

Um Elemente basierend auf mehreren Kriterien auszuwählen, fahren Sie mit dem Cursor über das Lupen-Symbol, drücken Sie die rechte Maustaste und wählen Sie im Popup-Menu die Option *Auswahl mit mehreren Kriterien* aus. Die Eingabe mehrere Kriterien ist komplexer; daher wird in einfachen Fällen die Auswahl basierend auf einem Kriterium empfohlen.
Beispiel: *Wählen Sie alle Stützen mit einer Normalkraft kleiner als -5 kN aus.*
Wählen Sie im Popup-Menu *Auswahl mit mehreren Kriterien* aus. Geben Sie **Stü[Enter]* ein. In der normalen Auswahl würden nun alle Stützen ausgewählt werden. Stattdessen verändert sich jedoch die Eingabezeile zu **Stützen |* und wartet auf weitere Bedingungen. Mit der Enter-Taste könnten sie nun alle Stützen auswählen. Fahren sie stattdessen mit der Eingabe fort und tippen **Stützen | nx<*. Die Eingabezeile verändert sich nun zu **Stützen | Nx[kN] <*. *Schliessen Sie die Eingabe ab mit *Stützen | Nx[kN] < -5[Enter].* Nun kann ein weiteres Kriterium hinzugefügt werden: **Stützen | Nx < -5.00kN |*. Da wir kein weiteres Kriterium eingeben wollen, drücken wir Enter. Es werden nun alle Stützen mit einer Normalkraft kleiner als -5kN ausgewählt.

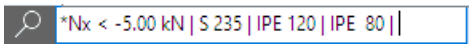
Interpretation mehrerer Kriterien



Kriterien, welche sich auf mehrere Eigenschaften beziehen (z.B. Normalkraft, Material oder Querschnitt), werden immer mit einem AND-Operator verbunden. Das bedeutet, dass jene Elemente ausgewählt werden, bei welchen alle Kriterien erfüllt sind. Kriterien, welche sich auf die Ergebnisse beziehen, werden normalerweise ebenfalls mit einem AND-Operator verbunden. Falls Kriterien zu den Resultaten mit einen OR-Operatir verbunden werden sollen, kann das über zwei aufeinander folgende Selektionen gemacht werden:



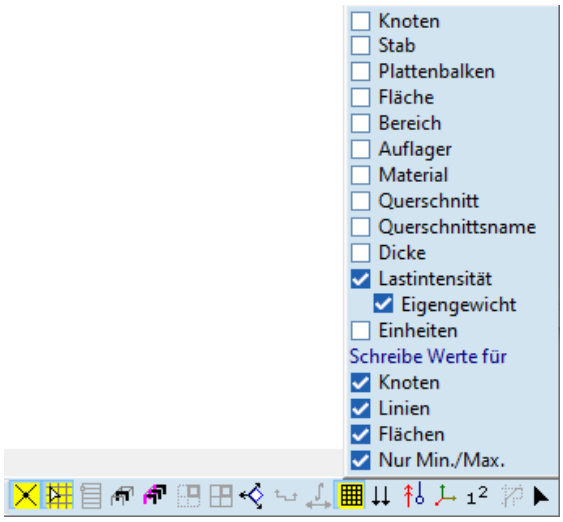
Mehrere Kriterien bezüglich dem Material oder dem Querschnitt werden in ihrer Kategorie mit einem OR-Operator verbunden. Ausserhalb ihrer Kategorie werden sie mit einem AND-Operator verbunden. So wählt zum Beispiel der folgende Befehl



Alle Stützen mit einer Normalkraft kleiner -5 kN und einem Querschnitt IPE 80 oder IPE 120 aus.

2.18. Schnellschalter

Die Schnellschalter-Werkzeugleiste erlaubt das schnelle Ein- oder Ausschalten von diversen grafischen Darstellungen ohne über das Menü *Einstellungen /Darstellung /Symbole* oder Modelleigenschaften zu gehen. Die entsprechenden Icons befinden sich am rechten unteren Rand des Grafikbereichs.



 *AutoSchnitt*

 *Fang des Rasters*

 *Geschosse*

 *Details in Baumstruktur-Ansicht*

 *Aktivieren von Details die markierte Elemente enthalten*

 *Nur die selektierten Elemente anzeigen*

 *Selektierte Elemente ausblenden*

 *Arbeitsebene*

 *Schnitte, Schnittebenen*

 *Virtuelle Stäbe/Streifen*

 *Darstellung des Netzes*

 *Lastsymbole Ein / Aus*

 *Graphische Symbole Ein / Aus*

Lokale Systeme Ein / Aus

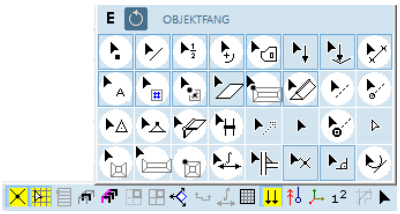
Nummerierung Ein / Aus

Hintergrundebenen (Sichtbarkeit, Erkennung, Sperrung)

Siehe... *2.18.1 Objektfang*

☞ ***Einige dieser Einstellungen sind auch über die Ansichten- und Service- Icons verfügbar.***

2.18.1. Objektfang



Platzieren Sie die Maus über dem Symbol, um die Objektfangschalter zu öffnen. Aktuell aktivierte Fangfunktionen haben einen weißen Kreis im Hintergrund. Für die Liste der Cursorformen **siehe...** *4.7.1 Umgebungskreis (Aura)*
Schalter ermöglichen das Deaktivieren / Aktivieren einzelner Fangfunktionen. Deaktivierte Objekte werden vom Mauszeiger ignoriert, aktivierte Objekte werden immer erkannt, unabhängig davon, welche Operation Sie ausführen
Der erste Klick auf eine Cursorform deaktiviert den Fang (roter Hintergrund), der zweite Klick aktiviert ihn (grüner Hintergrund), der dritte stellt den Standardzustand wieder her.

Deaktivierte Fangfunktion

Aktivierte Fangfunktion

Standardfang abhängig von der aktuellen Operation



Klicken Sie auf E, um einen exklusiven Fang festzulegen. Nur der Snap, auf den Sie klicken, wird erkannt. Der Hintergrund der gewählten Fangfunktion wird gelb.

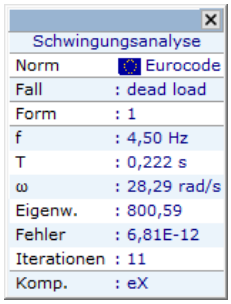
Diese Schaltfläche setzt den Objektfang auf den Standardzustand zurück (abhängig von der aktuellen Operation).

Der blaue Rahmen um die Cursorform bedeutet, dass der Cursor mehreren Objekten zugeordnet ist. Die Cursorform für eine Linie kann die Erkennung einer Strukturlinie, einer Linie auf dem Architekturmodell oder einer Hintergrundebene anzeigen.

2.19. Informationspalette

Die Informationspalette befindet sich im Zeichnungsbereich. Die Lage jeder Palette kann beliebig verändert werden. Man muss den -Zeiger auf die Kopfzeile bewegen, mit kontinuierlichem Drücken kann man die Palette bewegen.

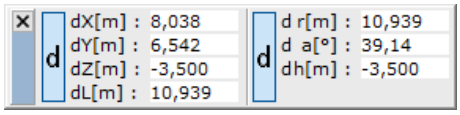
2.19.1. Infopalette



Zeigt Informationen über die aktuelle Resultateanzeige wie : sichtbare Detail(s), Berechnungsverfahren (linear, nichtlinear), aktuell ausgewerteter Lastfall oder Lastfallkombination, Berechnungsgenauigkeit und aktuelle sichtbare Resultatkomponente.
Für die Bedeutung der Parameter E(U), E(P), E(W), E(ER) siehe *5. Berechnung* und *5.1 Statik*.
Bei geometrisch nichtlinearer Berechnung erscheint eine Warnmeldung, falls in der momentanen Stufe Stabilitätsprobleme auftreten. **Siehe...** *5.1 Statik.*
Im Falle nichtlinearer Berechnung mit Berücksichtigung der Bewehrung werden abgekürzte Warnmeldungen über die Bewehrung angezeigt. **Siehe...** *6.5.5 Nichtlineare Berechnung der Balken- und Stützenbewehrung* und *6.5.6 Nichtlineare Berechnung von Stahlbetonflächen.* Die Warnmeldung erscheint, wenn das Problem in der aktuellen oder in der vorhergehenden Stufe aufgetreten ist.

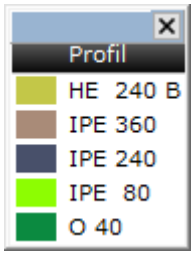
Im Fall des Einschaltens mehrerer Details, werden die Namen aller eingeschalteten Details erscheinen, falls die Anzahl Details einen bestimmten Wert nicht übersteigt. Dieser Wert kann verändert werden, wenn wir mit der rechten Taste auf die Infopalette, dann in dem lokalen Menü auf die Einstellung klicken.

2.19.2. Koordinaten-Palette



Siehe ausführlich... *4.4 Koordinatenpalette*

2.19.3. Farbcodierung

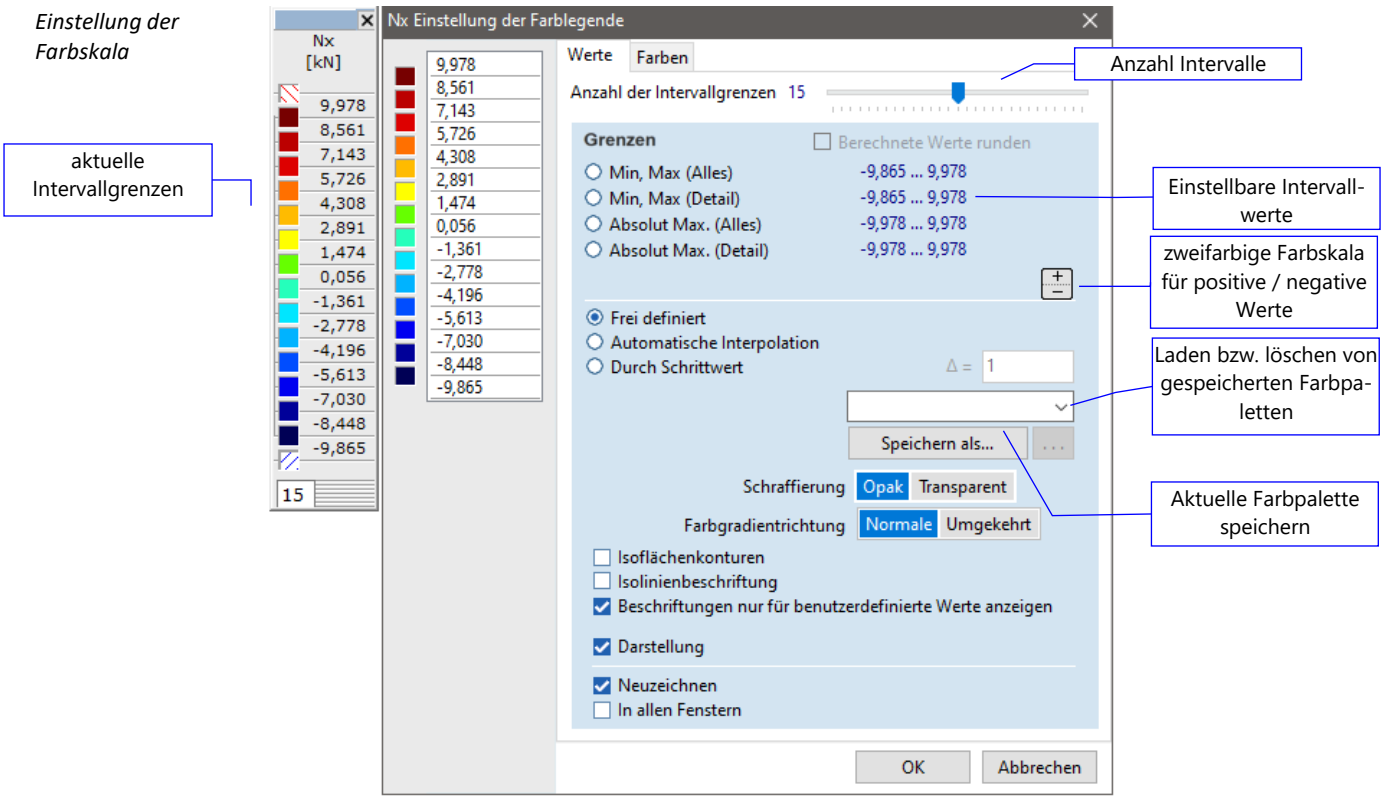


Dieses Fenster öffnet sich, wenn das Symbol *Farbcodierung* (**siehe...** *2.16.5 Farbcodierung*) aktiviert wird. Auch wenn es im Menü *Fenster* (**siehe...** *3.6 Fenster*) ausgeschaltet wurde. Der Typ der Farbcodierung wird in der schwarzen Kopfzeile dargestellt.

2.19.4. Farbskala

Klickt man in die Farbpalette, erscheint mit der linken 🖱-Taste ein Dialogfenster, in dem die Farbskala einstellbar ist.
Wenn man den Mauszeiger in die rechte untere Ecke der Palette stellt, verändert sich die Erscheinung des Cursors, mit der linken 🖱-Taste kann hier die Anzahl der Darstellungsintervalle eingestellt werden.

Einstellung der Farbskala



Die Eigenschaften der Farbskala können im Setup-Dialog eingestellt werden. Der Setup-Dialog kann geöffnet werden, indem auf das Fenster der Farbskala geklickt wird.
Der erste Tab (Werte) dient der Einstellung der Bandbreite der Farben und ein paar Beschriftungseigenschaften. Im zweiten Tab (Farben) können den verschiedenen Resultatkomponenten verschiedene Farbgradienten zugeordnet werden.

Einstellung der Farbskala

Einstellung von Kriterien für Intervallgrenzen

Wertskala

Min/Max (Voll)
Bestimmt den Höchstwert und Kleinstwert innerhalb der ganzen Konstruktion. Diese Werte werden als obere und untere Grenze eingestellt.

Min/Max (Detail)
Bestimmt den Höchstwert und Kleinstwert im aktiven Detail. Diese Werte werden als obere und untere Grenze eingestellt.

Absolut Max (Voll)
Bestimmt den maximalen Absolutwert innerhalb der ganzen Konstruktion.

Dieser Wert wird als obere und untere Grenze eingestellt.

Absolut Max (Detail)
Bestimmt den maximalen Absolutwert im aktiven Detail und dieser Wert wird als obere und untere Grenze eingestellt. Alle anderen Zwischenwerte werden mit Interpolation bestimmt.

Berechnete Werte runden

Werden Intervallgrenzen zwischen den Minimal- und Maximalwerten interpoliert (keine benutzerdef. Werte oder Schrittwerte eingefügt), können die interpolierten Werte gerundet werden.

Separate positive / negative Bereiche
Durch Drücken dieser Schaltfläche werden zwei Seiten generiert: eine Seite für positive Werte und eine Seite für negative. Die zweifarbige Darstellungsweise ist hilfreich bei der Anzeige von Unterschieden in der erforderlichen Bewehrung.

Einzeln
Die Werte können durch Anklicken eines Listenelementes eingestellt werden. Sie können die Elemente durch Betätigung die Pfeiltasten auch auswählen. Die nacheinander folgenden Werte müssen monoton fallend sein.

Automatische Interpolation
Wenn der Schalter Automatische Interpolation eingeschaltet ist, dann werden alle Intervallwerte sofort umgerechnet. Wenn der Höchstwert oder der Kleinstwert geändert wurde, benutzt das Programm eine lineare Interpolation um die Zwischenwerte zu bestimmen.

Wenn einen Zwischenwert gegeben wurde, wird diese Interpolation in zwei Richtungen durchgeführt, sowohl die Werte zwischen den neuen Wert und Höchstwert als auch zwischen den neuen Wert und Kleinstwert werden unabhängig bestimmt.

Die Intervalle können im Schnellmenü auch eingestellt werden, das Menü kann durch einen rechten Mausklick aktiviert werden.

Durch Schrittwert
Farbabstufungen werden bei dieser Anzeigeart durch eine vom Benutzer vorgegebene Schrittweite Δ bestimmt. Wird eine neue Stufe definiert, werden alle anderen Stufen aufgrund der eingestellten Schrittweite neu berechnet.

Sie können die Einstellungen mittels des *Speichern unter* Buttons sichern. Um die gesicherten Einstellungen wieder anzuzeigen, klicken Sieden **...** Button.

Schraffierung ausserhalb des Bereichs
Schraffierung ausserhalb des Bereichs kann auf „Opak" (undurchsichtig) oder „*Transparent*" gesetzt werden.

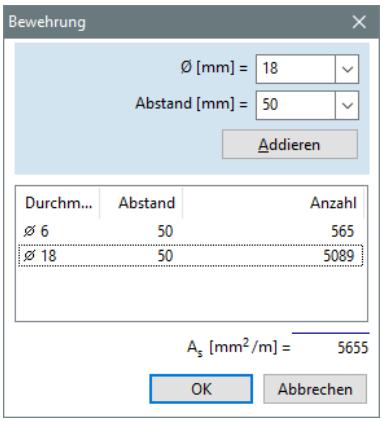
Farbgradient-richtung
Kehrt die Richtung des Farbgradienten um.

Isoflächenkonturen
Aktiviert erscheint eine Konturlinie auf den Isoflächen

Farbe des Minimums
Farbpalette kann invers dargestellt werden. Die Farbe des Minimums muss blau oder rot gesetzt werden.

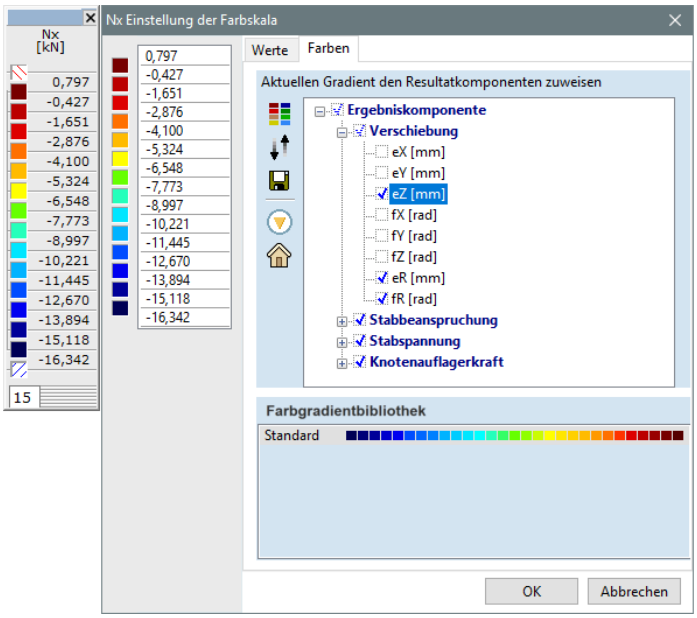
☞ ***Einstellungen der Farbskala sind auch direkt im Legendenfenster anwählbar. Klicken Sie mit der rechten Maustaste in das Legendenfenster.***

Berechnung
Bei der Darstellung der Bewehrung wählen Sie Benutzer und Berechnung, um den Bewehrungsgehalt, den Durchmesser und den Abstand für das Listenelement zu erhalten.



☞ ***Bei der Anzeige von tatsächlichen Verstärkungsschemata weist AxisVM keine Farben für numerische Werte, sondern für verschiedene Rippenstahlkonfigurationen zu. Die Anzeige kann so eingestellt werden, dass alle Schemata oder nur eins von den aktiven (sichtbaren) Teilen angezeigt werden.***

Farben



Die Farben können angepasst werden indem ein Farbgradient an die Zahlenwerte angepasst wird. Ein Gradient wird den verschiedenen Ergebniskomponenten zugeordnet. Z.B. Verschiebung kann in anderen Farben dargestellt werden als die Stabbeanspruchungen. Wird ein Farbverlauf von hell zu dunkel eingestellt, kann unter Umständen schlecht interpretierbare Grauskalen verhindern.



Neuer Farbgradient
Durch ziehen der Gradientenendpunkte auf die gewünschte Farbe kann ein neuer Farbgradient definiert werden.



Farbgradient umkehren
Wechselt den Start und Endpunkt des Farbverlaufs.



Farbgradient in der Gradientenbibliothek speichern.
Gradienten können für zukünftige Projekte in der Bibliothek gespeichert werden.



Aktuelle Farbgradientendarstellung als Standard (default) speichern
Aktuelle Ergebnisdarstellungen für zukünftige Modelle als Standarddarstellung speichern.



Standardgradientendarstellung wiederherstellen
Setzt die Farbeinstellungen für die Ergebnisdarstellungen wieder auf den Standard (default).

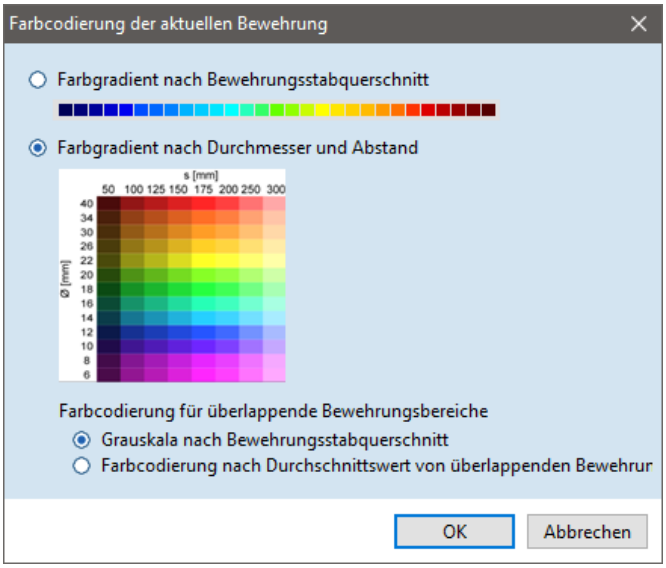
Wird auf ein Farbverlauf in der Farbgradientenbibliothek geklickt, werden diese Einstellungen übernommen.

Farbkodierung für aktuelle Bewehrungsschemata

Wird eine tatsächliche Bewehrungskomponente (xb, yb, xt, yb) angezeigt, listet die Farblegende alle im Modell definierten Bewehrungspläne im folgenden Format auf:

Ø16/200 (1005) [3.4],
i.e. *ØDurchmesser/Abstand (Querschnittsfläche) [Überdeckung]*

Klicken Sie auf die Farblegende, um die Optionen der Farbkodierung für die aktuellen Bewehrungsschemata anzuzeigen.



Farbgradient nach Bewehrungsstab-querschnitt

Dem Schema wird eine Farbe entsprechend ihrem Bewehrungsquerschnitt zugeordnet.

Farbgradient nach Durchmesser und Abstand

Dem Schema wird je nach Bewehrungsdurchmesser und Abstand eine Farbe zugeordnet. Der Farbton hängt vom Durchmesser ab, die Helligkeit vom Abstand.
Wenn sich Bewehrungsbereiche überlappen, kann die Farbe des überlappenden Bereichs nach einem der folgenden Verfahren bestimmt werden:

Graustufe nach Bewehrungsquerschnitt

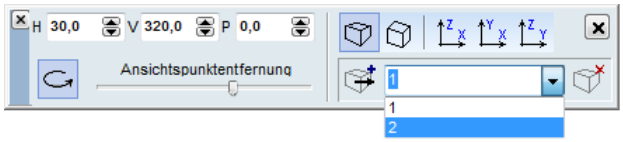
Dem Bereich wird entsprechend dem gesamten spezifischen Bewehrungsquerschnitt eine graue Farbe zugeordnet.

Farbkodierung gemäss Durchschnitt der überlappenden Bewehrungen

Durchschnittliche Abstände und Durchmesser werden berechnet durch

$$s = \frac{1}{\sum_i \left(\frac{1}{s_i}\right)}; \quad d = s \cdot \sum_i \frac{d_i}{s_i}$$

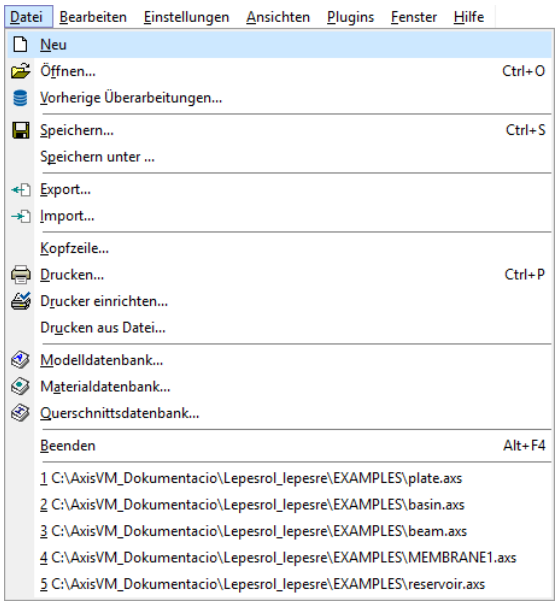
2.19.5. Perspektiven-Ansicht Werkzeug



Siehe... *2.16.3 Ansichten*

3. Menü

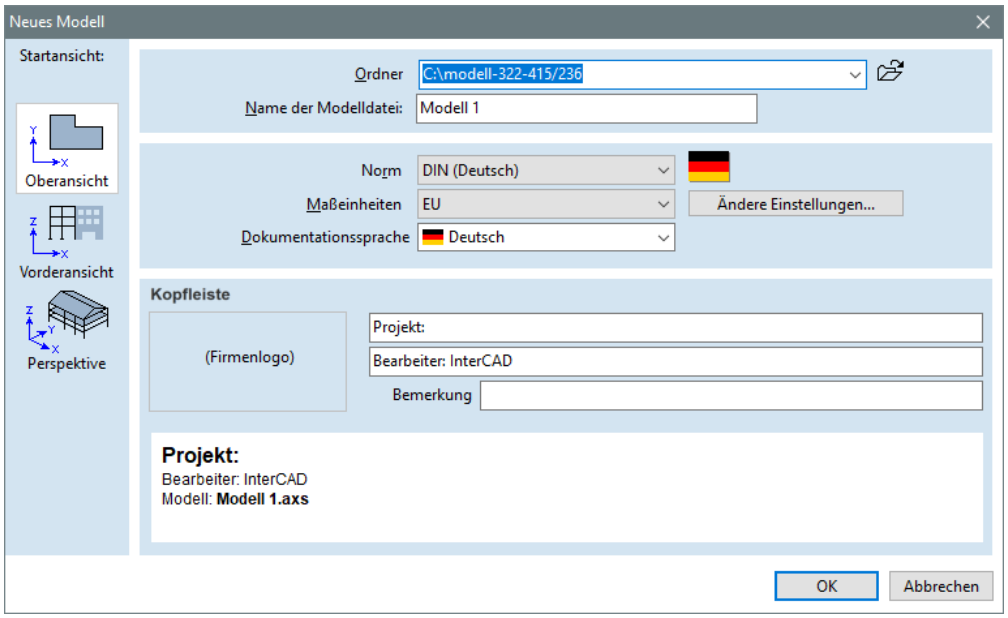
3.1. Datei



Die einzelnen Menüpunkte werden im Folgenden erläutert.

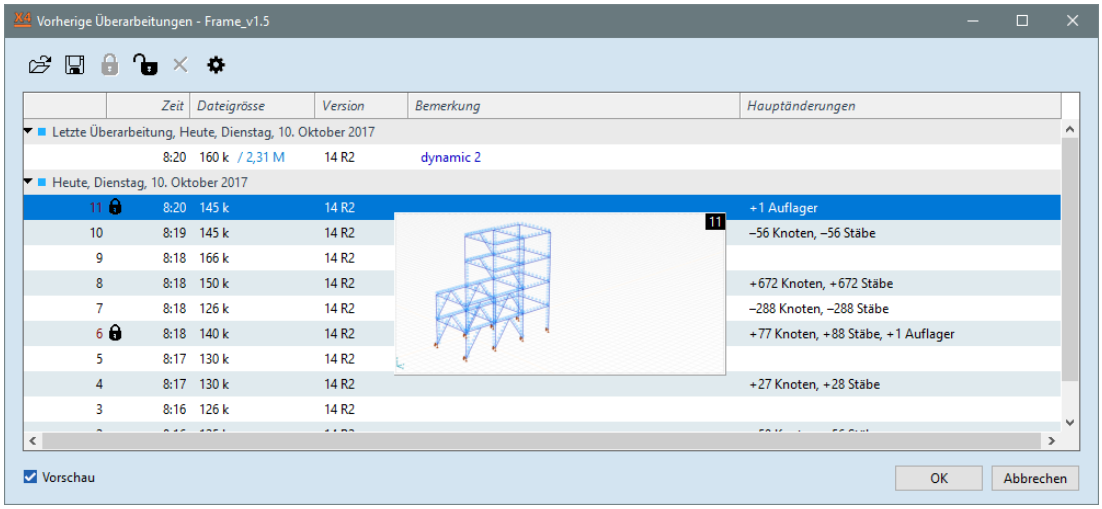
3.1.1. Neues Modell



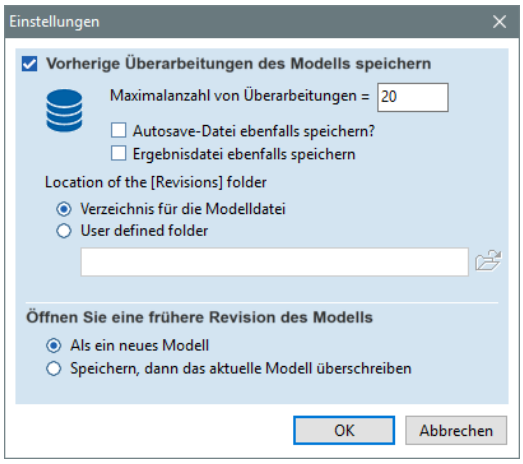


Erstellt ein neues unbenanntes Modell. Benutzen Sie diesen Befehl, um eine neue Modelleingabe zu starten. Wenn das aktuelle Modell nicht gespeichert wurde, erfolgt eine Abfrage, ob Sie dieses speichern wollen.
Sie müssen einen Namen für das neue Modell angeben. Sie können die Voreinstellungen und Einheiten setzen. Sie können Projektangaben machen, die beim Ausdruck auf jeder Seite erscheinen. Ein neues Modell benutzt die Voreinstellungen.
Wenn ein Logo in der Kopfzeile ausgewählt wird, erscheint es auch beim Drucken von Zeichnungen, Tabellen und Ausgaben. Auf das Logo klicken, um es zu wechseln oder über *Einstellungen / Grundeinstellungen / Ausgabe / Firmenlogo / Einstellungen...*

3.1.2. Vorherige Überarbeitungen



AxisVM kann frühere Versionen des Modells erhalten. Diese Funktion ist standardmässig aktiviert. Der Dialog listet vorherige Überarbeitungen in umgekehrter chronologischer Reihenfolge auf (das oberste Objekt ist das neuste). In der Dateigrössen-Spalte wird die Grösse der Modelldatei (und der Ergebnisdatei, falls vorhanden) angezeigt.
Überarbeitungen können geöffnet und gesperrt werden. Kommentare können eingegeben und bearbeitet werden, indem Sie auf eine Zelle in der Kommentar-Spalte klicken.



Dieser Dialog ist auch verfügbar unter *Einstellungen / Grundeinstellungen / Datensicherheit* 3.3.11 Grundeinstellungen...
Der Revisionsordner, welcher die nachfolgenden Revisionen des Models enthält, wird unter dem Modeldateiordner autmatisch erstellt, wobei der Ort des Ordners geändert werden kann.

Es gibt zwei Möglichkeiten, eine frühere Revision zu öffnen: Öffnen Sie es *als neues Modell* oder *Speichern und überschreiben* Sie das aktuelle Modell. Diese letzte Option speichert den aktuellen Zustand des Modells als Revision, dann überschreibt die frühere Version das Modell.

Öffnen. Speichert die ausgewählte Überarbeitung als neues Modell und öffnet sie. Es ist möglich, ältere Überarbeitungen zu erhalten.

Vorherige Überarbeitung speichern. Speichert die ausgewählte Überarbeitung unter einem neuen Namen. Es ist möglich, ältere Überarbeitungen zu erhalten

Überarbeitungen sperren. Sperrt die ausgewählten Überarbeitungen. Diese Überarbeitungen werden nicht gelöscht, auch wenn die Anzahl der gespeicherten Überarbeitungen das in *Einstellungen* festgelegte Maximum erreicht hat.

Überarbeitungen entsperren. Entsperrt die ausgewählten Überarbeitungen. Wenn eine Überarbeitung entsperrt ist, wird sie gegebenenfalls gelöscht.

Löschen. Die ausgewählten Überarbeitungen werden gelöscht (ausgenommen gesperrte Überarbeitungen).

☞ ***Vorherige Überarbeitungen werden in einem Unterordner (\Überarbeitungen\Modellname) des Modellordners gespeichert. Durch Kopieren oder Verschieben der Datei wird dieser Unterordner nicht kopiert oder verschoben. Um Überarbeitungen zu kopieren oder zu verschieben, muss dieser Unterordner kopiert oder an den neuen Ort verschoben werden.***

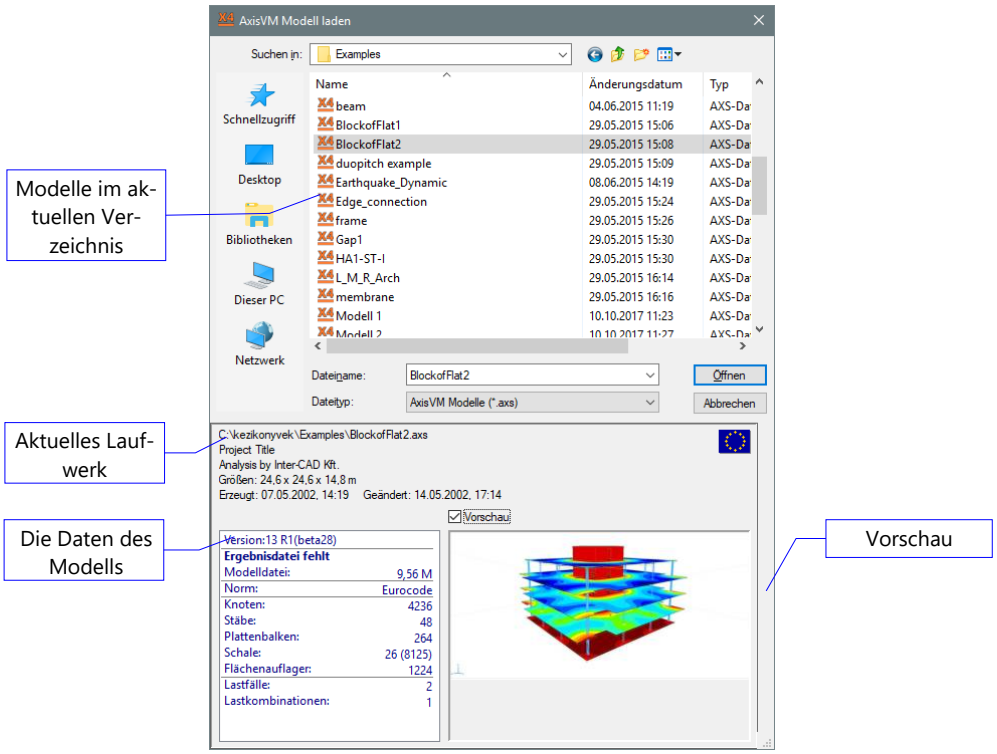
3.1.3. Öffnen



[Ctrl]+[O]

Öffnet ein bestehendes Modell in AxisVM. Wenn das aktuelle Modell nicht gespeichert wurde, erfolgt eine Abfrage, ob Sie dieses speichern wollen.
Dieser Befehl öffnet die unten gezeigte Dialogbox. Wenn Sie sich im gewünschten Ordner befinden, wählen Sie den Modellnamen.

☞ ***Die Dateien, die die Eingabedaten enthalten, werden mit dateiname.AXS gesichert, und die Ergebnisdaten mit Dateiname.AXE. Beide Dateien enthalten denselben Dateinamen, der eindeutig auf einen bestimmten Speichervorgang hinweist und darum kann geprüft werden, ob die AXS- und -Dateien zu derselben Version des Modells gehören.***

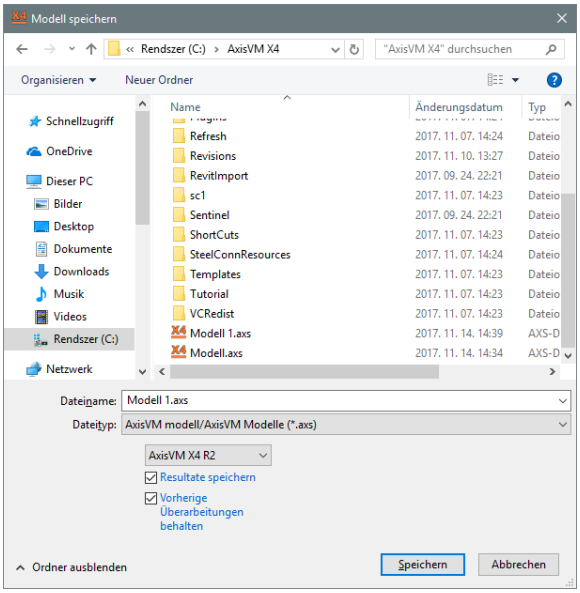


Unter Windows XP / Windows Vista / Windows 7 / Windows 8 sieht dieses Fenster anders aus.

3.1.4. Speichern



[Ctrl]+[S]



Dient zum Speichern der Daten des aktuellen Modells. Die gesicherten Daten werden mit demselben Namen gespeichert, den man beim Öffnen benutzt hat. Wenn das aktuelle Modell noch keinen Namen hat, wird beim Speichern die *Speichern unter*. Funktion aktiviert.

Wenn *Einstellungen / Grundeinstellungen / Datensicherheit / Komprimiertes AXS Format* ausgewählt ist, wird das Modell in einer komprimierten Datei abgespeichert. Die durchschnittliche Größe einer komprimierten Datei ist ca. 10% einer unkomprimierten. Die Kompression ist bei grösseren Modellen effektiver.

3.1.5. Speichern unter....

Speichert das aktuelle Modell unter einem neuen Namen.
Dieser Befehl öffnet die Dateiauswahl-Dialogbox.

Modell konvertieren

Modelle, die mit älteren Versionen von AxisVM erstellt wurden, werden beim Öffnen automatisch in das aktuelle Dateiformat umgewandelt.

☞ ***Die Befehle* Speichern/Speichern unter *bietet die Möglichkeit in älteren Versionsformaten zu speichern.***

Das Fenster „Modell speichern“ sieht unter Windows XP / Windows Vista / Windows 7 / Windows 8 dieses unterschiedlich aus.

3.1.6. Export



Es können verschiedene Dateitypen erstellt werden, um Daten in andere Ingeniuerprogramme übertragen zu können.

3.1.6.1. Als DXF exportieren

DXF-Datei

Speichert die Geometrie des Modells in einem DXF-Dateiformat zur Verwendung in anderen CAD-Programmen. Die Geometrie wird als `Modellname.DXF` Datei gespeichert.
Bei Auswahl dieses Menübefehls wird das Dialogfeld "DXF exportieren" geöffnet, in dem Sie die Masseinheiten in der exportierten Datei angeben können. Die in der aktuellen Ansicht (Diagramm, Kontur, Oberfläche 2D usw.) eingestellten Werte können ebenfalls exportiert werden.

Folgende Formate sind für den Export verfügbar:
- AutoCAD 2004 DXF file
- AutoCAD 2000 DXF-Datei
- AutoCAD R12 DXF-Datei
- AutoCAD Bewehrungsinformationsdatei
- AutoCAD 2004 Bewehrungsinformationsdatei

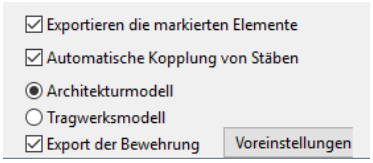
Die Bewehrungsdiagramme sind Isolinien-Darstellungen der erforderlichen Bewehrungsgehalte. Jede Bewehrungslage wird in einer separeten Darstellung mit einer Beschriftung und einer Farblegende exportiert. Um die Ergebnisse als DXF-Datei exportieren zu können, wählen Sie den Tab *Bemessung von Stahlbeton* und wählen Sie die entsprechende Resultatkomponente aus.

Es wird empfohlen, das AutoCAD 2004-Format zu verwenden, um Datenverluste zu vermeiden. Frühere DXF-Formate unterstützen nur 256 Palettenfarben und nur ASCII-Zeichen. Weitere DXF-Dateiexportoptionen und ihre Beschreibung finden Sie im Abschnitt *3.1.6.7 In andere Programmen exportieren*

3.1.6.2. Als IFC exportieren

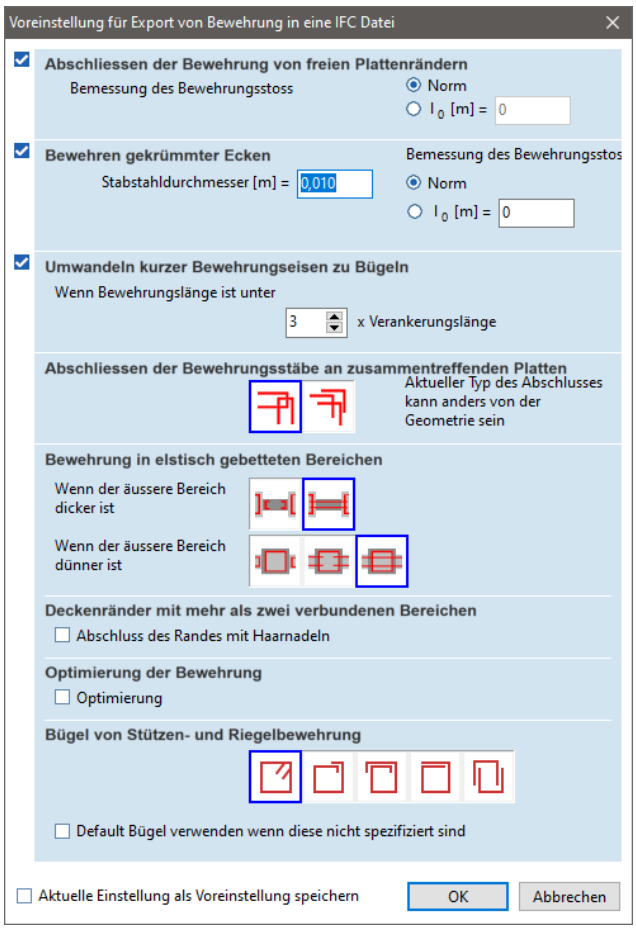
IFC 2x-, 2x2, 2x3-Datei

Export dieses Dateityps erfordert das IFC Modul.
Exportiert eine IFC-Datei, die das Modell mit seinen architektonischen Objekten beschreibt (Wände, Deckenplatten, Säulen, Balken). IFC-Dateien können in ArchiCAD, AutoDesk ADT, Revit, Nemetschek Allplan, Tekla-Xsteel und andere Architekturprogramme importiert werden.



Durch Auswahl von *Export der Bewehrung* und Anklicken von *Voreinstellungen* wird ein Dialog dazu angezeigt, wie die Bewehrung exportiert werden soll.

Seit der Version 13R1, kann auch Bewehrung exportiert werden.
Es können nicht nur Feldbewehrung sondern auch gebogene Bewehrungsstäbe in das IFC-File exportiert werden.



- *Abschliessen der Bewehrung an den freien Plattenrändern*: Freie Plattenränder werden durch Bügel geschlossen, deren Länge auf der Grundlage der Überlappungslänge der Balken berechnet wird, die wiederum entweder nach der Standardeinstellung im Programm oder dem Benutzerwert von 10 berechnet wird. Diese Option kann ein- oder ausgeschaltet werden.
- *Bewehrung gekrümmter Ecken:* Gekrümmte Ecken können durch einfache Stahlstäbe verstärkt werden, deren Längen aus der Überlappungslänge der Balken berechnet werden, die wiederum entweder nach der Standardeinstellung im Programm oder dem Benutzerwert von 10 berechnet wird. Diese Option kann ein- oder ausgeschaltet werden.
- *Umwandeln kurzer Bewehrungseisen zu Bügeln:* Um unnötiges Duplizieren von Bewehrungseisen zu vermeiden, kann dem Algorithmus ein Multiplikatorwert zugewiesen werden. Die einfachen Stabstähle, deren Länge grösser ist als die minimale Kantenlänge, multipliziert mit diesem Wert, werden in einen geschlossenen Bügel umgewandelt. Diese Option kann ein- oder ausgeschaltet werden.*Abschliessen der Bewehrungsstäbe an zusammentreffenden Platten:* entlang der Kanten von Platten, die nicht die gleiche Ebene haben, kann der Algorithmus die Bewehrungen der einzelnen Platten entweder durch Bügel oder durch Haken verbinden. Die tatsächliche Geometrie dieser geformten Stäbe hängt von der Breite und dem Winkel der Verbindungsplatten ab und manchmal ändert der Algorithmus die Wahl des Benutzers. Die Grössen der geformten Stäbe werden in Bezug auf die minimale Überlappungslänge berechnet.
- *Bewehrung in elastisch gebetteten Bereichen:* Die Verbindungsmethode von Bewehrungen eingebetteter Bereiche kann vom Benutzer gewählt werden. Sie können entweder separat gehandhabt werden

oder die Bewehrungseisen können ineinander gebettet werden. Wenn der innere Bereich klein genug ist, können die Bewehrungseisen des äusseren Bereiches auch durch ihn hindurchgeführt werden.

- *Deckenränder mit mehr als zwei verbundenen Bereichen:* in einem solchen Fall kann keine automatische Lösung gefunden werden. Der Benutzer kann auswählen, ob diese Ecken komplett übersprungen oder unabhängig voneinander abgeschlossen werden.
- Optimierung von Bewehrungspositionen, um die Bewehrung bei überlappenden Bereichen gleichmässig zu verteilen.
- Berechnete Roheisenlängen werden immer auf den nächst höheren der folgenden Werte gerundet: 0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 2.4, 3.0, 4.0, 6.0, 12.0 m
- Bügelbewehrung in Stützen und Balken: Beim Export der Bügelbewehrung in die IFC-Datei werden die benutzerdefinierten Einstellungen berücksichtigt. Falls keine solchen Einstellungen vorgenommen wurden, kann der Benutzer entscheiden, ob die Standardregeln für die Berechung der Bügelpositionen verwendet werden sollen, oder ob diese vollständig übersprungen werden sollen. Momentan stehen fünf verschiedene Bügelformen zur Verfügung, die der Benutzer über das gewünschte Symbol auswählen kann.

Export Modelldaten

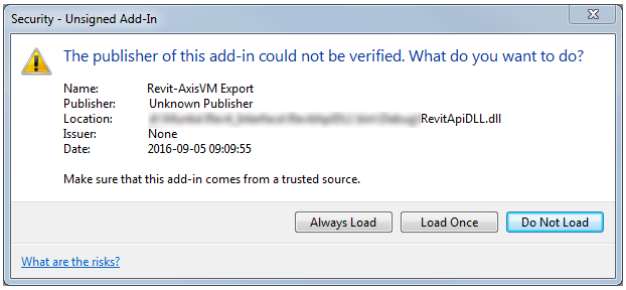
Falls die Architekturmodell-Option gewählt ist, werden nur Architekturobjekte exportiert. Falls Statisches Modell gewählt ist, werden finite Elemente Netze, Lasten, Lastfälle, Lastgruppen und Lastkombinationen in die IFC-Datei exportiert. Dynamik, Einflusslinien oder bewegliche Lasten werden ausgeschlossen.

3.1.6.3. Exportieren in Revit

Exportieren in Revit

AxisVM kann Daten über eine direkte Verbindung nach *Autodesk Revit 2015* (oder neuer) exportieren. Diese basiert auf der *Revit-API*, mit der andere Programme die Datenbank von Revit abfragen und ändern können.
Am Ende des AxisVM-Installationsprozesses erstellt das Installationsprogramm einen Ordner namens "RevitImport" im AxisVM-Ordner und kopiert alle erforderlichen Dateien.
Die .addin Erweiterungsdatei wird im Ordner c:\Users\<UserName>\AppData\Roaming\Autodesk\Revit\Addins\yyyy\ erstellt, wobei "yyyy" einen Integer grosser oder gleich 2015 repräsentiert. Diese Datei sowie der gesamte Inhalt des "RevitImport" - Ordners sind für die korrekte Kommunikation zwischen den beiden Programmen notwendig.
Wenn Revit auf dem Computer installiert wurde, wird das Revit-Add-On automatisch installiert, auch wenn das REV-Modul nicht in der Konfiguration enthalten ist.

☞ ***Ab Revit2017 wird das folgende Popup-Fenster in der Initialisierungsphase jedes Add-Ins und jeder ausführbaren Datei eines Drittanbieters angezeigt***.



In diesem Fall drücken Sie bitte "einmal ausführen", wenn Sie das Add-In laden und vewenden möchten, oder "jedesmal ausführen", wenn Sie diesen Dialog zukünftig unterdrücken möchten.

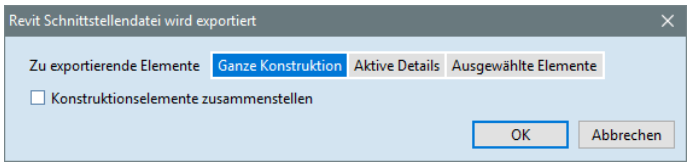
Exportierte Daten

Vorläufig werden nur geometrische Daten nach Revit exportiert. Dies sind:

- Linienelemente inkl. Material und Querschnitt
- Bereiche inkl. Material
- Auflager

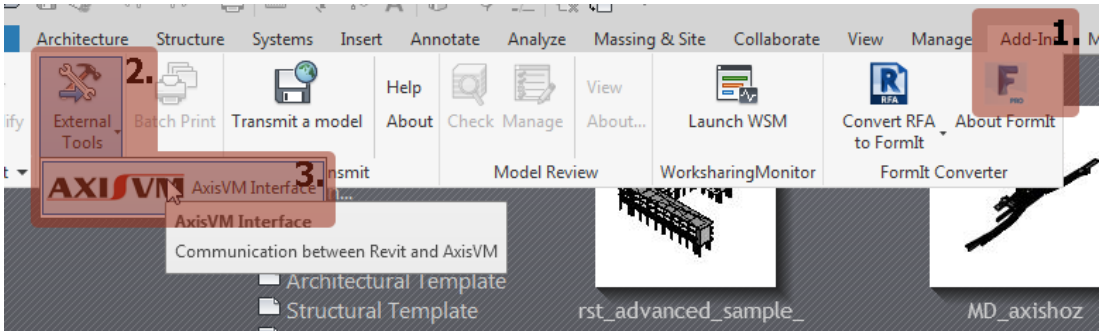
Verwendung

Der Export muss immer nach folgender Anleitung von AxisVM aus gestartet werden:
Datei -> Exportieren -> In Revit exportieren (*.are)
Durch Drücken der Schaltfläche *Einstellungen*, kann zwichen folgenden Optionen gewählt werden:



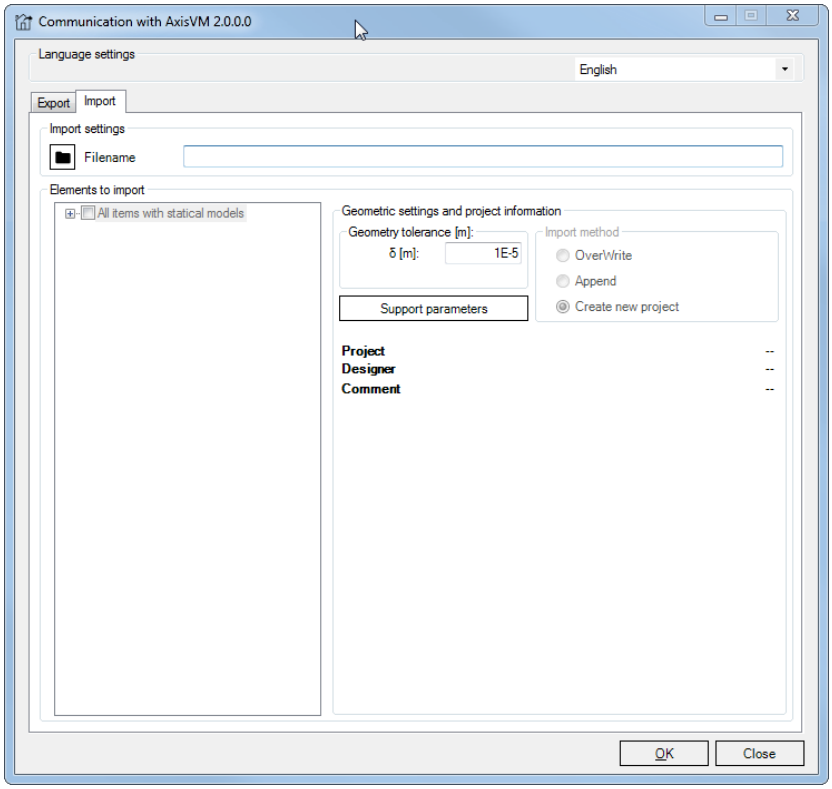
- Ganzes Modell – alle exportierbaren Daten werden in die Datei eingefügt
- Angezeigte Teile – Alle auf dem Bildschirm sichtbaren Teile werden exportiert
- Ausgewählte Elemente – Nur ausgewählte Elemente werden exportiert

Nachdem Sie die .are-Erweiterungsdatei gespeichert haben, können Sie sie wie im angehängten Bild dargestellt in Revit importieren:



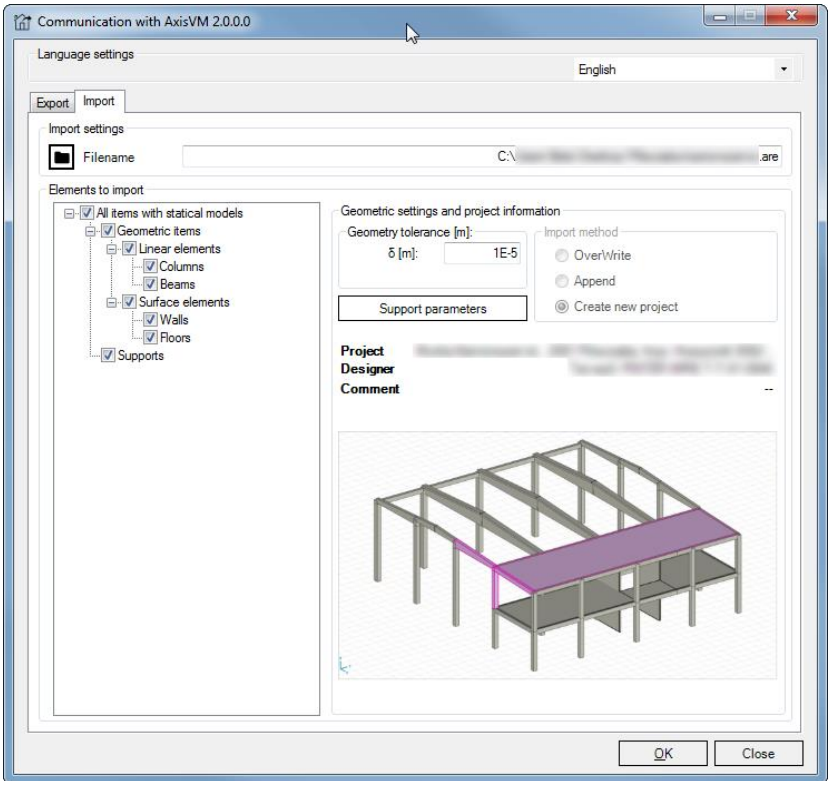
Add-Ins / Externe Tools / AxisVM Interface

Anschliessend wird folgender Dialog erscheinen:



Sofern in Revit ein geöffnetes Projekt vorhanden ist, werden sowohl die Registerkarten "Exportieren" als auch "Importieren" aktiviert, andernfalls kann nur das Register "Importieren" verwendet werden.

Um .are-Erweiterungsdateien zu importieren, müssen Sie die Taste links neben dem Dateinamen drücken. Danach wird die Auflistung auf der linken Seite durch den Inhalt der Datei aktualisiert, und eine Vorschau des zu importierenden Modells wird in der unteren rechten Ecke angezeigt.



Elemente, die importiert werden sollen, können mithilfe der Auflistung links kontrolliert werden.

Import Methode

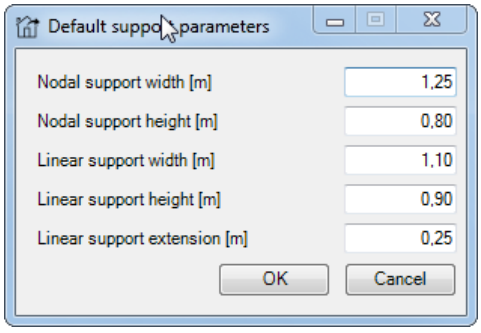
Wenn Sie zum Zeitpunkt des Imports ein offenes Projekt haben, können Sie aus mehreren Optionen auswählen:

- Überschreiben - Alle Elemente werden aus dem Projekt gelöscht (ausser den zuvor angehefteten), und neue Elemente werden in dieses bereinigte Projekt importiert
- Anhängen - neue Elemente werden dem Projekt hinzugefügt, ältere Elemente werden bewahrt
- Neues Projekt Erstellen - geöffnete Projekte bleiben unverändert, und es wird ein neues Projekt erstellt, in das alle Elemente importiert werden

Wenn Sie kein geöffnetes Projekt haben, wird ein Neues erstellt. Es ist wichtig zu beachten, dass nur die dritte Option aktiviert ist, wenn das Projekt schreibgeschützt ist.

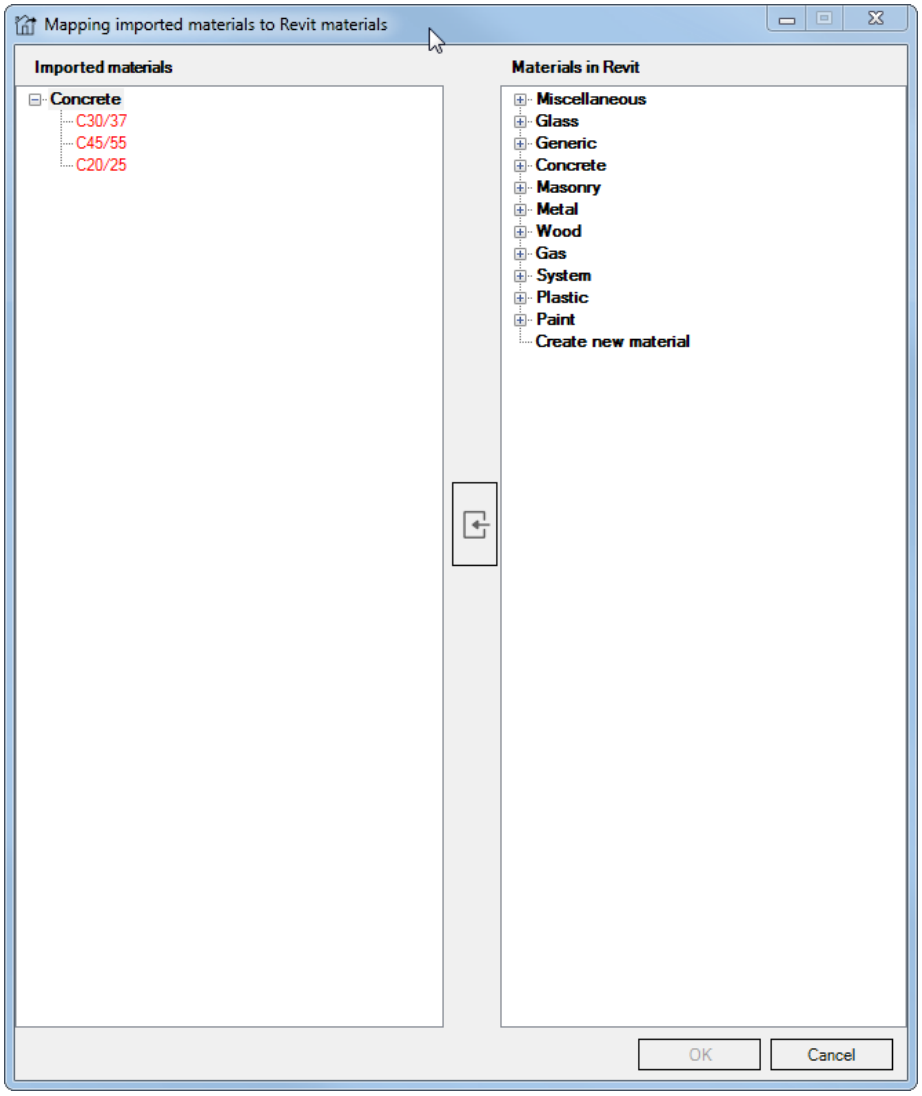
Auflager Parameter

Auflager werden basierend auf der unten genannten Überlegung importiert:
Wenn in AxisVM einem Auflager eine bestimmte Geometrie zugewiesen wurde, wird diese Eigenschaft verwendet. Sonst wird die Geometrie basierend auf Standard-Parametern zugewiesen, die durch Klicken auf "Auflager-Parameter" angepasst werden können.



Material Zuordnung

Da AxisVM-Materialien nicht direkt den Revit-Materialien zugeordnet werden können, ist eine Benutzerinteraktion erforderlich, um diese Zuordnung zu unterstützen. Dies erfolgt über folgenden Dialog:



Sie können den Importvorgang nur fortsetzen, wenn alle Zuordnungen in diesem Formular vorgenommen worden sind. Um ein AxisVM-Material einem Revit-Material zuzuordnen, müssen Sie auf der linken und auf der rechten Seite jeweils einen Material-Typ auswählen. Wenn Sie dann auf die Schaltfläche in der Mitte klicken, wird das ausgewählte AxisVM-Material dem ausgewählten Revit-Material zugeordnet. Die Auswahl springt dann automatisch auf das nächste nicht zugeordnete Material. Nicht zugeordnete Materialien sind rot gezeichnet, alles andere ist schwarz dargestellt.
Sie müssen diese Zuordnungen nicht einzeln durchführen. Wenn Sie stattdessen einen Knoten mit mehreren untergeordneten Materialien auswählen, werden alle untergeordneten Materialien des Knotens dem ausgewählten Revit-Material zugewiesen.
Wenn Sie den letzten Knoten der rechten Baumstruktur (neues Material erstellen) auswählen, wird ein neues Revit-Material in die Datenbank eingefügt, wobei die Eigenschaften vom ausgewählten AxisVM-Material übernommen werden.

Nachdem alle Zuordnungen durchgeführt wurden, drücken Sie OK und Sie können den Importvorgang fortsetzen.

3.1.6.4. In Tekla Strukturen exportieren

Xsteel-Datei

Zwei verschiedene Foramte sind verfügbar:

Tekla Structures (TS) ASCII-Datei (*.asc)

Die Funktion erstellt eine Datei, die vom Stahlbau-CAD-Programm Xsteel eingelesen werden kann. Die Datei enthält die i-j Endkoordinaten der Stab- und Fachwerkstabelemente, die zugehörigen Querschnittsdaten und den Referenzpunkt, von dem die räumliche Ausrichtung der Elemente bestimmt wird.

Tekla (TS) Structures DSTV-Datei (*.stp)

Speichert die Daten von Fachwerkstab- und Stabelementen (Endpunkte, Material, Querschnitt, Referenz) als Standard DSTV-Datei. Dieses Format wird von diversen CAD-Stahlbausoftwareherstellern unterstützt.

Tekla Structures 2019 (und alle späteren Versionen) unterstützen beidseitige Verbindungen mit externen Programmen. Das TI-Modul von AxisVM kann die entsprechende Verbindung herstellen. Diese Form des Datenaustausches ist anderen Formen vorzuziehen (*3.1.9.1 Zwei-Weg Verbindung für Tekla Strukturen Version 2019 und neuer*).

3.1.6.5. In Nemetschek AllPlan exportieren

Nemetschek AllPlan ASF Datei

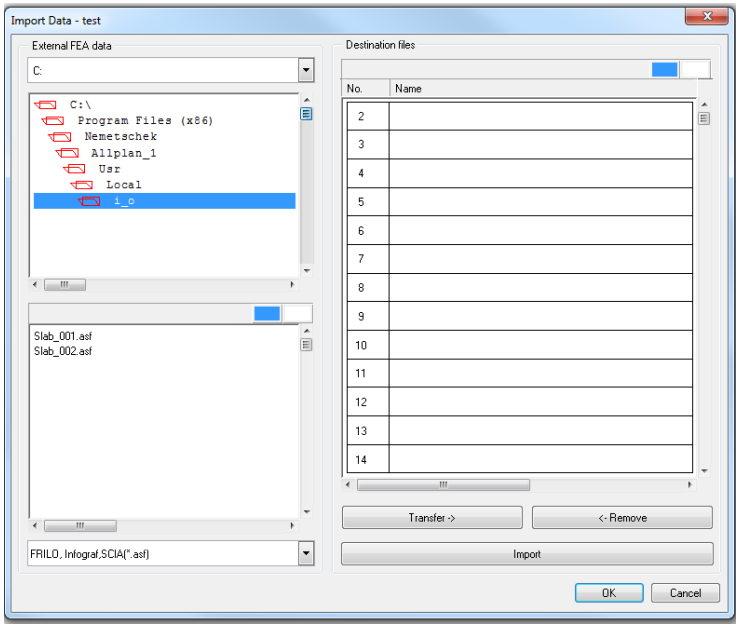
Export dieses Dateityps erfordert das ALP Modul.

Exportiert Bewehrungsgehalte aller aktiven Bereiche in separate Dateien (Dateiname_001.asf...) welche später im Batch-Modus (gleichzeitig) in Nemetschek Allplan importiert werden können. Aufgrund von Importbeschränkungen von Allplan werden Bereiche in die XY oder XZ Ebene transformiert, je nachdem welche Ebene näher bei der exportierten Ebene liegt.

Es werden nur Bewehrungen von Bereichs-Flächenelementen exportiert, Bewehrungen aus individuell definierten Flächenelementen werden nicht exportiert.
Es werden 3 Bewehrungswerte für jedes Flächenelement von Bereichen mit dreieckförmiger Vermaschung und 4 Bewehrungswerte für jedes Flächenelement von Bereichen mit viereckförmiger Vermaschung exportiert.
Wählen Sie “Verschieben in den Ursprung” falls Sie die exportierten Werte in den Ursprung verschieben möchten. Wählen Sie den Bewehrungstyp den Sie exportieren wollen: erforderlicher (berechnet), aktuelle (definierte) oder das Maximum der beiden.

Importieren von asf-Dateien nach Allplan

Um eine asf Datei zu importieren, geht man auf ***Create/Interfaces/Import FEA files*** im Allplan Menü.
Danach wählt man den richtigen Ordner in der Verzeichnisstruktur oben links aus. Die asf Dateien werden im Fenster unten links angezeigt. Wähle eine oder mehrere asf Dateien aus und markiere den Platz dieser Dateien auf der rechten Seite in der Liste.
Klicke auf den **Transfer** Button, um die selektierten Dateien in die rechte Liste zu übertragen.
Nun klick auf die **Import** Schaltfläche. Die gewählten Dateien werden importiert.
Schliesse das Fenster mit OK.



Zeige das Isoflächendiagramm der improtierten Bewehrung

- Klick auf Create/Engineering/Bar Reinforcement/FEA reinforcement Color Image im Allplan menu
- Klick auf die gewünschte asf Datei.
- Wähle den Layer (oben/unten) und den Typ der Bewehrung (Druck/Zug).
- Klicke OK

3.1.6.5.1 Export ins SAF Dateiformat

Der Export dieses Typs erfordert das **SAF Modul**.

Dieses Excel-basierte Dateiformat unterstützt den Austausch von Strukturdaten mit anderen Programmen, welche dieses Protokoll ebenfalls unterstützen. Die Datei beststeht aus standardisierten Tabellen für die Geometrie, Elemente und Lasten. Die exportierten Daten können in Excel geprüft und/oder angepasst werden. Das SAF-Format wird von ArchiCAD, AllPlan, SCIA und RFEM unterstützt.
Die exportierten Objekte umfassen

- Fachwerkstäbe, Träger, Stützen, Plattenbalken, Auflager, Bereiche und Verbindungen (Gelenke, Verbindungselemente)
- Querschnitte
- Auflagersteifigkeiten
- Lasten, Lastkombinationen

Anwendung

Der Export erfolgt über das Menü Datei / Export / SAF Export (.xlsx). Nach Angabe von Pfad und Dateinamen kann der Export gestartet und die Datei gespeichert werden.*

SAF Einstellungen

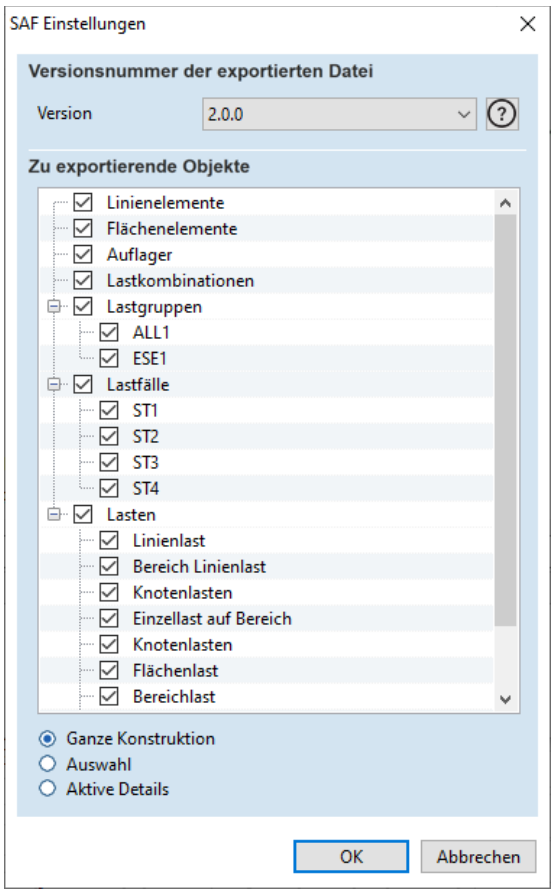
Zu exportierende Objekte können gefiltert werden.

Zunächst muss die exportierte SAF-Version ausgewählt werden (1.0.5 bis 2.0.0). Nähere Informationen zu den Unterschieden erhalten Sie durch Klicken auf das Fragezeichen. Es wird empfohlen, immer die neuste Version zu verwenden, aber wenn die Zielanwendung dies nicht unterstützt, kann die kompatible Version ausgewählt werden.

Der Struktubaum der verfügbaren Objekttypen liest Lastgruppen und Lastfälle aus dem Modell. Bei einer großen Anzahl von Lasten und Lastfällen kann es erforderlich sein, diese zu deaktivieren, um die resultierende Dateigröße angemessen zu halten.

Der Hauptfilter unten in der Maske ermöglicht den Export

- der ganzen Konstruktion
- der Auswahl
- oder der aktiven Details



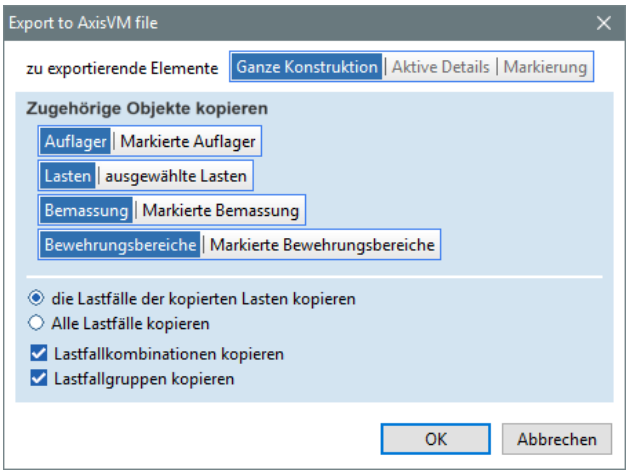
3.1.6.6. In AxisVM exportieren

AxisVM Viewer

Speichert das Modell im AxisVM Viewer-Format (*.axv).
Siehe... *8 AxisVM Viewer und Viewer Expert*

AXS-Datei

Die folgenden Elementgruppen können exportiert werden: Die gesamte Konstruktion, aktive Details oder ausgewählte Elemente.
Um die Export-Optionen ähnlich wie die Kopier-Optionen auszuwählen (**siehe...** *3.2.8 Kopieren-/Einfügen-Optionen*), klicken Sie auf die Schaltfläche "Einstellungen" des *Export*-Dialogs.



Exportieren von ausgewählten Elementen

Im Programm ist einstellbar, ob nur ausgewählten Elemente oder das ganze Modell in eine Datei exportiert wird.

Einheiten

Die Einheit für die Koordinaten der exportierten Dateien kann hier gewählt werden. Standardwert ist Meter [m].

3.1.6.7. In andere Programmen exportieren

BoCad-Datei	Die Funktion erstellt eine Datei, die vom Stahlbau-CAD-Programm BoCad verwendet werden kann. Die Datei enthält die i-j Endkoordinaten der Stab- und Fachwerkstabelemente, die zugehörigen Querschnittsdaten und der Referenzpunkt von dem die räumliche Ausrichtung der Elemente bestimmt wird.
StatikPlan Datei	Für StatikPlan exportiert AxisVM eine DXF-Datei, welche die Umrisse der bewehrten Platte, die berechnete Bewehrung als Isolinien und die Resultatlegende in verscheidenen Layern enthält.
PianoCA Datei	Erstellt eine *.pia-Interface-Datei für PianoCA. Sie beinhaltet Daten, Auflager, Lasten und die berechneten Resultate für die ausgewählten Stabelemente.
Glaser -isb cad-.fem fájl*	Exportiert Bewehrungsbereiche ins Glaser -isb cad-Programm.
CADWork-Datei	Erstellt eine DXF-Datei zur Verwendung mit CADWork-Software zur detaillierten Anzeige von Verstärkungen. Es werden nur ausgewählte Bereiche exportiert. Da CADWork in 2D arbeitet, müssen sich die ausgewählten Bereiche auf derselben Ebene befinden. Jeder Bereich in der DXF-Datei wird in ein lokales X-Y-Koordinatensystem umgewandelt, die z-Koordinate repräsentiert die errechnete Masse der Verstärkung.
SDNF 2.0, 3.0-Datei	Speichert das Modell als SDNF-Datei (Steel Detailing Neutral Format), das von den Stahlbau-Programmen Advance Steel, SDS/2, Tekla Structures, PDMS gelesen werden kann.

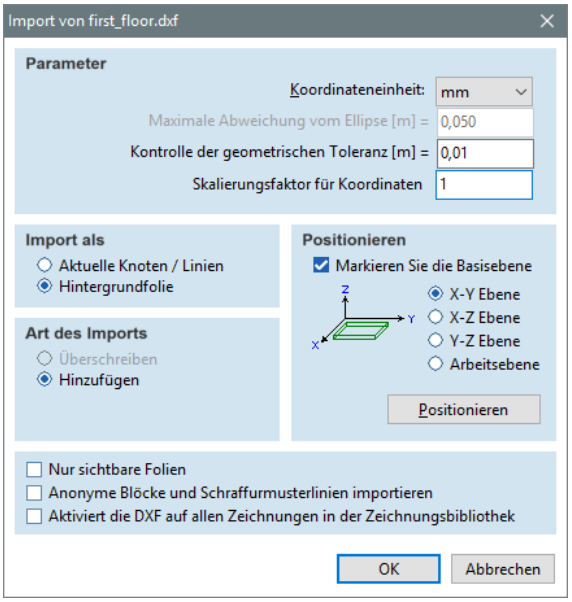
3.1.7. Import

Es können verschiedene Dateitypen eingelesen und bearbeitet werden, um Daten von anderen Ingenieurprogrammen zu importieren und eine Verbindung zu BIM-Systemen (Building Information Modeling) zu schaffen.

3.1.7.1. Eine DXF-Datei importieren

*AutoCAD *.dxf Datei*

Aus einer AutoCAD-Datei (DXF-Format) kann das Programm das Liniennetz des AutoCAD-Modells einlesen. Die DXF-Datei kann mit einer AutoCAD 12, 13, 14 2000 oder 2004 erstellt werden.
Die Folien der importierten Datei werden in den Folienmanager (**siehe**... *3.3.3 Folienmanager*) geladen. Wenn sich die Daten der importierten Datei ändern, erfolgt eine Abfrage, ob die Folie angepasst werden soll.



Die Bögen und Kreise werden in einen Polygonzug konvertiert, wenn sie als aktives Netz geladen waren und werden als Kreisbögen dargestellt, wenn sie als Hintergrundbild platziert werden. Die Länge der Polygonelemente werden von der Abweichung des Kreisbogens beeinflusst. Man kann das so eingefügte Netz in zwei Formen anwenden, als aktives Netz oder als Hintergrundlayer.

☞ ***Ellipsen werden nur dann als Polygone konvertiert, wenn sie als aktive Linien und Knoten importiert werden, andernfalls bleiben sie Ellipsen.***

☞ ***In der Resultatansicht können Sie nur in die Hintergrundlayer importieren.***

Parameter

Koordinateneinheit
Sie müssen die Längeneinheit der importierten DXF-Datei eingeben.

Polygonumwandlung von Ellipsen [m]
Kreise und Kreisbögen werden in Polygonzüge konvertiert. Die Länge der Polygonelemente wird vom Parameter ***e*** beeinflusst.

Ellipsen werden als Polygone konvertiert, wenn sie als aktive Linien und Knoten importiert werden. Die Länge der Polygonseiten ergeben sich aus diesem Parameter.

Kontrolle der geometrischen Toleranz [m]
Die Doppelknotenpunkte werden dabei ausfiltriert. Liegen zwei Punkt näher als der vorgegebene Wert, werden die Punkte in einen neuen Punkt zusammengefasst. Die Koordinaten des neuen Punktes werden die Mittelwerte des ursprünglichen Punktepaares sein.

Import als

Aktuelle Knoten Linien
Das eingefügte Netz ist identisch mit dem Netz, das im Programm erstellt wurde. Es kann auf gleiche Weise angewendet und weitereditiert werden.
DXF-Layer können benutzt werden, um Details zu erzeugen.

Hintergrundfolie
Das eingefügte Netz ist zwar auf dem Bildschirm dargestellt, kann aber nur indirekt auf das statische Modell angewendet werden. Es funktioniert als Hintergrundlayer, welcher die Orientierung bei der Dateneingabe vereinfacht (z.B.: man kann die Deckengrundrisse, Schnitte von einer Architektenzeichnung importieren, usw.).

Für die Punkte und Linien des Hintergrundlayers ist der Cursor ***sensibel***, deshalb können beim Konstruieren Hilfspunkte und Hilfslinien benutzt werden.

Der Hintergrundfolie wird mit grüner Farbe dargestellt.

Art des Imports

Sie können wählen
- vorhandene Geometrie *überschreiben*
- vorhandene Geometrie *hinzufügen*

Positionieren

Durch Benutzen des Positionieren-Knopfes kann man die DXF-Zeichnung im Koordinatensystem beliebig positionieren.

Nur sichtbare Folien

Mit dieser Option werden nur diejenigen Folien in AxisVM importiert, welche in der DXF-Datei als sichtbar gesetzt sind.

Schraffurmuster-linien importieren

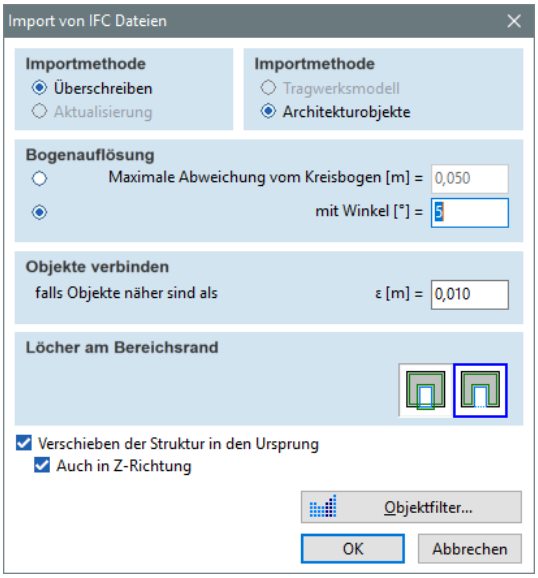
Schraffuren werden als einzelne Linien in einer DXF dargestellt. Daher ist es in den meisten Fällen nicht empfehlenswert, diese zu importieren. Falls diese dennoch benötigt werden, kann die Funktion einfach angewählt werden.

3.1.7.2. IFC-Dateien importieren

*IFC 2x, 2x2, 2x3, 2x4 *.ifc datei*

Import dieses Dateityps erfordert das IFC Modul.

Importiert Objekte aus Architekturmodellen, welche im IFC 2.0 Format exportiert wurden (Archicad, Allplan etc.).
Diese Objekte können auf einfache Weise in ein AxisVM-Modell konvertiert werden.
Sie können objektbasierte Architekturmodelle aus den Anwendungs -programmen ArchiCAD, AutoDesk Architectural Desktop, Revit Structure, Revit Building Nemetschek Allplan, Bocad und Xsteel importieren.
Wenn das AxisVM-Modell bereits ein Architekturmodell enthält, kann es beim Importvorgang überschrieben oder aktualisiert werden.
Importieren von IFC Dateien extrahiert das statische Modell (falls vorhanden) oder die Architekturobjekte überschreiben oder aktualisieren die vorhandenen Information innerhalb des AxisVM Modells.



Diese Funktion ist nur für Geometrie, Elemente, Lasten und Netze verfügbar!

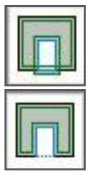
Statisches Modell

Ab IFC Version 2x3 können Details des statischen Modells exportiert werden (Knoten, Topologie, Auflager, Lasten, Lastkombinationen). Das *Statische Modell* Option ist nur dann verfügbar, wenn die Datei diese Informationen enthält. Falls es nur Architekturobjekte (Stützen, Balken, Wände, Decken, Dächer) enthält, kann das statische Modell automatisch erzeugt werden, nachdem die Datei in AxisVM importiert worden ist.

Architekturobjekte

Diese Option kann vorhandene Architekturmodellinformationen im AxisVM-Modell überschreiben oder aktualisieren. AxisVM kann Stützen, Balken, Wände, Decken, Dächer einlesen.
Siehe... *4.9.23 Generieren eines statischen Systems aus einem Architekturmodell*

Öffnung an den Bereichsrand angepasste



Import als Öffnung

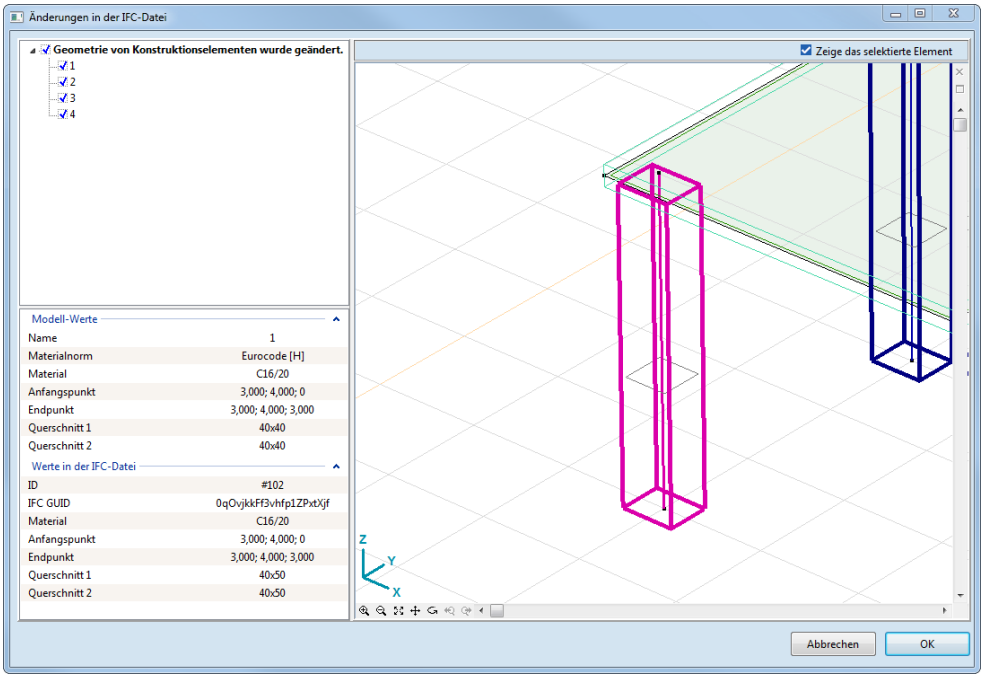
Bereichsrand anpassen

Gebäude auf den Ursprung verschieben

Bei Auswahl dieser Option berechnet AxisVM das Gravitationszentrum des importierten Modells und passt das ganze Modell an, sodass das Gravitationszentrums auf dem Nullpunkt des Koordinatensystems zu liegen kommt. Dies kann nützlich sein, wenn das importierte Modell grosse Koordinatenwerte aufweist. Wenn das Auswahlkästchen *auch in z-Richtung* aktiviert ist, wird das Modell auch in z-Richtung so verschoben, dass das Gravitationszentrum auf dem Nullpunkt liegt.

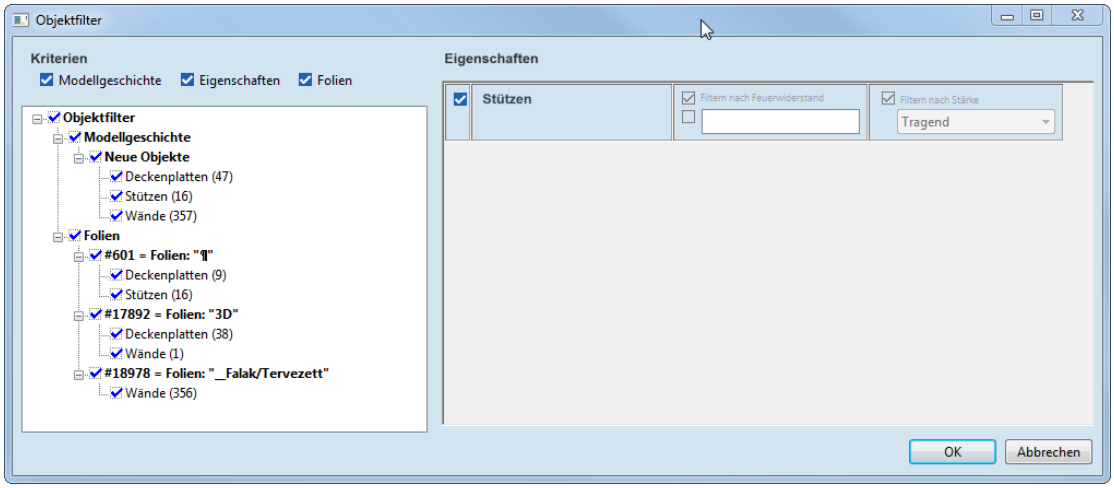
Automatische Erkennung von Änderungen

Diese Funktion listet neue, veränderte und gelöschte Objekte auf, wenn eine IFC Datei erneut importiert wird. Jede Veränderung kann akzeptiert oder ignoriert werden. Wird eine Änderung im Verzeichnis ausgewählt, wird die Lage im aktuellen Modell angezeigt.



Filter - Objekte





Filtern nach *Modellgeschichte* – Der Benutzer kann zwischen dem Importieren neuer oder modifizierter Elemente wählen.
Dieser Filtertyp funktioniert nur für Dateien, welche zuvor aus AxisVM exportiert und in einem anderen Programm bearbeitet worden sind.
Filtern nach *Eigenschaften* – Der Benutzer kann Elemente gemäss ihrer Lastaufnahmekapazität und oder Feuerwiderstandsklasse wählen. Der Filter funktioniert nur, wenn diese Informationen in der Datei enthalten ist.

Filtern nach *Layer* – wenn die IFC-Datei Layerinformationen für die Einheiten beinhaltet, kann der Benutzer wählen, welche Layer er importieren will und welche nicht.

☞ ***Falls ein Modell aus ADT (Architectural Desktop) exportiert wird, muss die automatische Schnittermittlung von Wänden ausgeschaltet werden, bevor die IFC-Datei erzeugt wird.***

3.1.7.3. Revit RAE Dateien importieren

Import aus Revit

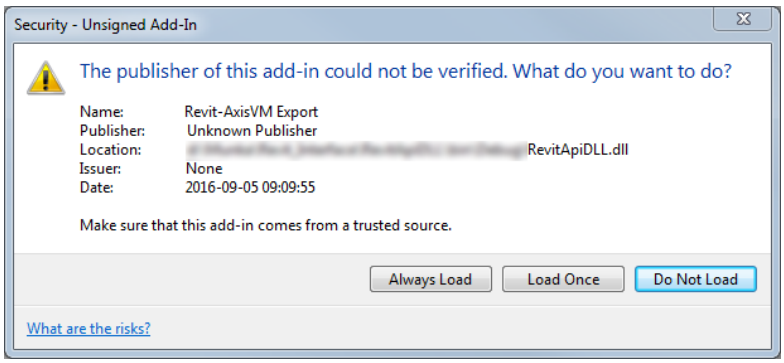
AxisVM kann Daten durch eine direkte Schnittstelle zwischen AxisVM und Autodesk Revit 2015 (oder neuer) empfangen. Diese basiert auf dem Revit API.
Am Ende vom AxisVM Installationsprozess wird ein Ordner „RevitImport" im AxisVM Verzeichnis angelegt mit allen nötigen Dateien. Im folgenden Ordner wird eine Dateierweiterung angelegt:
c:\Users\<UserName>\AppData\Roaming\Autodesk\Revit\Addins\yyyy, wobei "yyyy" einen Zahlenwert grösser gleich 2015 ist. Sowohl die Datei als auch der Inhalt im Ordner „RevitImport" sind für einen korrekten Datenaustausch erforderlich.
Es gibt zwei Möglichkeiten des Datenaustausch

1. ***Verwenden einer Austauschdatei***
2. ***Direktimport mit der AxisVM COM Schnittstelle***

Verwenden des REV Moduls

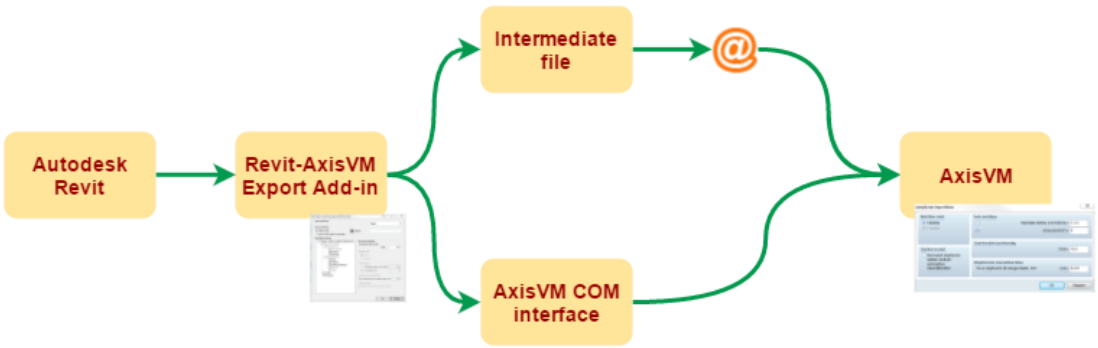
Schema des Datenflusses

☞ ***Im Revit2017 erscheint beim Start von Drittanbietern das unten gezeigte Fenster.***

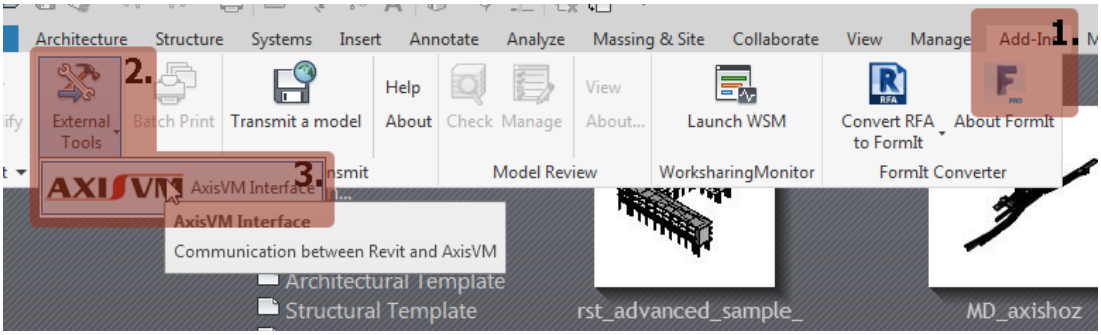


Mit „Immer laden" merkt sich Revit2017 das für die Zukunft, mit „Einmal laden" muss die Verwendung bei jeder Nutzung neu erlaubt werden.

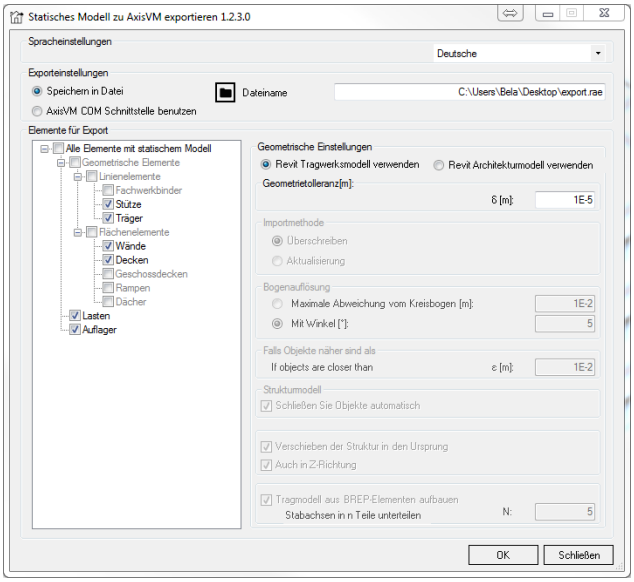
Verwendung



Der Prozess muss **aus dem Revit** gestartet werden (Export aus Revit)
Add-Ins / Externe Tools / AxisVM Interface



Im „Export Statisches Modell zu AxisVM" Dialog stehen zwei Export Möglichkeiten zur Auswahl. Je nach Auswahl gibt es unterschiedliche Einstellmöglichkeiten. Bei Auswahl „AxisVM COM Schnittstelle" erlaubt gewisse Geometrieparameter einzustellen. Die Sprache kann auch aus einer Liste ausgewählt werden.
Wenn „Revit Tragwerksmodell verwenden" angewählt ist, dann wird auch nur das Tragwerksmodell, wie in Revit definiert, exportiert. Ansonsten wird das Architekturmodell exportiert.



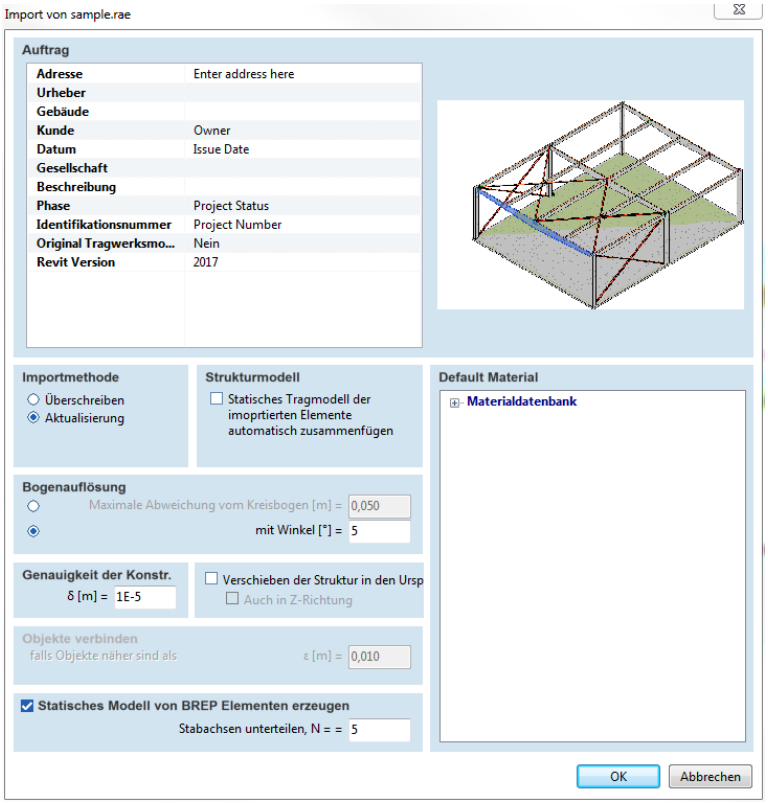
Import mit Austauschdatei

Für den Datenaustausch von unterschiedlichen Anwendern ist diese Methode geeignet.

Zuerst ist ein Dateiname zu vergeben. Nach erfolgreichem Abspeichern der Austauschdatei in Revit kann diese ins AxisVM importiert werden.

Zuerst muss der Name der zu speichernden Datei eingegeben werden und die Version von AxisVM ausgewählt werden. Nach erfolgreichem Speichern kann die erzeugte Datei in AxisVM importiert werden.

Beim Import in AxisVM erscheint ein Fenster.



Projekt Die Projektinformationen aus dem Revit sind oben links aufgelistet. Das Bild rechts zeigt eine Vorschau aus dem Projekt, wie es im Revit aussieht.

Import Methode Ist das AxisVM Modell nicht leer, kann entweder das alte überschrieben werden oder aktualisiert.

Tragwerksmodell Ist diese Option aktiviert, wandelt AxisVM die reinen Geometriedaten in ein ordentliches Tragwerksmodell um. Aneinanderstossende Balken werden mit einem Starrkörper verbunden, nebeneinanderliegende Bereiche werden verbunden, Balken die auf Bereichen liegen werden in Unterzüge umgewandelt. Dieses kann die Ressourcen belasten, daher wird unter Umständen der Import verlangsamt.

Bogenauflösung Einige Geometrische Berechnungen erfordern eine Umwandlung in Polylinien.

Toleranz anpassen Toleranz für die Berechnung der Geometrie.

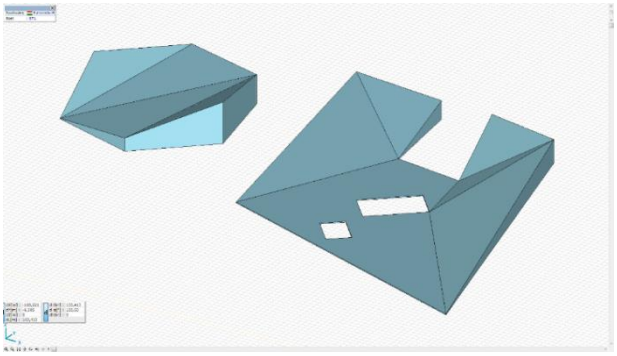
Objekte verbinden Um die Erkennung der aneinanderstossenden Objekte zu verbessern, sind die Begrenzungsrahmen der Objekte etwas aufgeweitet. Dieser Toleranzwert kann hier eingestellt werden.

Direktimport mit COM Schnittstelle Wenn AxisVM und Revit auf demselben PC installiert sind, kann diese Exportvariante verwendet werden. Nach einem erfolgreichen Export durch die AxisVM COM Schnittstelle wird AxisVM gestartet. Jetzt kann hier das Modell weiter angepasst werden. Die Geometriedaten müssen vorher im Revit Export Dialog definiert sein.

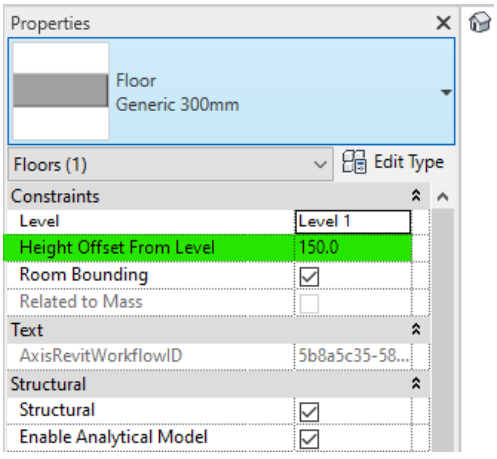
Gebäude auf den Ursprung verschieben Bei Auswahl dieser Option berechnet AxisVM das Gravitationszentrum des importierten Modells und passt das ganze Modell an, sodass das Gravitationszentrum auf dem Nullpunkt des Koordinatensystems zu liegen kommt. Dies kann nützlich sein, wenn das importierte Modell grosse Koordinatenwerte aufweist.
Wenn das Auswahlkästchen *auch in z-Richtung* aktiviert ist, wird das Modell auch in z-Richtung so verschoben, dass das Gravitationszentrum auf dem Nullpunkt liegt.

Elemente für den Export Die zu exportierenden Elementtypen können in der Verzeichnisstruktur ausgewählt werden.

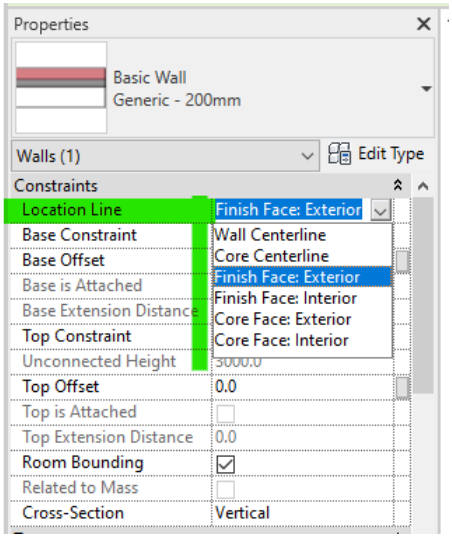
Ab Version X4 können auch abgeschrägte und exzentrische Elemente exportiert werden.



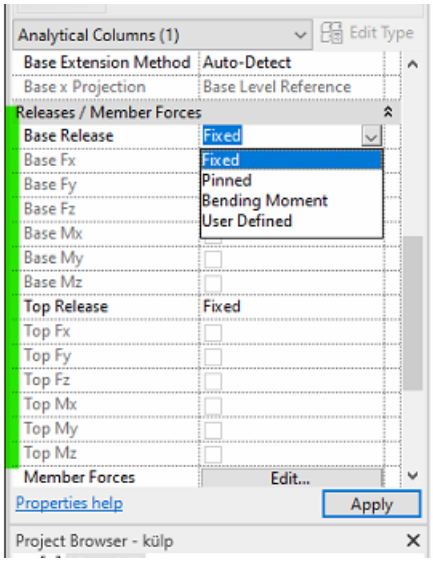
Ab Version X6 erkennt AxisVM exzentrische Bereiche und Balken. Die Exzentrizität von Scheiben wird vom grün markierten Bereich eingelesen.



Die Exzentrizität von Wänden wird von den markierten Parametern eingelesen. Diese beschreiben die Position der Referenzlinie relativ zu bedeutenden Punkten.

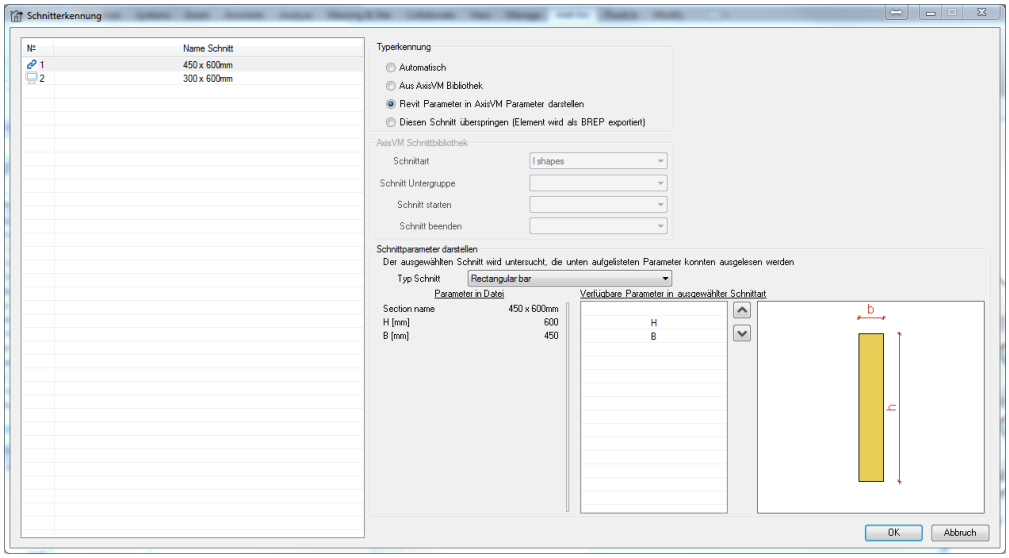


Ab Version X6 können die Lagerungsbedingungen von Balken von Revit importiert und exportiert werden. Die Revit-Pendants der Lagerungsbedingungen sind im Screenshot markiert.



Querschnitts-erkennung

Werden die Querschnittsinformationen aus der Revit Datenbank nur ungenügend erkannt, erscheint der unten abgebildete Dialog. Der Anwender kann nun auswählen.



Die Liste zeigt alle Querschnitte des Modells. Deren Symbol zeigt ob die automatische Erkennung erfolgreich war oder nicht.

Es gibt drei Methoden zur Querschnittserkennung:

Automatisch: Das Add-In ermittelte die Querschnittsdaten aus Revit erfolgreich.
Aus der AxisVM Querschnittsbibliothek: Wenn die automatische Erkennung fehlschlägt, kann aus der AxisVM Bibliothek der Querschnitt ausgewählt werden.

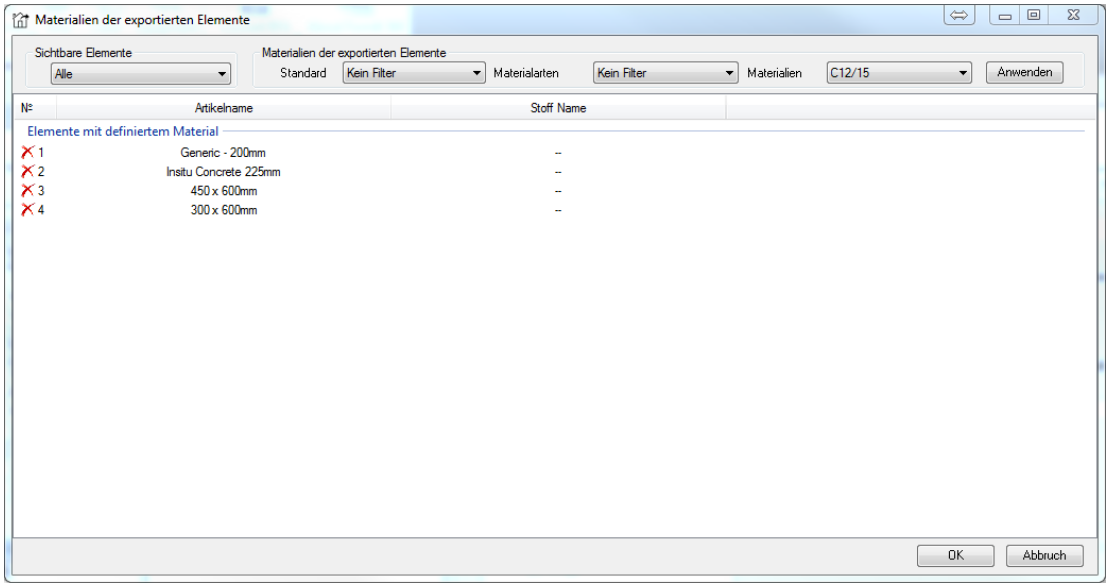
Zuordnen von Revit an AxisVM Parameter: Die Querschnittsparameter in Revit können evtl. nicht durchgängig sein, dann ist es unter Umständen nötig eine einmalige Zuordnung durchzuführen. Es kann dazu eine Eigenschaft aus der Liste ausgewählt werden und an die korrekte Stelle hoch und runter geschoben werden, um die entsprechende Eigenschaften ans AxisVM anzupassen.

„*Diesen Querschnitt überspringen*" bedeutet, dass alle Elemente mit diesem Querschnitt als allgemeines Objekt mit seinen Außengrenzen (boundary representation BREP) importiert werden, aber ohne die Tragstruktur.

☞ ***Das Add-in lernt die Parameterzuordnung, so dass es beim nächsten Mal automatisch die Querschnitte identifiziert.***

Materialien definieren

Die Materialinformationen aus Revit zu übernehmen führt zu ähnlichen Problemen. Wenn das Add-In fehlschlägt, muss die Zuordnung vom Anwender erfolgen.



Werden einige Elemente nicht zugewiesen, so importiert AxisVM diese mit einem Standardmaterial.

Wenn der Installer fehlschlägt...

Falls die Installation aus irgendeinem Grund fehlschlägt und Revit nicht die DLL Datei des Add-Ins findet, so kann dieses manuell installiert werden. Dazu ist die *!REGISTER_Revit.BAT* im AxisVM Installationsverzeichnis mit Administratorenrechten zu starten.

☞ ***Es ist wichtig issen, dass die Kommunikation zwischen den beiden Programmen auf der Revit API Schnittstelle basiert. Das Tragwerksmodell der Elemente wird aus der Revit Datenbank übernommen. Wenn Revit diese Daten nicht korrekt übermittelt, kann AxisVM nur die Umrisse des Elements übernehmen. Das Tragwerksmodell erfordert sicher noch viele kleinere Anpassungen um es lauffähig zu machen. AxisVM versucht die Objekte zu verbinden (sofern die Option aktiviert wurde), aber manchmal muss der Anwender das Modell manuell anpassen um ein vernünftiges Tragmodell zu erhalten.***

Vergleichsbasierter Datenaustausch

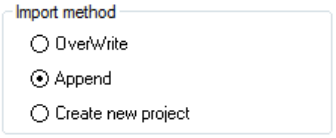
Seit der Version X5 können sich AxisVM und Revit einen Workflow teilen. Dies ist eigentlich ein vergleichsbasierter Export-Import.
Damit können Ingenieure, die am gleichen Projekt arbeiten, neue oder geänderte Elemente importieren, ohne die anderen Elemente zu verändern.
Der Workflow-Prozess kann sowohl aus AxisVM als auch aus Revit gestartet werden.

Wenn Sie von Revit aus starten, müssen Sie das Kontrollkästchen unten im Hauptfenster aktiviert lassen.



Der Grund dafür ist, dass die Anwendung die Erlaubnis des Benutzers benötigt, um die notwendigen Parameter in die Projektdatei einzufügen und die Datei anschliessend zu speichern. Wenn dies nicht möglich ist, enthält die exportierte Datei keine Workflow-Parameter. AxisVM kann die erzeugte Datei weiterhin lesen, jedoch ist ein vergleichsbasierter Import nicht möglich.
Beim Starten des Workflows aus AxisVM sind solche Aktionen nicht erforderlich, notwendige Parameter werden automatisch in die Datei eingebettet.
Man kann den vergleichsbasierten Import nur verwenden, wenn es ein Modell gibt, das zuvor in beiden Anwendungen geöffnet worden ist.

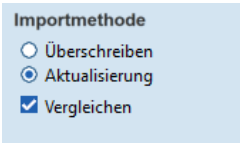
In Revit müssen die Optionsfelder wie auf dem Bild unten aktiviert werden:



In AxisVM sehen Sie beim Import einer zuvor mit Workflow-Parametern gespeicherten Datei die untenstehenden Zeilen:

Revit version	2019
Export selected only	No
Data exchange compat...	Yes

Damit der Vergleich tatsächlich stattfindet, müssen Sie das untenstehende Kontrollkästchen aktivieren:

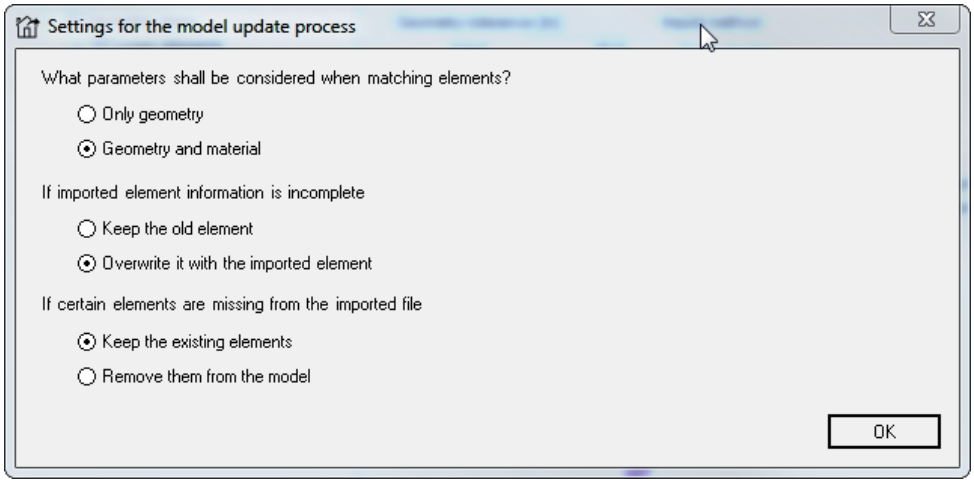


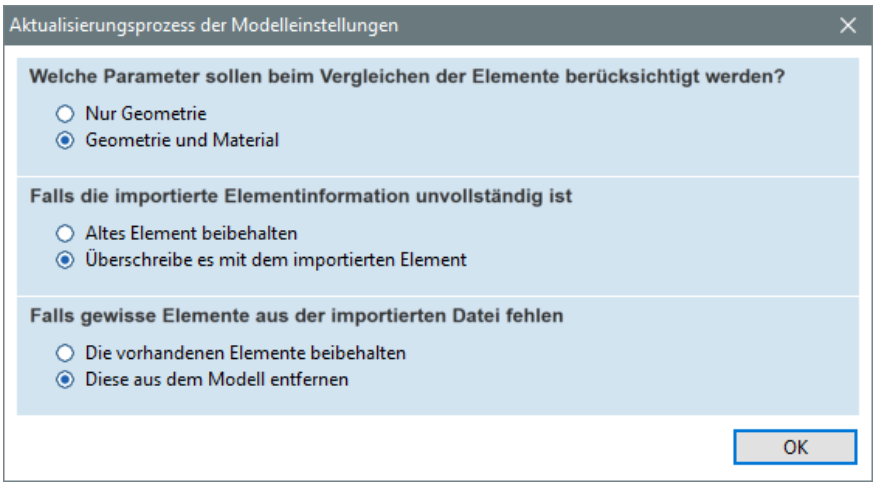
Während des Imports werden drei grundlegende Szenarien behandelt:

1. Das zu importierende Element kann im aktuellen Modell nicht gefunden werden, so dass es einfach verarbeitet und importiert werden kann.
2. Ein oder mehrere Elemente des aktuellen Modells können in der zu importierenden Datei nicht gefunden werden. In diesem Fall kann der Benutzer wählen, ob er diese Elemente entweder löschen oder ignorieren und intakt lassen möchte.
3. Das zu importierende Element befindet sich im aktuellen Modell. In diesem Fall führen wir einen Vergleich durch, basierend auf
    a. dem Material der Elemente
    b. dem statischen Modell der Elemente
    c. dem Profil oder der Dicke der Elemente

Wenn wir danach feststellen, dass sie gleich sind, wird das importierte Element übersprungen. Wenn sie sich jedoch als unterschiedlich erweisen, wird das eingehende Element bearbeitet und das frühere gelöscht.
Wenn wir aus irgendeinem Grund keinen erfolgreichen Vergleich durchführen können, können die Benutzer wählen, ob sie das vorhandene Element behalten oder das neue importieren möchten.

Diese genannten Benutzereinstellungen können vor dem eigentlichen Importvorgang auf dem unten eingefügten Formular angepasst werden:





3.1.7.4. Import aus Tekla Structures

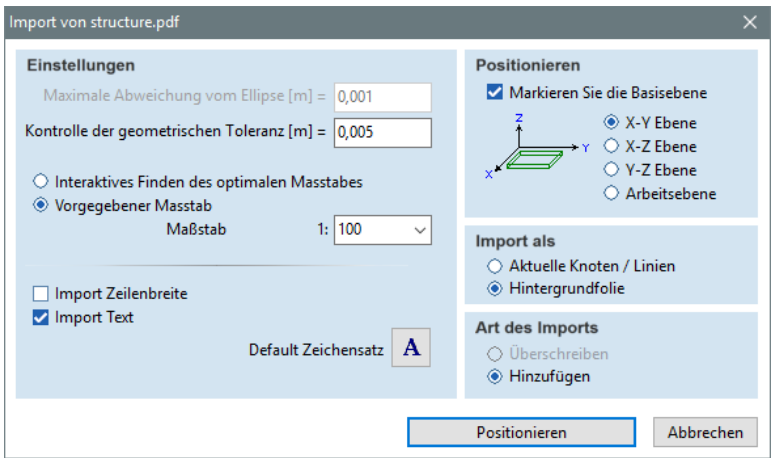
Versionen von Tekla Structures älter als 2019 unterstützen nur einseitige Kommunikation (*3.1.9.2 Ein-Weg Verbindung für Tekla Strukturen der Version 2019 und neuer*).

Für Versionen von Tekla Structures 2019 und später wird empfohlen, das IT-Modul zu verwenden, um eine beidseitige Kommunikation zwischen Tekla und AxisVM zu erzeugen (*3.1.9.1 Zwei-Weg Verbindung für Tekla Strukturen Version 2019 und neuer*).

3.1.7.5. PDF-Dateien importieren – PDF Modul

*PDF *.pdf*

Das PDF-Modul ist erforderlich, um Zeichnungen aus PDF-Dateien als Hintergrundebene oder AxisVM-Linien zu importieren.
Es werden nur Linien, Kurven und Textobjekte importiert. Andere Elemente werden ignoriert.
Die schlussendliche Grösse der importierten Grafik kann interaktiv auf dem Bildschirm (*Interaktives Finden des optimalen Massstabes*) eingestellt oder über einen *Vorgegebenen Massstab* definiert werden.
Der Import von Text und Liniendicken ist fakultativ. Beachten Sie: bestimmte PDF-Erstellungsprogramme exportieren Text als Gruppe grafischer Objekte, was eine Unterscheidung von Text und Grafik verunmöglicht.



Es kann ein *Default Zeichensatz* geladen werden, wenn die PDF eine unbekannte Schriftart enthält.
Bei mehrseitigen PDF muss nach drücken des Positionieren Buttons die Seitennummer eingegeben werden. Es kann nur eine Seite auf einmal importiert werden.

Für andere Importeinstellungen und Befehle kann im vorherigen beschriebenen Abschnitt „DXF importieren“ nachgeschaut werden.

3.1.7.6. SAF-Dateien importieren

Der Import dieses Typs erfordert das SAF Modul.

Dieses Excel-basierte Dateiformat unterstützt den Austausch von Strukturdaten mit anderen Programmen, welche dieses Protokoll ebenfalls unterstützen. Die Datei beststeht aus standardisierten Tabellen für die Geometrie, Elemente und Lasten. Die exportierten Daten können in Excel geprüft und/oder angepasst werden. Das SAF-Format wird von ArchiCAD, AllPlan, SCIA und RFEM unterstützt.

Die exportierten Objekte umfassen:

- Fachwerkstäbe, Träger, Stützen, Plattenbalken, Auflager, Bereiche und Verbindungen (Gelenke, Verbindungselemente)
- Querschnitte
- Auflagersteifigkeiten
- Lasten, Lastkombinationen

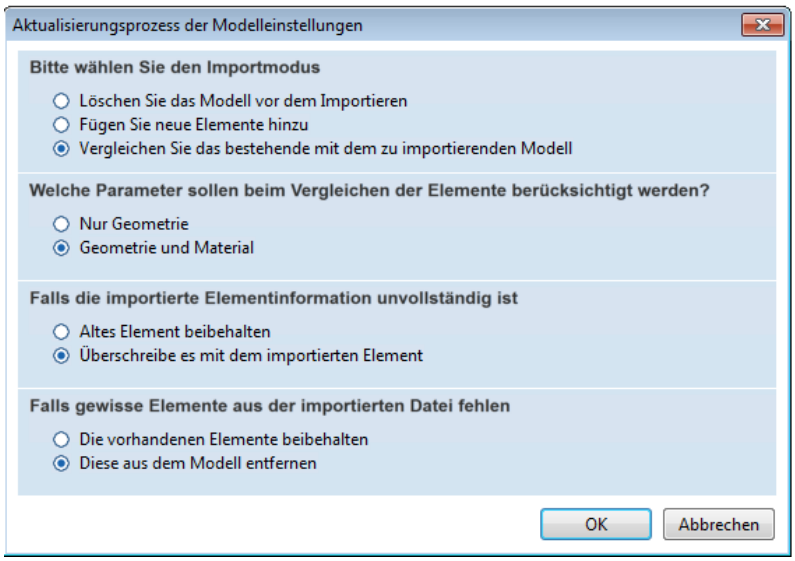
Usage

Der Import erfolgt über das Menü Datei / Export / SAF Export (*.xlsx). Nach Auswahl der Datei werden die Daten mit Öffnen eingelesen. Alternativ kann die zu importierende Datei auch in das Hauptfenster hinein gezogen werden.

Import

Der Ablauf des Imports ist abhängig davon, ob bereits ein Modell in AxisVM geöffnet ist oder nicht.

- Falls nicht, liest AxisVM die Datei und importiert die darin enthaltenen Objekte.
- Falls ein Modell geöffnet ist wrid der folgende Dialog angezeigt



- Die erste Option löscht das bestehende Modell und liest die importierte Datei ein
- Die zweite Option fügt alle eingelesen Objekte in das bestehende Modell ein
- Die dritte Option vergleicht das bestehende und importierte Modell und liest nur Objekte ein, die
    - neu
    - oder verändert sind in der Material- oder Geometriedefinition

Im Fall der letzten Option legt der Benutzer fest ob

- nur ein Vergleich der Geometrie der beiden Modelle erfolgen
- oder Materialien in den Vergleich eingeschlossen werden sollen.

Der Geometrievergleich schliesst den Abgleich von Achsen und Querschnitten von Linienelementen, den polygonalen Rand und die Dicke von Bereichen ein.

Für den Fall, dass die eingelesenen Daten unvollständig sind oder eine unerwartete Situation auftritt, legt der Anwender fest, wie weiter verfahren werden soll.

- Eingelesenes Element ignorieren
- oder bestehendes Element trotzdem ersetzen

Der Anwender legt das Vorgehen fest für den Fall, dass in der importierten Datei Elemente nicht/nicht mehr vorhanden sind.

- bestehende Elemente unverändert beibehalten
- bestehende Elemente löschen

Derzeit unterstützt der vergleichsbasierte Datenaustausch ausschliesslich Linienelemente, Bereiche und Auflager.

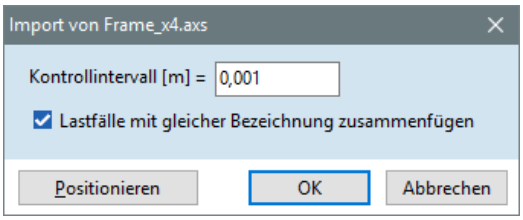
3.1.7.7. AxisVM AXS-Dateien importieren

*AxisVM *.axs Datei*

Die Eingabedateien eines gewählten AxisVM Modells werden in das aktuelle Modell eingefügt.
Die so entstandenen Doppelpunkte und Doppellinien werden laut der eingestellten Kontrollkriterien ausfiltriert. Dort, wo verschiedene Elemente sich einander verdecken, behält das Programm das im aktuellen Modell definierte Element. Unter den Materialtypen, Profilen, Referenzpunkten und Vektoren werden nur diejenigen eingefügt, die im aktuellen Modell noch nicht definiert wurden.
Wenn das eingefügte Modell Lastfälle und Lastfallkombinationen enthält, werden diese als neue Kombination definiert. Die definierten Lastfälle werden auch als neue Lastfälle definiert.
Wenn im aktuellen Modell kein Lastfall oder Lastfallkombination definiert ist oder das importierte Modell Lastfälle mit demselben Namen enthält, so werden die Lastfälle im aktuellen Modell unverändert. Wenn im Modell eine Last definiert ist, welche im aktuellen Lastfall nur einmal vorkommen darf (z.B. Temperaturänderung), wird in dem vereinigten Lastfall nur die Last des aktuellen Modells berücksichtigt. Die Einstellungsparameter des Details, des Schnittes und der Perspektive werden auch importiert. Die Details mit demselben Name werden vereinigt.

Beim Importieren erscheint das folgende Dialogfenster.

Durch Benutzen des Positionieren-Knopfes kann man das AxisVM Modell im Koordinatensystem beliebig positionieren.



3.1.7.8. Dateien von anderen Programmen importieren

*Stereo Lithography *.stl Datei*

Vom Programm werden die Dateien der Dreiecksnetze der Oberfläche aus einer binären STL-Format-Datei (binär oder Text). eingelesen. Im Netzwerk eventuell vorkommende mehrfache Knotenpunkte und uneigentliche Dreiecke werden ausgefiltert. Es gibt die Möglichkeit die Datei als Hintergrundfolie einzulesen.

*Bocad-Schnittstelle *.sc1-Datei*

Öffnet eine Datendatei, die von der Bocad-Stahlkonstruktionsoftware (*.sc1) generiert wurde und importiert Balkenquerschnitte und Geometrie.

*Glaser -isb cad- *.geo-Datei*

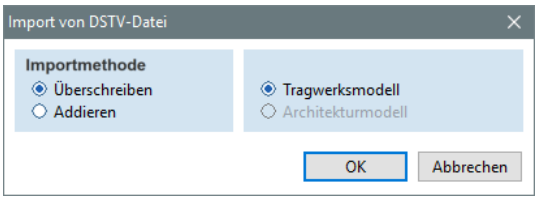
Importiert *.geo-Dateien, die von Glaser -isb cad- exportiert worden sind. Balkenquerschnitte und Flächenmodelle werden beschrieben.

SDNF-Datei (Steel Detailing Neutral Format)

Importiert eine Datei, die im Steel Detailing Neutral Format exportiert worden ist. Sie wird zum Datenaustausch zwischen Stahldetail-Programmen benutzt.

**.stp-Datei (DSTV Format)*

Die aktuelle Version von AxisVM kann stp Dateien importieren gemäß "PSS_2000_04" Dateischema welches auf der "Standard Description for Product Interface Steel Construction 4/2000" basiert. Dieser Dateityp ist ausgelegt zum Speichern von Stahlstruktur-Daten und kann lineare Strukturen sowie ebene Bereiche beschreiben. Es können sogar statische Berechnungen importiert werden, allerdings mit eingeschränkten Möglichkeiten.
Nach dem Start des Importes erscheint folgendes Fenster:



Der Anwender kann entscheiden ober das statische Modell oder das Architekturmodell importieren möchte. Wenn der Import in ein vorhandenes Modell erfolgt kann der Anwender wählen , ob er das Modell überschreiben oder ergänzen möchte.

3.1.8. Parametrisierte Geometriemodelle

"Parametrisches Design basiert auf der Idee, dass bestimmte Zahlen, d.h. Parameter die Geometrie steuern. Um ihre Potenziale voll auszuschöpfen, werden die Parameter miteinander verknüpft, und diese Verbindungen bilden ein System. So ist es möglich, dass sich durch die Änderung nur eines Parameters die gesamte Geometrie ändert. Diese Idee wird regelmäßig in der Tragwerksplanung eingesetzt. Stellen Sie sich vor, dass lediglich durch die Änderung der Spannweite eines Fachwerkes die Höhe und das Fachwerklayout sowohl im 3D-Modell als auch in den Plänen automatisch angepasst werden. Der Aufbau eines Systems, das dazu in der Lage ist, erfordert Zeit und deshalb ist es wichtig, darüber nachzudenken, ob es sich lohnt, ein parameterbasiertes Modell zu erstellen. Sobald wir jedoch ein solches System von Parametern, Links und einem sich dynamisch ändernden Modell aufgebaut haben, haben wir ein sehr flexibles Werkzeug."
Basierend auf dem Artikel: Péter Romvári: Parametrisches Design in der Praxis unter *epiteszforum.hu*

AxisVM Export Plugins

Die am häufigsten verwendeten parametrischen Berechnungssoftwares in der Tragwerksplanung sind Grasshopper und Dynamo. Diese werden oft als grafische Algorithmus-Editoren bezeichnet, mit denen parametrische Modelle einfach erstellt werden können. Mit den AxisVM Export Plugins können die in Grasshopper/Dynamo erstellten parametrischen Modelle nach AxisVM exportiert werden. Zuerst sollte das AxisVM Export Plugin in Grasshopper/Dynamo installiert werden. Das AxisVM Export Plugin kommuniziert mit AxisVM über seine API (COM-Schnittstelle). Der Export setzt voraus, dass AxisVM und eine Version von Grasshopper/Dynamo auf demselben Computer installiert sind. Nach dem Start des Exports startet AxisVM automatisch und zeigt das exportierte Modell an.

Ein Vorteil dieser Schnittstelle ist, dass es einfach ist, parametrische Modelle und sogar Vorlagen in Grasshopper/Dynamo zu erstellen. So können beispielsweise die Parameter eines Fachwerkträgers die Spannweite, Höhe, Anordnung und Querschnittsabmessungen sein. Der andere Vorteil ist, dass es in Grasshopper/Dynamo viele geometrische Funktionen gibt, die die Erstellung komplexer räumlicher Modelle ermöglichen.

Derzeit können Modelle mit geraden Linien nach AxisVM exportiert werden. Es gibt zwei verfügbare Exportoptionen:

- Linien exportieren;
- Elemente exportieren, für die der Typ des Elements (Fachwerk, Träger, Rippe), die Materialeigenschaften und der Querschnitt definiert werden müssen.

Derzeit können nur die folgenden Eigenschaften verwendet werden:

- Materialeigenschaften: nach den Eurocodes (aus der Materialbibliothek von AxisVM);
- Querschnitt: I, hohl (Rohr, Kasten), massive runde und rechteckige Querschnitte (aus der AxisVM Querschnittsbibliothek).

3.1.8.1. Grasshopper/Rhinoceros Plugin

**.gh, *.3dm Dateien*

Grasshopper ist das parametrische Bemessungstool der Rhinoceros CAD-Software. Grasshopper kann von Rhinoceros aus gestartet werden. Um den Inhalt aus einer .gh-Datei zu exportieren,* muss das GrasshopperToAxisVM-Add-On in Grasshopper in Rhinoceros Version 6 oder 7 installiert werden. Nach der Installation sind die Modellierungs- und Exportfunktionen (Komponenten) im Grasshopper-Menü auf der Registerkarte AxisVM verfügbar. Rhinoceros-Dateien (.3dm) müssen vor dem Export nach AxisVM in Grasshopper geladen werden.

Wenn sich die Parameter ändern, verfolgt das AxisVM-Modell die Änderungen automatisch. Nach dem Exportieren kann das finale AxisVM-Modell vom Benutzer bearbeitet werden. Diese Modifikationen liefern keine Rückmeldung an Grasshopper und haben somit keinen Einfluss auf die Grasshopper-Parameter.

Das AxisVM-Add-On kann auf *https://www.food4rhino.com/en/app/grasshoppertoaxisvm* heruntergeladen werden. Weitere Einzelheiten, Beispieldateien und eine Installationsanleitung finden Sie unter: *https://axisvm.eu/axisvm-downloads/* im Abschnitt AXISVM POSSIBILITIES FOR PARAMETRIC DESIGN

3.1.8.2. Dynamo/Revit Plugin

**.dyn, *.rvt Dateien*

Dynamo ist ein parametrisches Design-Tool der Autodesk Revit Software. Dynamo kann entweder aus Revit heraus oder als eigenständige Software (Dynamo Studio, Dynamo Sandbox) gestartet werden. Um eine Datei mit der Erweiterung *.dyn zu exportieren, muss das AxisVM Export Plugin in Dynamo installiert sein. Nach der Installation stehen die Modellierungs- und Exportfunktionen (Knoten) im linken Menü von Dynamo, im Dropdown-Menü AxisVM zur Verfügung. Revit-Dateien (*.rvt) sollten vor dem Export nach AxisVM in Dynamo geladen werden.

In Dynamo soll vor Beginn des Exports zunächst ein neues Modell mit dem AxModel-Knoten erstellt werden. Das parametrisierte Modell kann um Eigengewicht, Knotenlast und Knotenlager erweitert werden. Nach dem Start des Exports wird eine einseitige Verbindung zwischen dem parametrischen Modell und dem AxisVM-Modell hergestellt. Das bedeutet, dass die Änderung eines (geometrischen oder strukturellen) Parameters in Dynamo automatisch das Modell in AxisVM aktualisiert. In AxisVM können weitere Elemente hinzugefügt werden, die jedoch das Parametermodell von Dynamo nicht beeinflussen. In Dynamo ist es möglich, eine lineare statische Analyse von AxisVM zu starten. Die Verbindung zwischen den Modellen wird durch das Schließen eines der Modelle zerstört.

Der einfachste Weg, das Plugin AxisVM Export herunterzuladen, ist aus der Dynamo-Software heraus: Gehen Sie zu Pakete im Dynamo-Menü, wählen Sie Nach einem Paket suchen... und geben Sie AxisVM Export ein. Weitere Informationen, Beispieldateien und eine Installationsanleitung finden Sie unter:

https://github.com/AxisVM/DynamoToAxisVM/wiki

3.1.9. Tekla Structures-AxisVM Verbindung – TI modul

AxisVM kommuniziert mit Tekla Structures auf verschiedene Weise je nach Version:

- Version 2019 und neuer,
- Version vor 2019.

3.1.9.1. Zwei-Weg Verbindung für Tekla Strukturen Version 2019 und neuer

Installation

Falls der Benutzer das Tekla Plugin installiert, kopiert AxisVM Installer alle notwendigen Dateien, inklusive des *AxisVM Import & Export* Plugin für Tekla. Keine weiteren Benutzeraktivitäten sind notwendig. Falls das **TI** Modul in der AxisVM Konfiguration integriert ist, ist die bidirektionale Verbindung nach der AxisVM Installation erstellt.

Das *AxisVM Import & Export Plugin* für Tekla Strukturen kann auch einzeln installiert werden. Laden Sie dafür die separate kostenlosei Installationsdatei von der AxisVM Webseite herunter.

3.1.9.1.1 Transferiern eines Models von AxisVM zu Tekla Strukturen

AxisVM kann mit Hilfe des **TI** Modules das Model zu Tekla Structures exportieren in dem es eine Datei mit dem Dateityp ATE erstellt. Diese ATE Datei kann dann von Tekla mit einem speziellem Tekla Pluging gelesen werden, welches das Model dann durch die Tekla Open API Befehle erstellt.

Exportierte Elemente

AxisVM kann die folgenden Elemente exportieren: Fachwerkträger, Träger, Rippen, Bereiche und Lager. Das AxisVM Import & Export Plung für Tekla Strukturen erlaubt es nach einzelnen Elementen zu suchen. Exportierte Dateien beinhalten die Elementgeometrie, das Material und die Querschnitte von Linienelementen, das Material von Bereichen und die Steifigkeitswerte für Knotenlager. Lasten und Lastkombinationen werden momentan noch nicht exportiert.

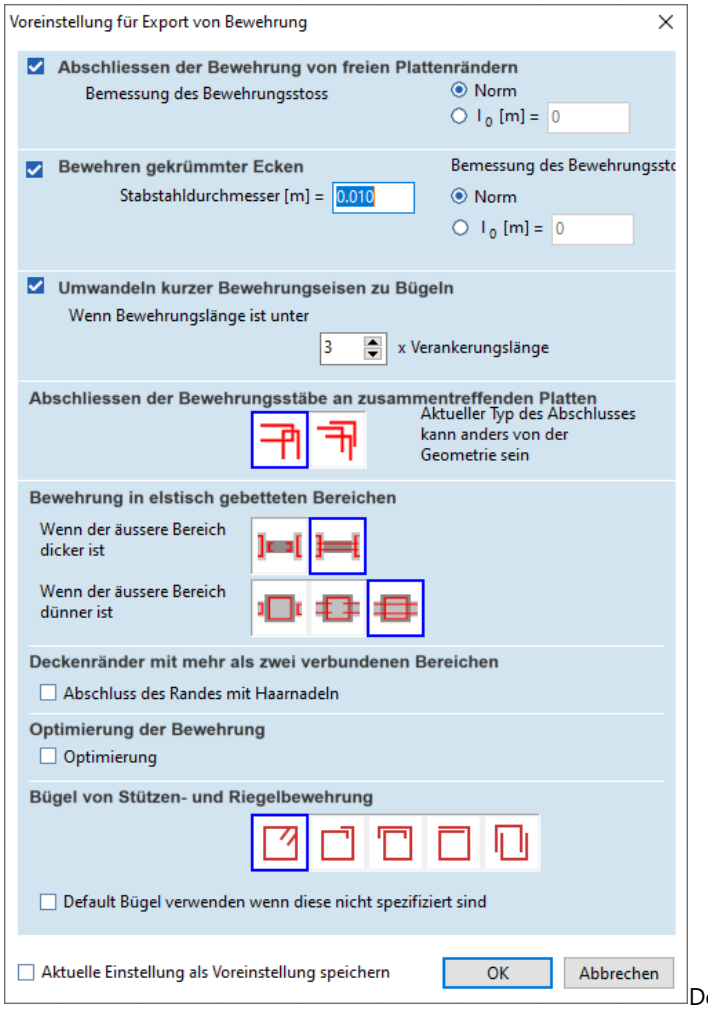
Zu einer ATE-Datei exportieren

Der Export kann von AxisVM vom Hauptmenu aus gestartet werden: Datei / Export / Export to Tekla (*.ate). Klicken Sie auf die Einstellungstaste um die verfügbaren Optionen festzulegen.



Export tatsächliche Bewehrung

Seit X5 Release 4 ist es möglich .ate Dateien zu exportieren.



Der Algorythmus von AxisVM erlaubt nicht nur den Export von bearbeiteten Bewehrungsstählen Endhaken und -Bügeln.
Die berechnete abgewickelte Länge wird jeweils auf den nächstgelegenen Wert der folgenden Liste gerundet. 0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 2.4, 3.0, 4.0, 6.0, 12.0 m.

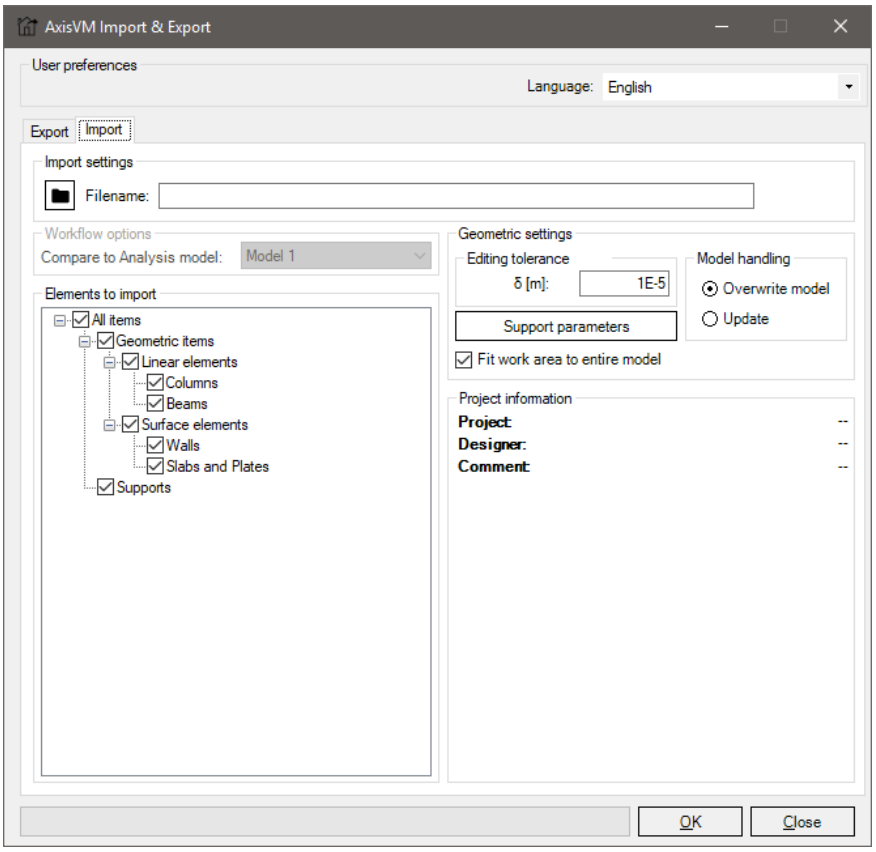
- *Abschliessen der Bewehrung an freien Plattenrände*rn: freie Plattenränder werden mit Bügeln bewehrt. Ihre Länge wird aufgrund der Stosslänge gemäss der aktiven Norm berechnet oder wird manuell als L_0 angegeben. Diese Option kann ein- oder ausgeschaltet werden.
- *Bewehrung einspringender Ecken*: einspringende Ecken können durch einzelne Bewehrungsstäbe verstärkt werden. Ihre Länge wird aufgrund der Stosslänge gemäss der aktiven Norm berechnet oder wird manuell als L_0 angegeben. Diese Option kann ein- oder ausgeschaltet werden.
- *Umwandeln kurzer Bewehrungseisen zu Bügeln:* um unnötige Überlappungen zu vermeiden, verwendet dieser Algorythmus einen Faktor, um die Grenzlänge zu bestimmen. Bewehrungsstäbe, die kürzer sind, als ein Vielfaches der minimalen Stosslänge werden in Bügel umgewandelt. Diese Option kann ein- oder ausgeschaltet werden.
- *Abschliessen der Bewehrung an zusdammentreffenden Platten*: Entlang von zusammenstossenden Bereichen, die nicht in einer Ebene liegen (Wand-/Deckenanschluss), kann die Anschlussbewehrung entweder mit abgebogenen Stäben oder als Schlaufenstoss ausgebildet werden. Die Geometrie der Anschlussbewehrung ist abhängig von der Dicke und dem Winkel zwischen den verbundenen Bereichen. Der Algorythmus kann in Einzelfällen von der hier vorgenommen Einstellung abweichen. Die Länge der Anschlussbewehrung wird aufgrund der minimalen Stosslänge ermittelt.
- *Bewehrung in eingebetteten Bereichen:* der Typ von offenen oder geschlossenen Bewehrungsstäben bei eingebetteten Bereichen wird vom Anwender festgelegt. Falls der innere Bereich klein genug ist, läuft die Bewehrung des äusseren Bereichs durch.
- *Deckenränder mit mehr als zwei verbundenen Bereichen*: in diesen Fällen ist keine automatische Lösung verfügbar. Der Anwender kann festlegen, ob diese Ränder ignoriert oder einzeln mit Steckbügeln abgeschlossen werden sollen.
- *Optimiierung der Bewehrung*: Optimierung der Bewehrungsanordnung bei überlappenden Bewehrungsbereichen. Kann zeitaufwändig sein.
- *Bügel von Stützen- und Riegelbewehrung*: Bügel der tatsächlichen Stützen- und Riegelbewehrung werden ebenfalls exportiert. Falls der Bügelabstand nicht angegeben wurde, kann der Standardwert verwendet werden.

Ganzes Model	alle Daten werden exportiert
Angezeigte Elemente	nur die momentan aktiven Elemente werden exportiert
Ausgewählte Elemente	nur die ausgewählten Elemente werden exportiert
Strukturteile zusammenfügen:	Erstellt Strukturteile von Elementen auf der gleichen Linie und mit den gleichen Eigenschaften.

ATE-Datei in Tekla Strukturen importieren

Die Datei mit dem Dateityp .ate kann zu Tekla Strukturen mittels einem extra Plugin importiert werden. Stellen Sie sicher, dass das Dialogfenster *Analyse & Design models* während dem Import geschlossen ist, weil es sonst den Importprozess signifikant verlangsamt. Suchen Sie nach *''AxisVM'' im Applikationen & Komponenten* Katalog in Tekla Strukturen und doppelklicken Sie auf *AxisVM Import & Export* um es zu öffnen und wechseln Sie zum *Import* Reiter. Der folgende Dialog wird erscheinen.





Import Einstellungen Klicken Sie auf die Taste links der Beschriftung *Dateiname*. Eine Vorschau des importierenden Models wird im unteren rechten Ecken angezeigt.

Importierte Elemente Zu importierende Elemente können gefiltert werden indem der Hacken im entsprechenden Kästchen gesetzt wird.

Optionen zum Arbeitsablauf Ist nur aktiviert, falls das Modell aktualisiert wird. Wählen Sie das Berechnungsmodel um das importierte Model zu vergleichen.

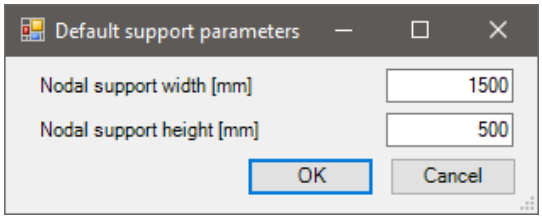
Bearbeitungstoleranz Die Toleranz, die benutzt wird um die Geometrie zu berechnen.

Modelbearbeitung

Model überschreiben Alle existierenden Objekte werden gelöscht vor dem importieren des Models.

Update Wählen Sie dies Methode um das existierende model mit dem zu importierenden zu vergleichen. Nur die veränderten Elemente werden aktualisiert. Nach dem Klicken auf den OK Knopf werden weitere Optionen angezeigt.

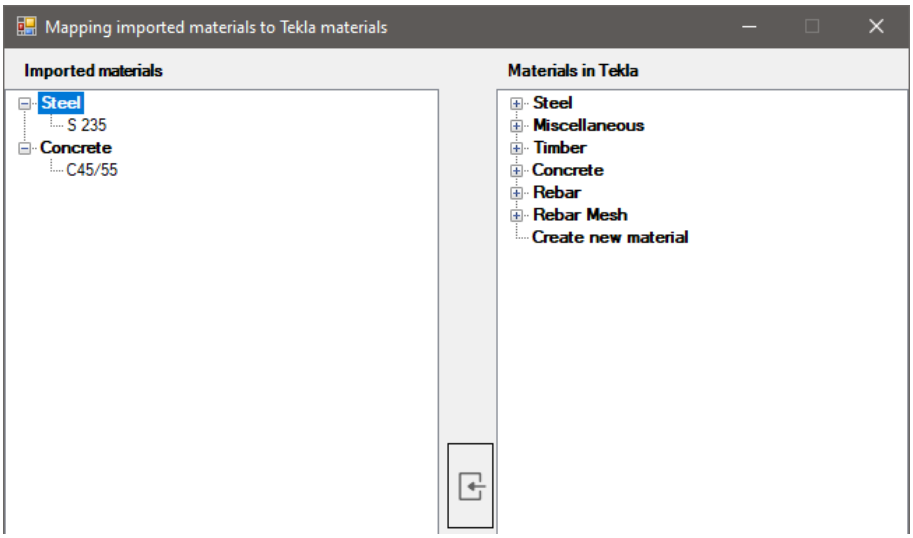
Lagerparameter Die Geometrie der Knotenlager werden in Tekla von Standardparameter kreiert. Klicken Sie auf *Lagerparameter* um diese Werte anzupassen.



Projektinformationen Informationen über das exportierte AxisVM Projekt

Erzeugen von Materialien

Da das Tekla-Äquivalent von Materialien in AxisVM nicht automatisch gefunden wird, müssen die Materialien gemäss dem unten dargestellten Dialog manuell erzeugt werden.



Wählen Sie ein Material aus AxisVM auf der linken Seite und das entsprechende Material in Tekla auf der rechten Seite. Drücken Sie anschliessend auf die Schaltfläche in der Mitte um das Material aus Tekla zu importieren. Die Auswahl auf der linken Seite springt automatisch zum nächsten Material, welches noch nicht zugewiesen wurde. Die Beschriftung zugewiesener Materialien ist rot, jene noch nicht zugewiesener ist schwarz.
Falls auf der linken Seite anstelle eines Materials eine Materialkategorie ausgewählt wird, wird das Material aus Tekla allen Materialien in dieser Kategorie zugewiesen.
Es ist möglich, auf der rechten Seite ein neues Material in Tekla basierend auf einem Material in Axis zu erzeugen. Dazu muss *Neues Material erzeugen* ausgewählt werden.
Sobald alle Materialien in Axis und Tekla einander zugewiesen wurden, wird die OK-Schaltfläche verfügbar und es kann mit der nächsten Phase des Modellimports fortgefahren werden.

3.1.9.1.2 Transferieren des Analysemodells von Tekla Strukturen nach AxisVM

Das *AxisVM Import & Export* plugin in Tekla Strukturen kann die Modelldaten in eine Datei des Types TAE exportieren. Diese Datei kann dann in AxisVM importiert werden.

Exportierte Daten

Das Plugin exportiert die folgenden Elemente: Linienelemente mit dem Material und Querschnitt, Ebenen mit dem Material, Knotenlager, Lasten und Lastkombinationen. Nur Elemente, welche im gewählten Analysemodell in Tekla vorhanden sind, werden auch exportiert. Lager müsse als seperate Punktlager definiert werden. Linienelemente mit einem benutzerdefiniert Querschnitt werden nicht zum statischen Modell konvertiert und nur als benutzerdefinierte Figur exportiert.

Vorbereitung

Es ist wichtig, dass das Analysemodell in Tekla korrekt erstellt wird, so dass AxisVM ohne weitere Anpassungen funktioniert. Um ein gutes Analysemodell zu erstellen, setzten Sie die Haken wie im Bild dargestellt.

Die optimale Einstellung kann jeh nach Modell variieren und eventuell müssen Sie die Analyseeigenschaften der Teile individuell konfigurieren.

Bevor Sie das Analysemodell generieren können, ist es hilfreich nur die relevanten Elemente angezeigt zu haben. Sie können in den Ansichteigenschaften einstellen, welche Elemente sichtbar sein sollen.

Mit nur den relevanten Elementen sichtbar, wählen Sie das ganze Modell aus und setzten Sie die Analyseparameter für jeden Teil. Auf diese Weise wird das Analysemodell die richtigen Standardeigenschaften haben und minimiert somit die Anpassungen später.

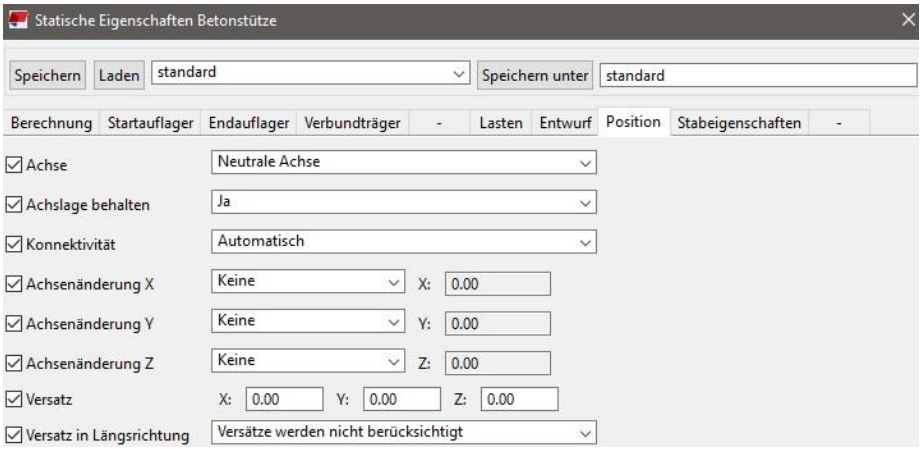


Analysieeigenschaften von einzelnen Teilen bestimmen

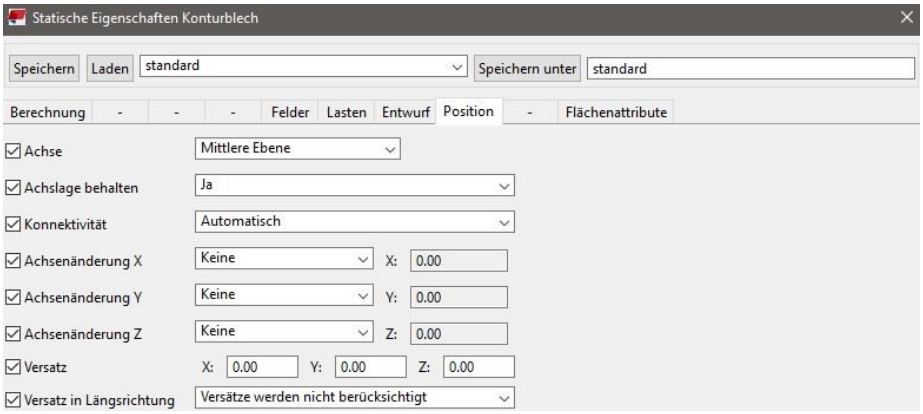
Sie können auf die Teilanalyseeigenschaften im unten dargestellten Menu zugreifen.



Stellen Sie die folgenden Parameter für Träger und Stützen im Reiter *Position* ein:



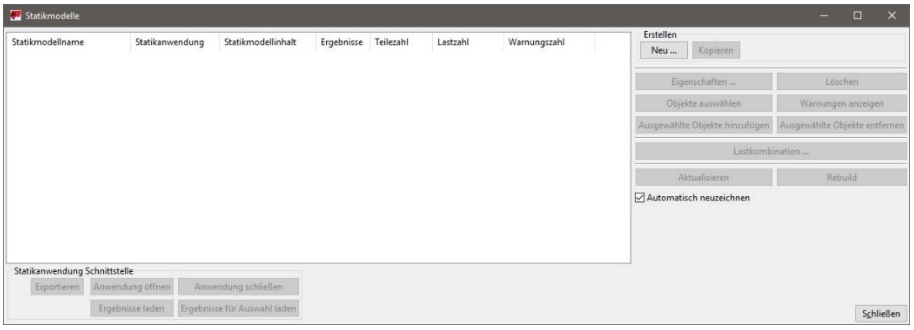
Stellen sie im Register *Position* die folgenden Parameter ein für Konturplatten, Decken und Wände:



Erstellen des Analysemodells

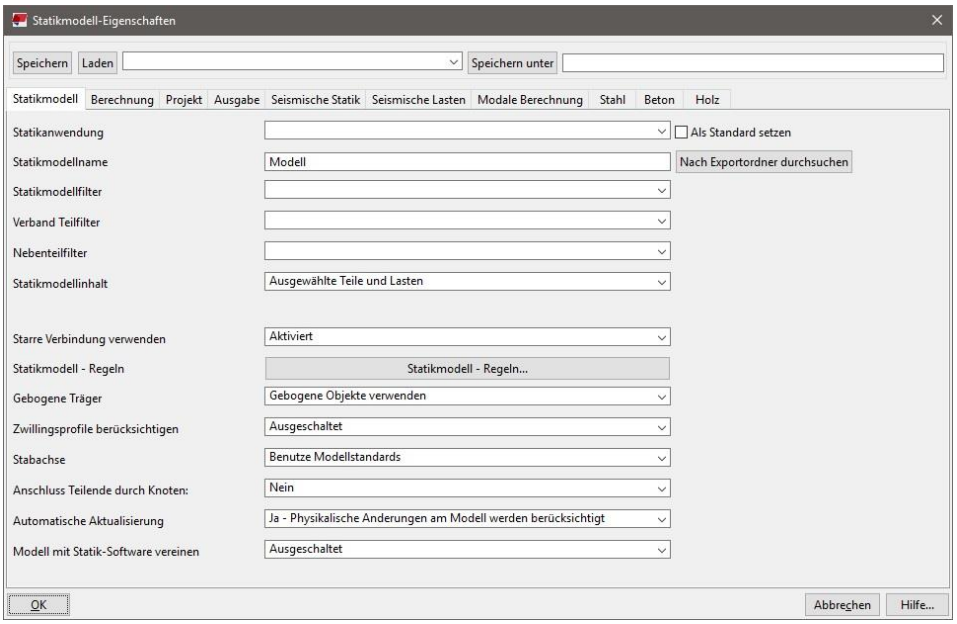
Nach dem die Analyseeigenschaften für jeden Part eingestellt wurden, kann das Analysemodell erstellt werden.

1. Öffnen Sie die Analyse & Design Modell Dialogbox

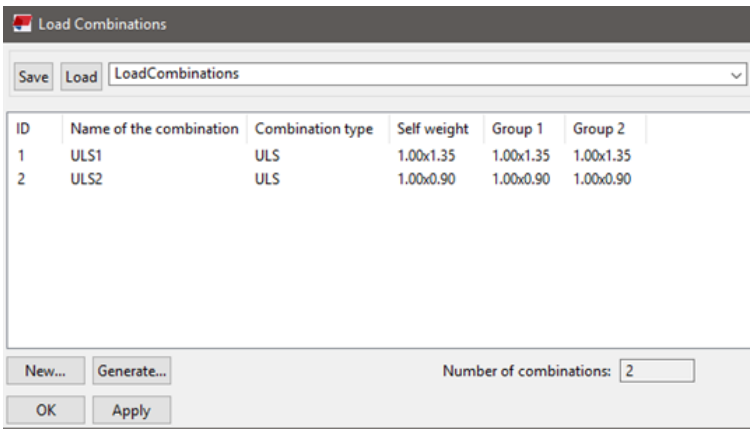


2. Klicken Sie auf *Neu...* um ein neues Analysemodell mit den foglenden Parameter zu erstellen:

Eigenschaften des Analysemodells



3. Wählen Sie die Teile und Lasten aus, welche sie zum Analysemodell hinzufügen wollen und klicken Sie auf die *Ausgewählte Objekte hinzufügen* Taste. Um Elemente vom Analysemodell zu entfernen, wählen Sie diese aus und klicken Sie auf *Ausgewählte Objekte entfernen*.
4. Klicken Sie auf *Lastkombinationen...* um die Lastkombinationen zu konfigurieren.



5. Stellen Sie sicher, dass keine Warnungen von Tekla Strukturen angezeigt werden. Falls doch, versuchen Sie diese zu lösen.



Exportieren des Analysemodells zu einer TAE Datei

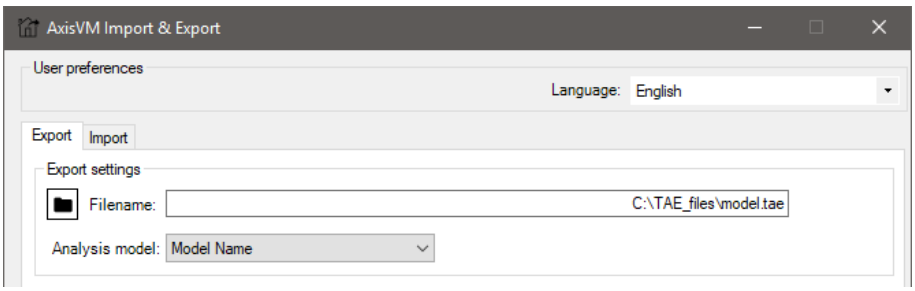
1. Suchen Sie nach ''AxisVM'' im *Applikationen & Komponenten* Katalog und öffnen Sie das *AxisVm Import & Export* Plugin mittels Doppelklick.

2. Wählen Sie aus, wo Sie die TAE Date speichern wollen und wählen Sie einen Namen dafür. Weiter müssen Sie auswählen, welches Analysemodell Sie exportieren wollen.

Klicken Sie auf *OK* um den Exportprozess zu starten.



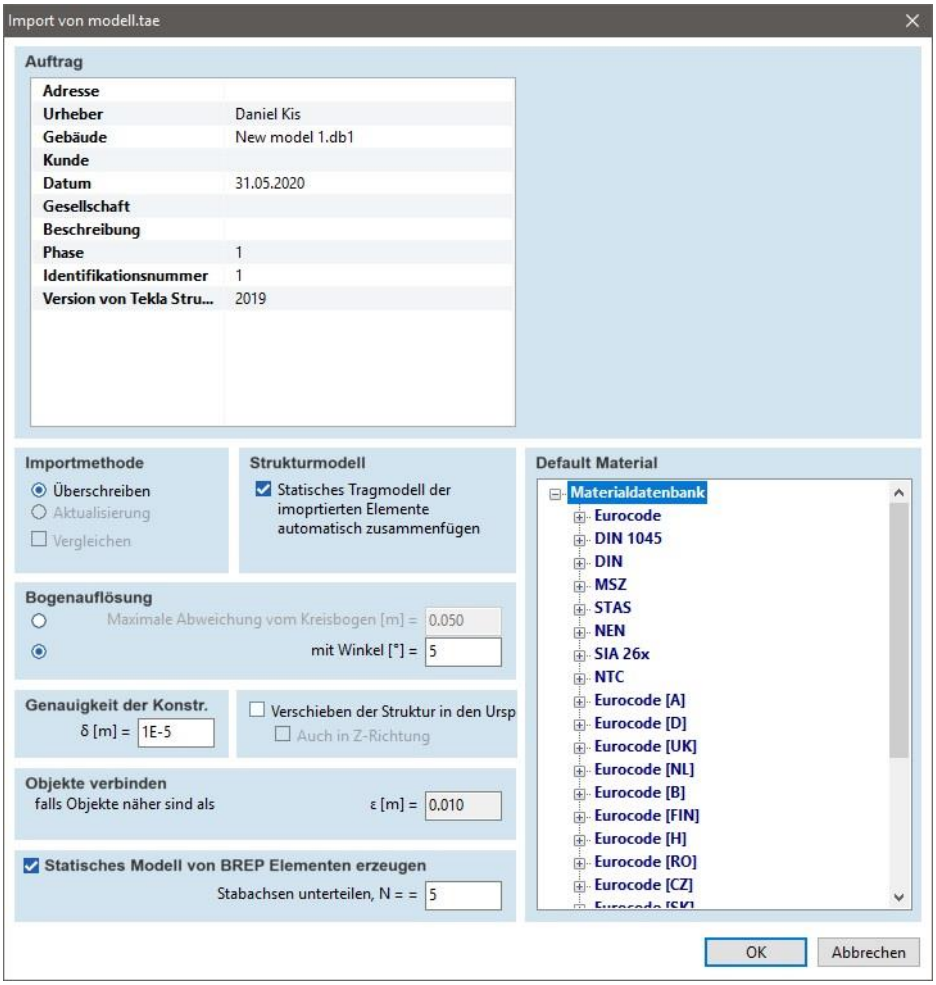
Modell exportieren



Falls Sie die Meldung *Daen erfolgreich exportiert* sehen, war der Vorgang erfolgreich.
Die erstellte Datei des Dateitypes .tae kann entweder in die Benutzeroberfläche von AxisVM gezogen werden oder über *Datei / Import* importiert werden.

TAE Datei zu AxisVM importieren

Wenn Sie die Datei in AxisVM importieren wird folgenden Dialog erscheinen.



Projekt Die Projektinformation, wie sie in Tekla definiert wurde.

Importiermethode Falls das AxisVM Modell nicht leer war, sind zwei Optionen vorhanden um es zu überschreiben oder es zu aktualisieren.

Strukturmodell Falls diese Option aktiviert ist, verändert AxisVM die rohen Daten der Geometrie um eine ordentliche Rahmenstruktur zu erstellen. Kollidierende Balken werden durch einen starren Körper verbunden, benachbarte Ebenen werden verbunden, Träger auf einer Ebene werden zu Rippen umgewandelt. Einige dieser Berechnungen benötigen viele Ressourcen und können deshalb den Importierprozess verlangsamen.

Bogenauflösung Einige geometrische Berechnungen benötigen Bögen um in Polygone umgewandelt zu werden. Die Umwandlungskriterien könne hier eingestellt werden.

Bearbeitungstoleranz Toleranz, welche für die Berechnungen von Geometrien benutzt wird.

Objekte verbinden Um die Effizient der Kollision von Elementen zu verbessern, werden die Randboxen von Objekten ein bisschen vergrössert. Dieser Toleranzwert kann hier bestimmt werden. Dies ist nur aktiv, wenn der Haken bei *Strukturmodell* gesetzt ist.

Standardmaterial Benutzer können die Materialen auswählen, welche an Instanzen gebunden sind für welche Tekla keine informationen unterstütze.

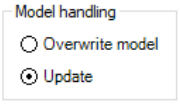
3.1.9.1.3 Arbeitsfluss zwischen AxisVM und Tekla Strukturen

AxisVM und Tekla Strukturen können Arbeitsflüsse miteinander teilen. Dies geschieht durch ein vergleichsbasierter Export-Import. Dadurch können Ingenieure, welche am gleichen Projekt arbeiten, neue oder modifizierte Einheiten importieren ohne unveränderente Elemente zu beeinflussen.
Der Arbeitsflussprozess kann von AxisVM oder Tekla Strukturen gestartet werden.
Um den Vergleich zu aktivieren müssen sie *Aktualisieren* auswählen und den Haken bei der unten dargestellten Box setzten:

AxisVM:



Tekla:



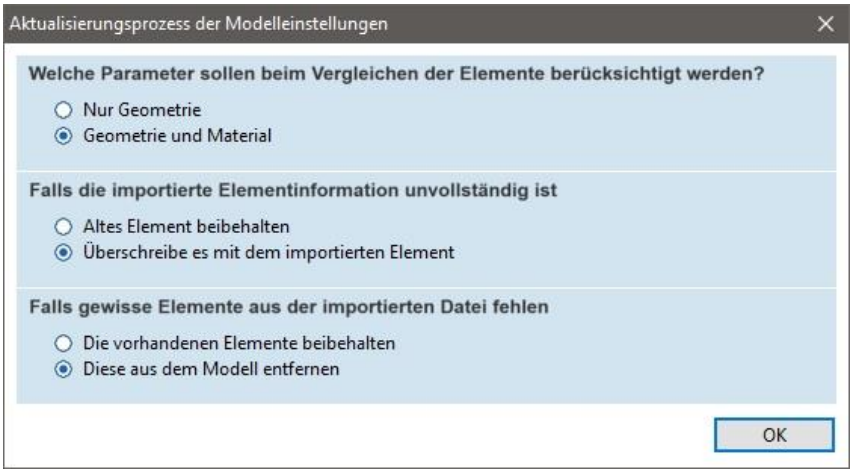
Während dem Import werden drei grundlegenden Szenarien durchgeführt

1. Das Element, welches importiert werden soll, kann nicht gefunden werden im Analysemodell also kann es einfach verarbeitet und importiert werden.
2. Ein oder mehrere Stücke des aktuellen Modells können in der zu importierenden Datei nicht gefudnen werden. In diesem Fall kann der Benutzer entscheiden die Elemente entweder zu ignorieren oder diese intakt zu lassen.
3. Der zu importierende Gegenstand wird im aktuellen Modell gefunden. In diesem Fall wird ein Vergleich ausgeführt.
    a) Das Material des Elementes
    b) Das statische Modell des Elementes
    c) Das Profil oder die Dicke des Elementes

Falls nach diesen Vergleichen alle Vergleiche als gleich anerkennt werden, wird der zu importierende Gegenstand übersprungen. Wenn die Gegenstände allerdings als unterschieden empfunden werden, wird der Import des Gegenstandes durchgeführt und das vorhandene gelöscht. Falls – aus welchem Grund auch immer – ein erfolgreicher Vergleich nicht durchgeführt werden kann, muss der Benutzer entscheiden, welcher Gegenstand behalten werden soll.

Diese Präferenzen können vor dem Importprozess in folgendem Formular angepasst werden:

AxisVM Formular

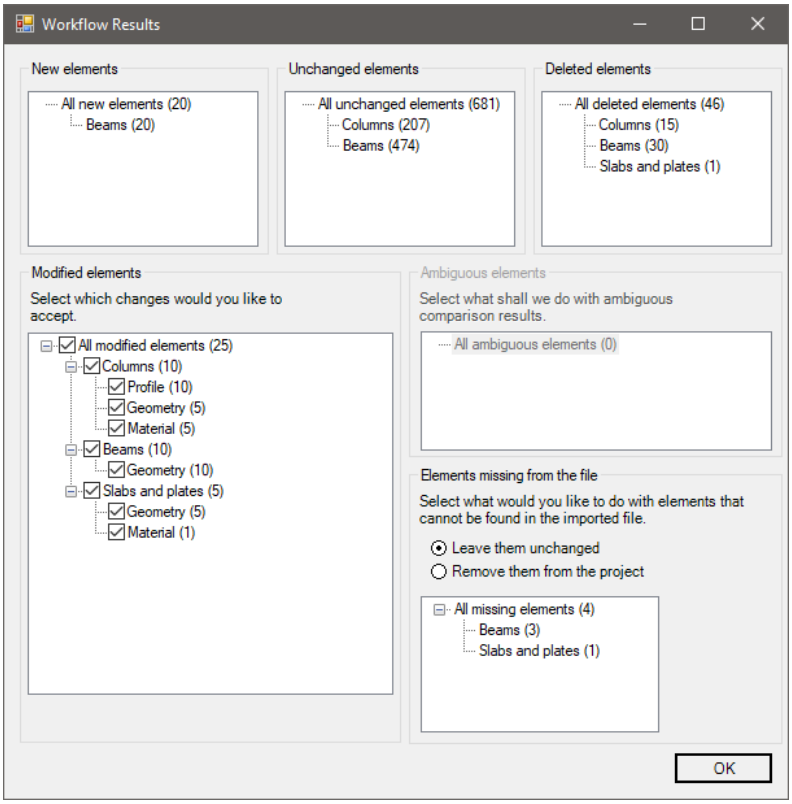


Import in Tekla Structures

Beim Import eines AxisVM Modells in Tekla Structures wird ein Vergleich durchgeführt basieren auf:

a) Material der Elemente
b) statischem Modell der Elemente
c) Querschnitt und Dicke der Elemente
d) Eigenschaften von Federn

Anschliessend werden die Ergebnisse des Vergleichs angezeigt und das weitere Vorgehen kann festgelegt werden.



Neue Elemente — Diese Liste zeigt die Elemente, die in AxisVM seit dem letzten Export erzeugt worden sind. Die darin enthaltenen Elemente werden immer erzeugt.

Unveränderte Elemente — Es wurden keine Veränderungen an diesen Elementen vorgenommen. Die Elemente werden beibehalten.

Veränderte Elemente — Hier werden die Elemente aufgelistet, die in AxisVM verändert wurden. Als Vorgabe werden die Änderungen übernommen. Deaktivieren einer Änderung führt dazu, dass sie nicht übernommen wird.
Durch Auswahl eines Listeneintrags werden die entsprechenden Elemente hervorgehoben.
Selecting a node will highlight the related elements.

Gelöschte Elemente — Diese Elemente wurden in AxisVM seite dem letzten Export entfernt. Sie werden nach dem Import gelöscht.

Fehlende Elemente — Diese Elemente sind in der importierten Datei nicht enthalten, jedoch im Tekla Modell. Der Anwender legt fest, ob diese Elemente gelöscht oder unverändert beibehalten werden sollen.

Unklare Elemente — Diese Elemente besitzen unvollständige Informationen oder können aus irgend einem Grund nicht verglichen werden. Der Anwender wählt aus, ob diese Elemente überschrieben oder die bestehenden Elemente beibehalten werden sollen.

3.1.9.2. Ein-Weg Verbindung für Tekla Strukturen der Version 2019 und neuer

Setup

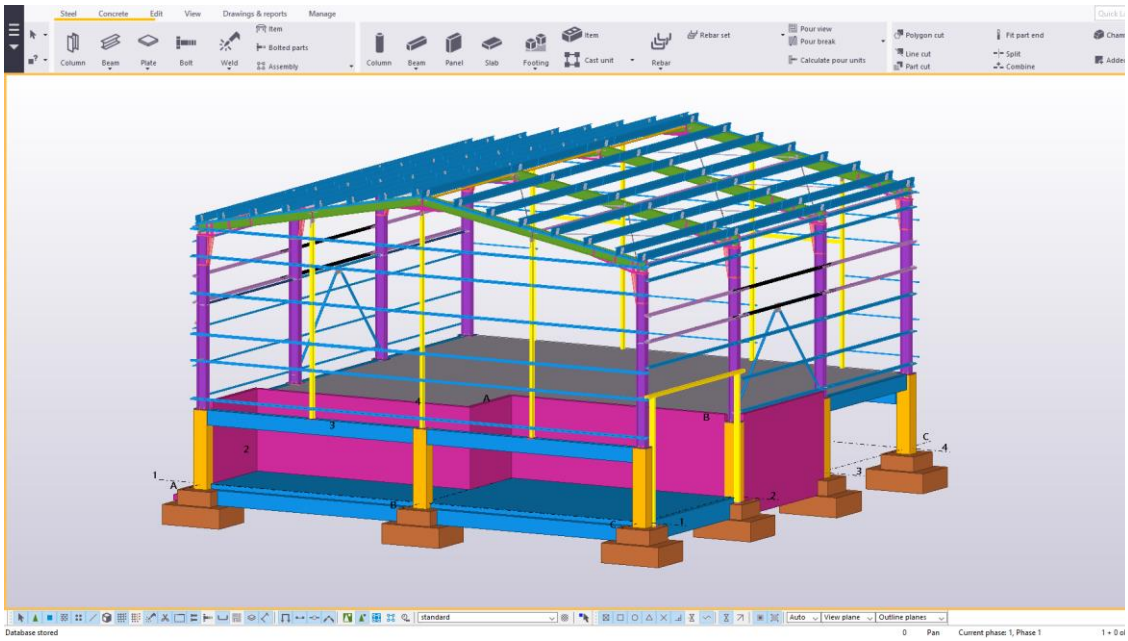
Die Verbindung zwischen den beiden Programmen wird durch einen COM-Server hergestellt, der in der Lage ist auf AxisVM zuzugreifen. Um die Verbindung erstmals aufzubauen, muss der COM-Server im Betriebssystem eingetragen werden (in der Registry). Anschliessend muss Tekla Structures für einen kompatiblen Server eingerichtet werden.
Das Setup von AxisVM führt diese Registrierung automatisch durch. Falls Tekla Structurtes nicht installiert ist, kann die zweite Registrierung (in Tekla Structures) nicht durchgeführt werden. Bei einer nachträglichen Installation von Tekla Structures muss die Registrierung manuell gestartet werden. Dazu sind die beiden folgenden Routinen, die sich im Programm-Verzeichnis von AxisVM befinden, gestartet werden.

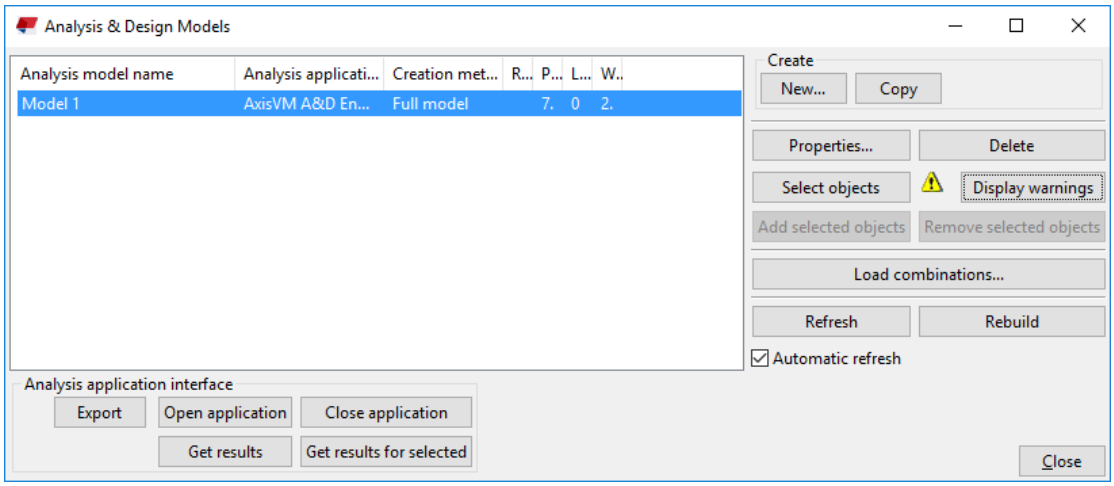
```
!REGISTER_AXISVM_X64.BAT
!REGISTER_TEKLA_X64.BAT
```

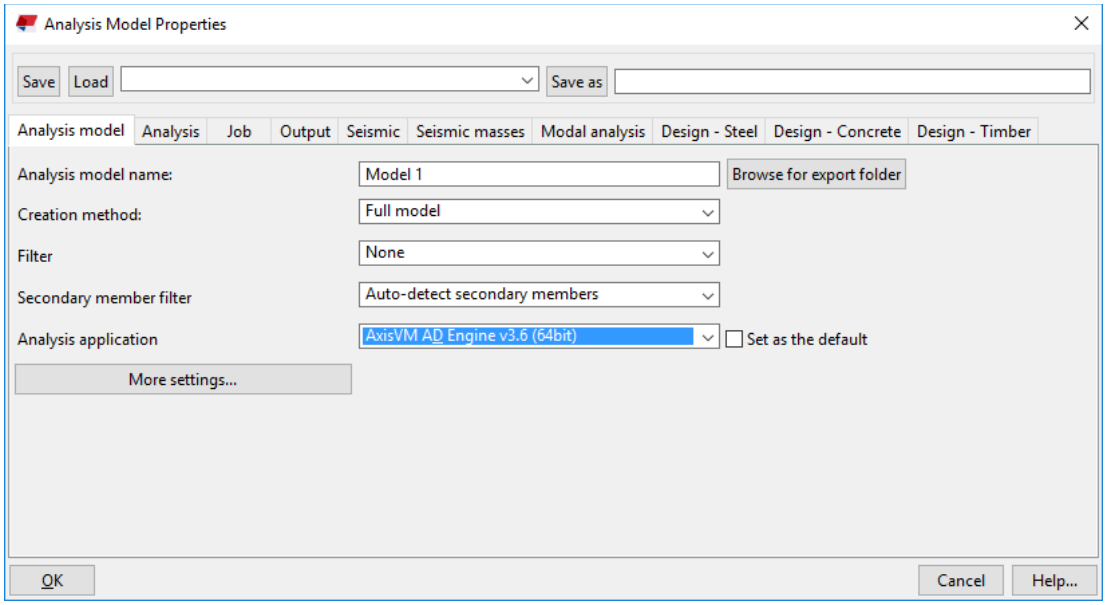
Falls die Verbindung zusammenbricht, wird empfohlen, die Registrierung, wie oben beschrieben, erneut auszuführen.

Verbindung

Nach der erfolgreichen Registrierung kann ein Modell aus Tekla Structures mit folgendem Verfahren in AxisVM eingelesen werden: Klicken Sie *Analyse & Design models...* im Menü *Analyse*, anschliessend auf *Eigenschaften*, um die AD Engine von AxisVM als *Analysis Engine* festzulegen.

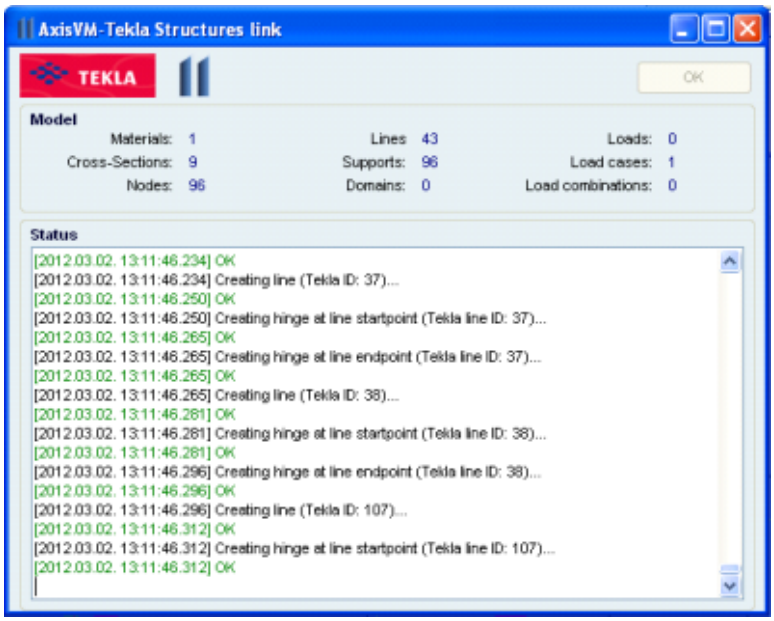




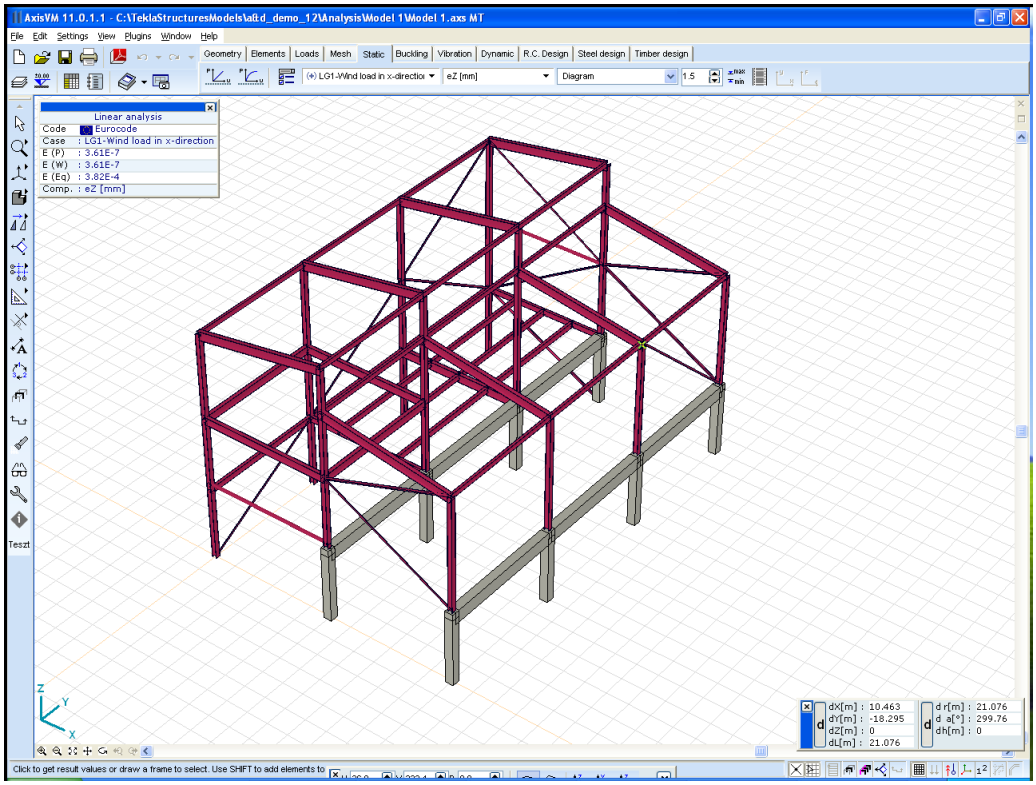


Falls die AxisVM AD Engine nicht in der Liste erscheint, ist die Registrierung nicht erfolgreich abgeschlossen worden.

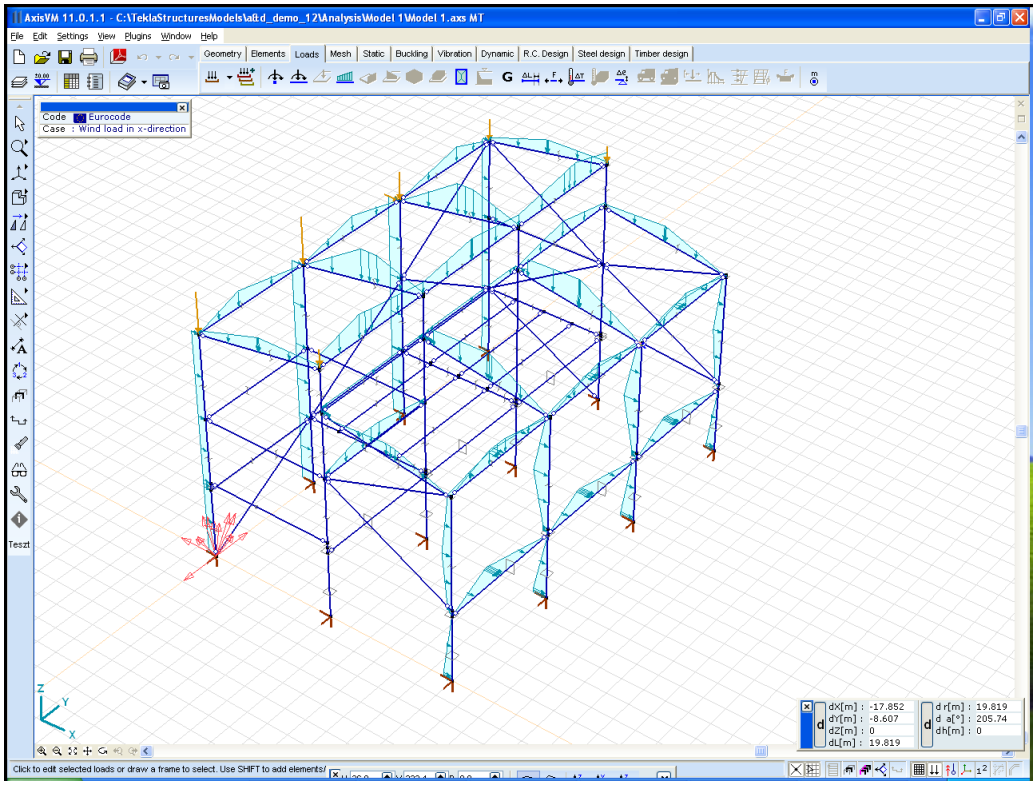
Zurück im *Analysis & Design models*-Dialog, klicken Sie auf *Run*, um die Übergabe des Modells zu starten. Der Fortschritt des Prozesses wird im Dialog angezeigt. Wenn der Transfer erfolgreich abgeschlossen ist, klicken Sie auf **OK,** um das Modell in AxisVM zu betrachten.



Das Modell nach der Übertragung in AxisVM:



Die Lasten und Lastfälle, welche in Tekla Structures definiert wurden, werden ebenfalls übernommen.

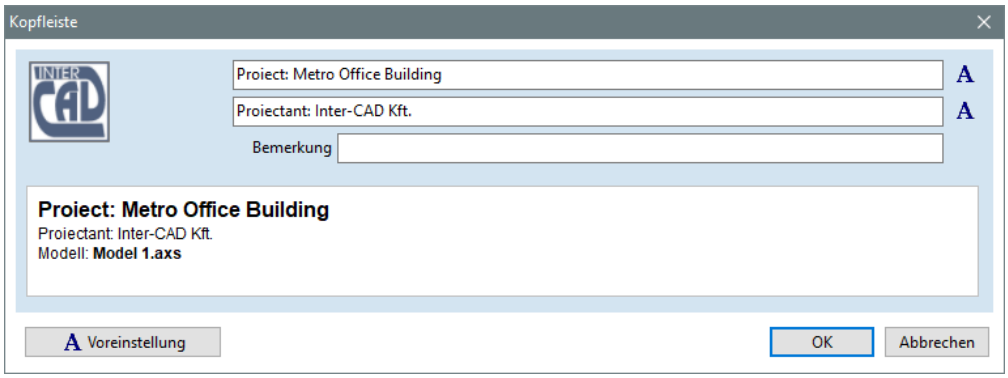


3.1.10. Kopfzeile

Sie können zu jedem Modell zwei Kopfzeilen zuordnen, die beliebig auszufüllen sind.
Siehe... *3.1 Datei*

☞ ***Die zwei Kopfzeilen erscheinen auf allen ausgedruckten Seiten.***

Eine zusätzliche Kommentarzeile kann hinzugefügt werden.



Wenn ein Logo für die Ausdrucke von Zeichnungen, Tabellen und Ausgaben ausgewählt wurde, erscheint dieses auch hier. Auf das Logo klicken, um es zu ändern oder über *Einstellungen / Grundeinstellungen / Ausgabe / Firmenlogo / Einstellungen*

3.1.11. Drucker einrichten



Parametereinrichtung des Standarddruckers. Dies ist ein Standard-Windows-Fenster , dessen Dialog-sprache der des installierten Betriebssystems entspricht.

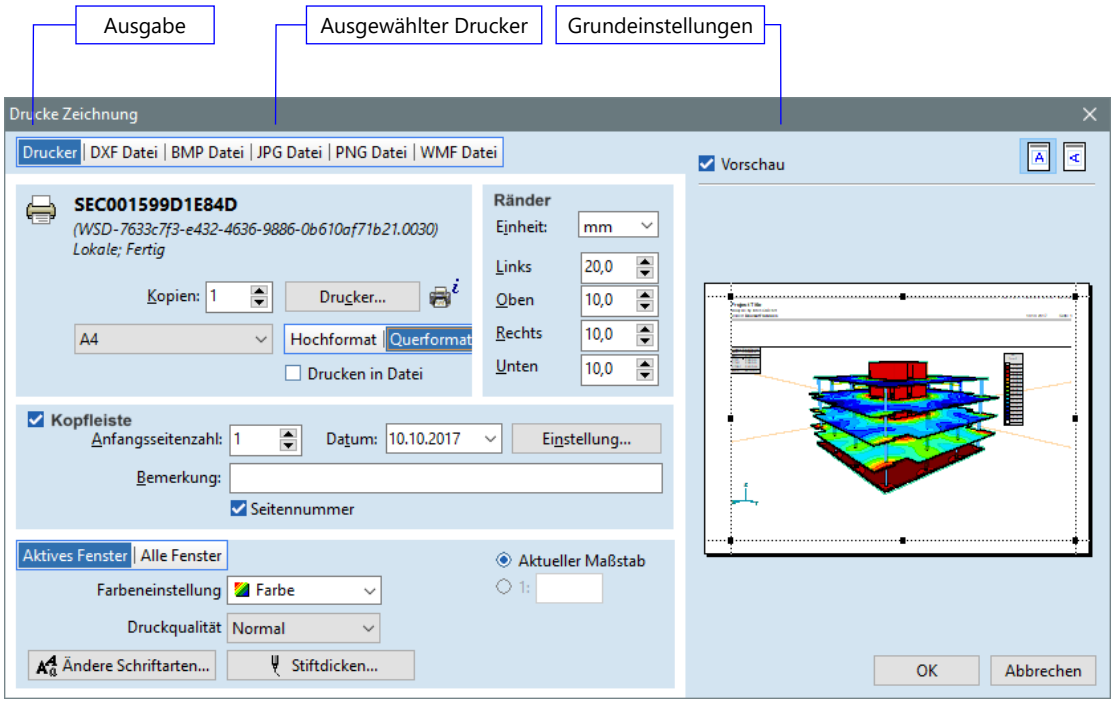
3.1.12. Drucken



[CTRL]+[P]

Hier können die Druckparameter eingestellt werden.

Drucke Zeichnung



Ausgabe

Angabe der Art des Druckens. Möglichkeiten: direkt zum Drucker/ Plotter, in DXF , BMP , PNG oder WMF/EMF Dateiformat.

Drucker

Einstellung des Typs und der Parameter des Druckers. Wenn man die *Drucken in Datei* Funktion wählt, wird eine *Dateiname.prn* Datei erstellt. Die Anzahl der Kopien kann eingestellt werden. Durch Anklicken der Taste ***Einstellung*** wird die Druckereinstellungsbox von Windows aktiviert.

Massstab

Einstellung des Massstabs der zu druckenden Zeichnung. Im Falle von Perspektive oder 3D Darstellung beim Exportieren eine Meta-Datei kann der Massstab nicht eingestellt werden.

Bitmap Größe (BMP, JPG)

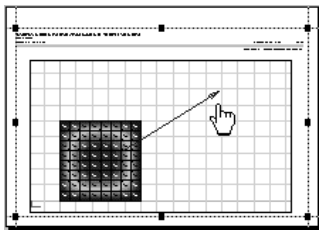
Setzt die Bitmapgrösse in Pixeln, inch, mm oder cm und die Auflösung in dpi (dots per inch).

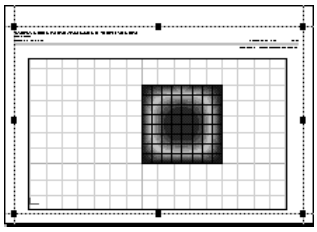
Ränder

Einstellung der Einheit und Abmessungen der Ränder. Mit Hilfe der Fangpunkte lassen sich die Größe und Lage modifizieren.

Ansicht

Zeigt das Druckbild. Wenn der Drucker das Ausgabegerät ist, verwandelt sich der Cursor zu einer Hand im Druckbild. Hält man die linke Maustaste gedrückt und bewegt die Maus, kann man das Druckbild innerhalb des Rahmens verschieben. Diese Verschiebung beeinflusst nur das Druckbild.





Kopfleiste

Einstellung von Datum, Bemerkung und Anfangsseitennummer für die Seitennummerierung. Wenn das Kontrollkästchen für die Seitennummern ausgeschaltet ist, erscheint ein Leerzeichen nach *Seite*, um eine händische Seitennummerierung zu ermöglichen. *Einstellungen...* zeigt den Dialog *Page header* an (**siehe**... *3.1.10 Kopfzeile*) wo das Firmenlogo geändert werden kann.

Orientierung

Wahl zwischen Hoch- und Querformat.

Farbeneinstellung

Wenn ein Farbdrucker vorhanden ist, können Farbe oder Graustufen eingestellt werden.
Wenn nur Schwarzweissdrucker vorhanden ist und Farbdruck eingestellt ist, wird der Druckertreiber die Konvertierung der Farben ins Graustufen durchführen. Wenn Graustufen gewählt wurde, wird AxisVM die Konvertierung übernehmen. Mit einem Testausdruck können Sie das beste Verfahren auswählen.

Papiergrösse

Auswahl der entsprechenden Papiergrösse.

Fenster

Wenn mehr Fenster im Bildschirm dargestellt sind, kann hier eingestellt werden, ob alle oder nur einen ausgewähltes Fenster zu drucken ist.

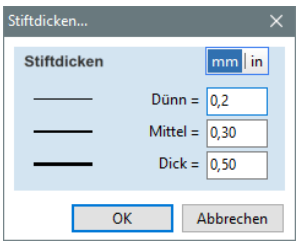
Schriftarten

Einstellung der Größe und der Art der gedruckten Buchstaben.

Stiftdicken

Einstellung der Linienbreiten beim Drucken.

Das Programm zeichnet die Auflager mit dicker Linienstärke, die Niveaulinien, die Schnittdiagramme – mit Ausnahme das Verschiebungsdiagramm - und die Balkenbewehrungsdiagramme werden mit mittlerer Linienstärke dargestellt. Alle anderen Linien werden mit Haarlinie (Nullbreite) gezeichnet.



Fenster ausgeben

Bestimmt, ob das aktuelle Fenster oder alle Fenster ausgegeben werden.

Drucken in Datei

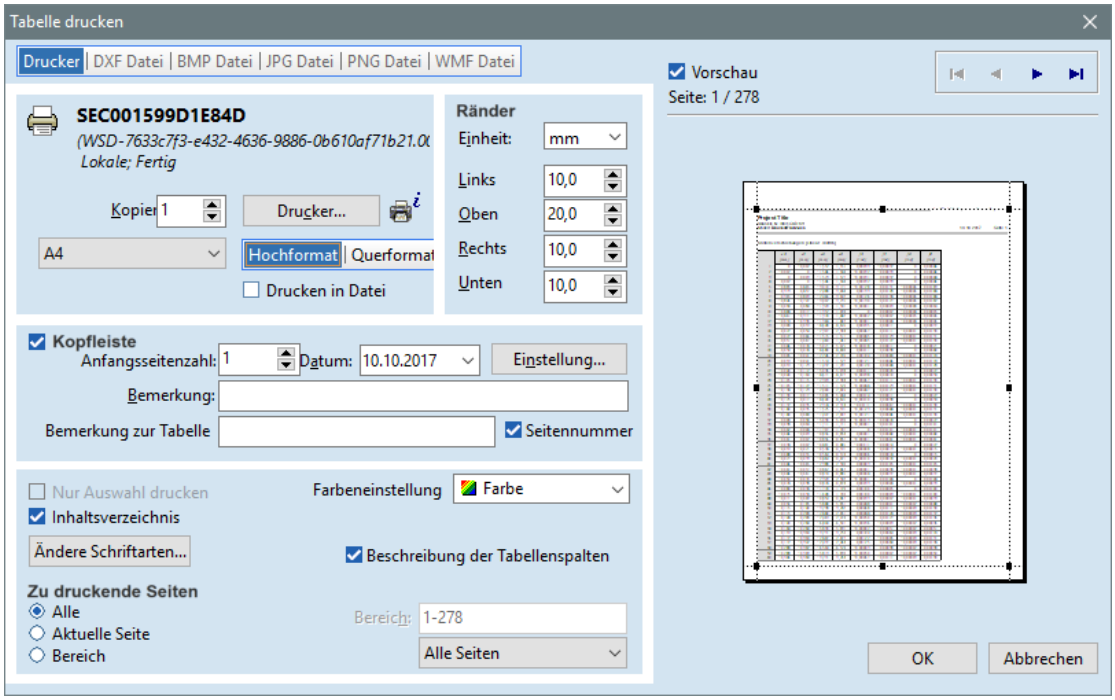
Der Benutzer kann die Ein- und Ausgabedateien in Datei drucken lassen. Das Programm erstellst dann eine *Name.prn* Datei und die Datei wird im Dialogfenster eingestellten Verzeichnis gespeichert.

Wenn die Datei *name.prn* bereits besteht, können Sie die Ausgabe anhängen oder die bestehende überschreiben.

Drucken von Tabellen und Bereiche

Beim Drucken aus Tabelle ist es einstellbar, ob die gerade oder ungerade Seite der Tabelle oder welcher Bereich der Tabelle gedruckt werden soll.

Zum Beispiel: Wenn im Feld Bereiche 1, 3, 7-10, 20-18 geschrieben wird, werden in der Reihenfolge die 1., 3., 7., 8., 9., 10., 20., 19., 18. Seiten der Tabelle ausgedruckt.



Nur Auswahl drucken

Nur ausgewählt, wenn eine Ausgabe gedruckt wird. Ist diese Funktion aktiv, werden nur die selektierten Objekte gedruckt. Ist sie nicht aktiv, wird die gesamte Ausgabe gedruckt.

Inhaltsverzeichnis

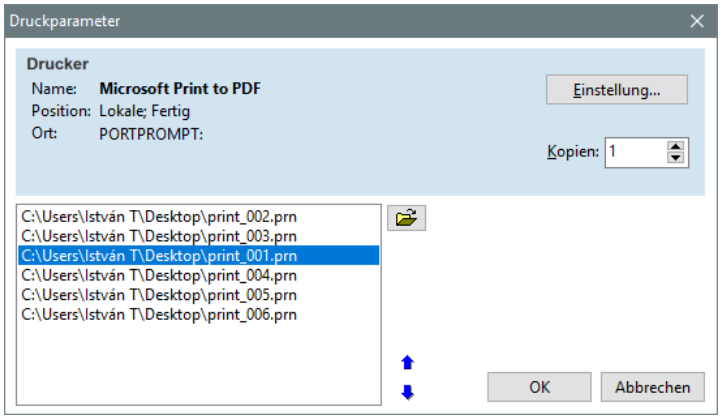
Das Inhaltsverzeichnis zu drucken ist optional.

Beschreibung der Tabellenspalten

Wenn diese Funktion aktiv ist, erscheint eine Beschreibung der Tabellenspalten am Ende der Tabelle.

3.1.13. Drucken aus Datei

Die in Datei gedruckte beziehungsweise in Datei zusammenheftete Information kann man aus dem folgenden Dialogfenster drucken.

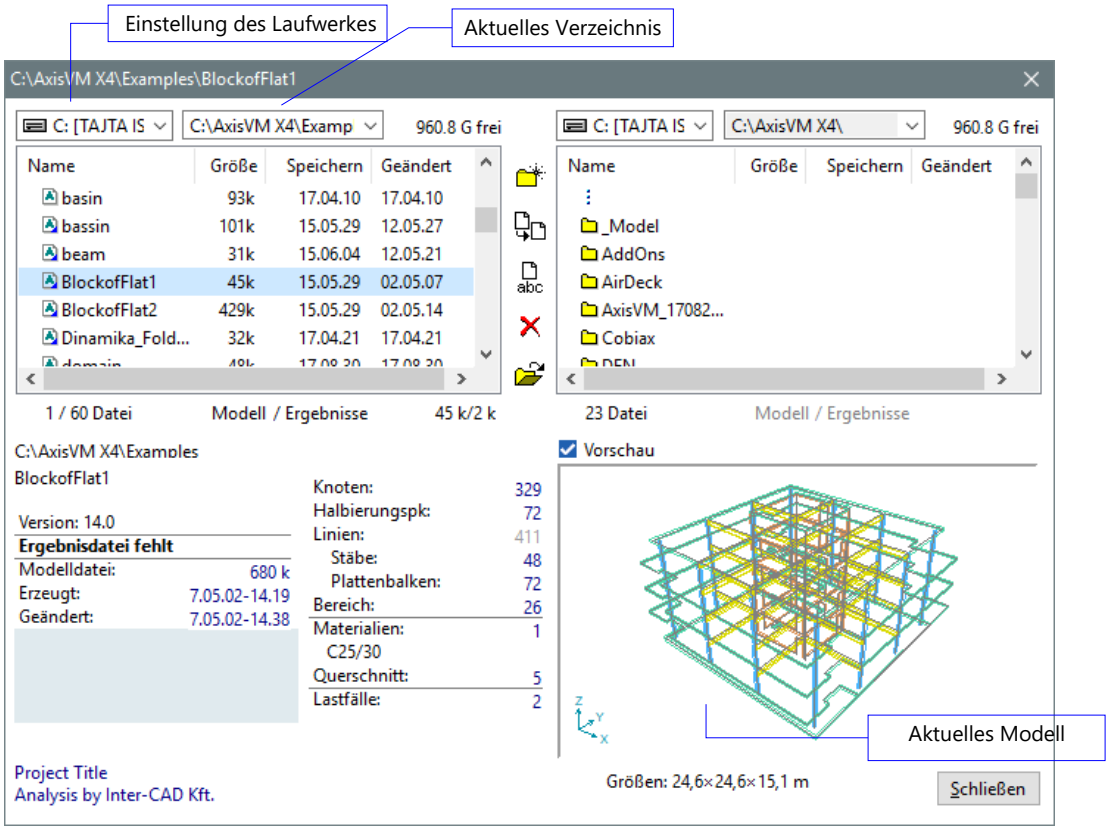


Sie können gleichzeitig mehr al seine prn-Datei drucken. Sie können die Druckreihenfolge mit den Pfeiltasten links in der Listbox oder durch Anwahl und ziehen mit der Maus verändern. Zeichnungen können vor dem Drucken gedreht werden.

3.1.14. Modelldatenbank



Man kann Informationen über die gespeicherten Modelle abfragen, und Dateibefehle (Kopieren, Löschen, Umbenennen) können hier durchgeführt werden. In den zwei Fenstern auf dem Bildschirm können die aktuellen Verzeichnisse separat eingestellt werden. Die ausgewählten Dateien können von dem einen Verzeichnis ins andere kopiert werden. Mit dem Bewegen des Cursors (Pfeil) kann man auf jeden Modellnamen klicken und mit dem Öffnen Symbol die Datei öffnen.



Die AxisVM Modelldateien haben das Symbol . Wenn ein Modell eine Ergebnisdatei besitzt, hat das Symbol eine blaue Ecke .

Neues Verzeichnis
Erstellung eines neuen Verzeichnisses mit angegebenem Namen.

Kopieren
Kopieren der ausgewählten Modelle in ein Verzeichnis. Man kann damit auch die Ergebnisdateien kopieren.

Umbenennen
Umbenennen des ausgewählten Modells oder Modelle oder bewegen der Dateien in ein anderes Verzeichnis.

Löschen
Löschen der ausgewählten Modelle. Man kann die beiden zugehörigen Dateien oder nur die Ergebnisdatei löschen.

Öffnen
Öffnung des ausgewählten Modells**.**

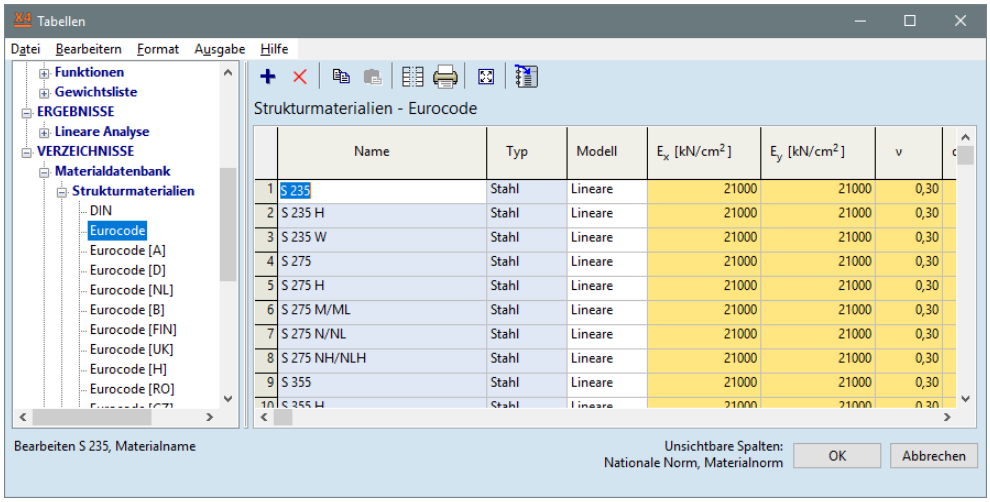
Die AxisVM Modelldateien sind mit einem -Symbol markiert. Wenn zur Modelldatei auch eine Ergebnisdatei gehört, so ist die rechte untere Ecke des Symbols blau.

Ansehen
Die Darstellung der Zeichnung des aktuellen Modells. Abhängig von seinen Dimensionen können Vorderansicht, Draufsicht oder ein perspektivisches Bild dargestellt werden. Neben der Abbildung sieht man die Dateien des Modells.

Schliessen
Verlassen der Modelldatenbank.

3.1.15. Materialdatenbank

AxisVM unterstützten eine voreingestellte Materialdatenbank (diese beinhaltet die häufig verwendeten) und bietet die Möglichkeit eigene Materialien einzugeben. Jedes Material benötigt einen eigenen Namen



Die Materialliste ist durch die *Datei/Materialdatenbank* oder durch den Tabelleneditor zu erreichen.
Siehe... *4.9.9 Linienelemente*, *4.9.23 Generieren eines statischen Systems aus einem Architekturmodell*
Siehe detaillierte Beschreibung des Tabellen-Browsers auch unter *2.9 Tabellen*

Die Datenbank enthält die Eigenschaften der einzelnen Materialen, die in der Bauingenieurpraxis vorkommen. Die Datenbank kann man beliebig modifizieren oder neue Daten addieren. Die Materialien der Datenbank können in jeder Materialtabelle eines Modells eingefügt werden. Wenn mehrere Materialien mit demselben Namen angegeben sind, werden sie in der Tabelle als ***_Nummer*** gespeichert.
Die Materialdatenbank beinhaltet die charakteristischen Werte der – in der Praxis eines Statikers vorkommenden - Materialien nach den Normen Eurocode, DIN, NEN, SIA 26x und Italien. Der Benutzer kann diese Datenbank nach seinem Anspruch beliebig erweitern bzw. modifizieren. Die hier aufgelisteten Materialien sind bei allen Modellen einsetzbar.

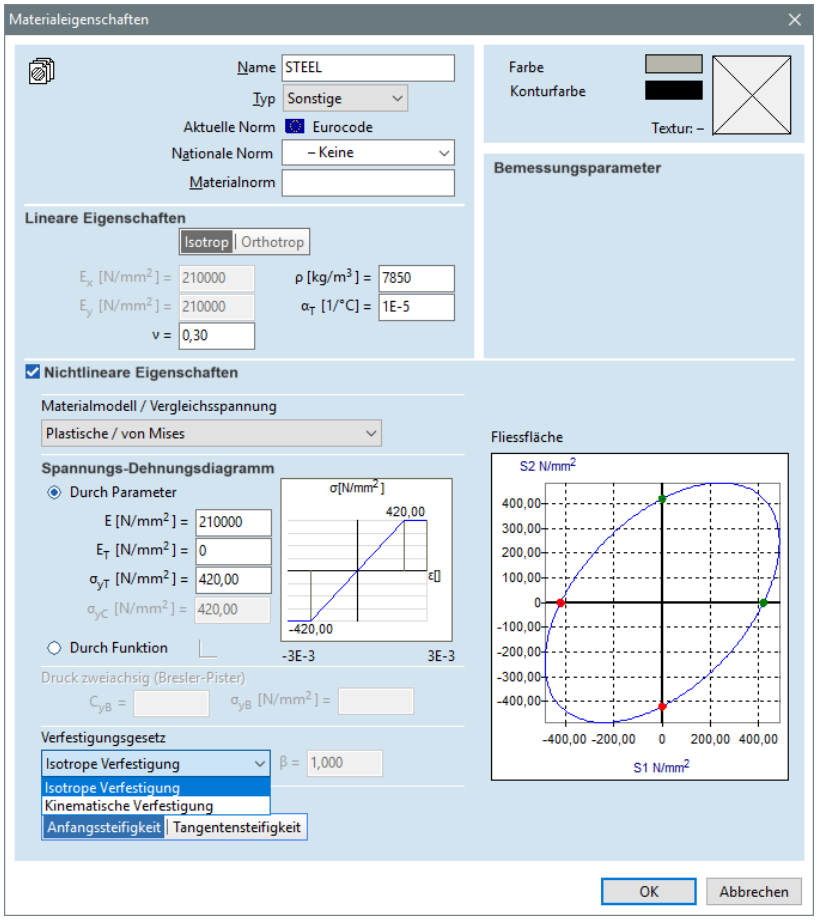
☞ ***Änderungen in der Materialdatenbank haben keinen Einfluss auf die Materialdefinition in bereits bestehenden Modellen.***

Neues Material



Änderungen von Materialeigenschaften

Bei der Eingabe eines neuen Materials öffnet sich das folgende Dialogfenster. Wenn man einen Materialname mehrmals verwendet, werden sie, um sie unterscheiden zu können, mit Name_**laufende Nummer** fortlaufend nummeriert.
Das Programm benutzt ein linear elastisches Materialgesetz (anhand des Hookeschen Gesetzes) und isotropes Material zum Definieren der Fachwerkstäbe, Stäbe-, Rippen-, Platten-, Scheiben-, Schalen- und Auflagerelemente. Nichtlineares Verhalten wird im Falle von Kontaktelement, Feder (wenn Grenzkraft angegeben ist), nichtlinearem Lager und beim nichtlinearen Fachwerkstab ermöglicht.
Falls dem Material keine Textur zugeordnet ist, klicken Sie auf das Musterrechteck, um eine aus der Texturbibliothek zu wählen. **Siehe...** *2.16.4 Darstellungen*



Daten des Materials

Die Materialdatenbank erfasst folgenden Daten des Materials:

Typ des Materials:[Stahl, Beton, Holz, Aluminium, Mauerwerk, andere Mat.],
Nationale Norm, Materialnorm,
Name des Materials,
Füllfarbe am Bildschirm
Farbe bzw. Umrissfarbe des Materials
Textur

Berechnungs-parameter

Sie können Iso- oder Orthotropes Material angeben.

Lineare Eigenschaften

E_x	*E-Modul in lokaler X-Richtung*
E_y	*E-Modul in lokaler Y-Richtung*
ν	*Querdehnzahl*
α_T	*Temperaturkoeffizient*
ρ	*Dichte*

Berechnung weiterer Materialeigenschaften

$$E_z = \max\{E_x, E_y\}; \quad \nu_{ij} = \begin{cases} \nu & \text{if } E_i \geq E_j \\ \nu \frac{E_i}{E_j} & \text{if } E_i < E_j \end{cases}; \quad G_{ij} = \frac{E_i E_j}{E_i + E_j + 2\nu_{ij} E_j}$$

wobei $ij = \{xy, xz, yz\}$

Im Falle vom Holz:

ρ lufttrockene Rohdichte (12% Feuchtegehalt), *E-Modul* aus Biegeversuchen bestimmt. Das Kriechen ist nicht berücksichtigt.

Materialmodell / Fliessbedingung	*Material*		
	Stahl	*Beton, Mauerwerk*	*Andere*
NL elastisch / Verzerrungsenergiebasiert	✓	—	✓
Plastisch / von Mises	✓	—	✓
Plastisch / Bresler-Pister	—	✓	✓

Spannungs-Dehnungs-Diagramm

Durch Parameter

E [kN/cm²] Young's modulus of elasticity for nonlinear analysis (rise of the initial section of the **σ-ε** diagram)

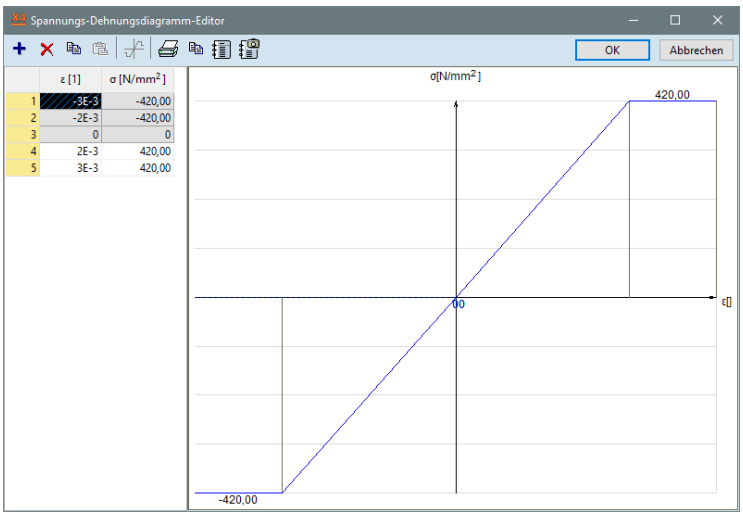
E_T [kN/cm²] Young's modulus of elasticity for nonlinear analysis (rise of the tangential section of the **σ-ε** diagram)

σ_{yT} [kN/cm²] Fliessspannung Zug

σ_{yC} [kN/cm²] Fliessspannung Druck

Durch Funktion

Spannungs-Dehnungsdiagramm-Editor



Die meisten Toolbar Funktionen sind die selben wie beim Time-History-Editor.
Siehe... *4.10.30 Dynamische Lasten (für Time-History-Berechnung)*

Symmetrische Funktion
Wenn die Option aktiv ist, definiert der positive Bereich auch den negativen Bereich.

Zweiachsiger Druck

C_{yB} [] Zweiachsiger Druckfaktor

σ_{yB} [kN/cm²] Zweiachsige Fliessdruckspannung. $\sigma_{yB} = C_{yB} \cdot \sigma_{yC}$

Einschränkungen der Parameter

Materialmodell / Fliessbed.	E_T	σ_{yC}	C_{yB}	*σ-ε Diagramm*
NL elastisch / Verzerrungsenergiebasiert	$E_T \geq 0$	$\sigma_{yC} \geq 0$	N.A.	beliebig
Plastisch / von Mises	$E_T \geq 0$	$\sigma_{yC} = \sigma_{yT}$	N.A.	symmetrisch
Plastisch / Bresler-Pister	$E_T = 0$	$\sigma_{yC} \geq \sigma_{yT}$	$1 \leq C_{yB} \leq 1.2$	N.v.

N.v. – nicht verfügbar

☞ **Das σ-ε-Diagramm muss sowohl auf der Zug- als auch auf der Druckseite mindestens bilinear sein. Die Funktion muss monoton steigend sein und ihre Steigung muss monoton fallend sein.**

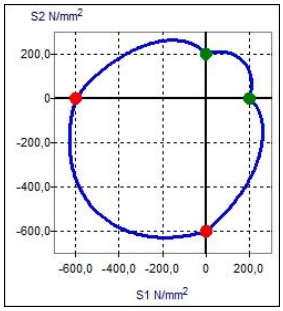
Darstellung Fliessfläche

Das Diagramm zeigt den Schnittverlauf der Fliessfläche durch die Ebene der Hauptspannungen S1-S2. Diese Grenzkurve gehört zum ebenen Spannungszustand.

NL elastisch / Verzerrungsenergiebasiert

Dieses Materialmodell hat nichtlineares elastisches Verhalten. Das bedeutet, dass sich der Punkt, welcher den Materialzustand beschreibt, entlang der σ-ε-Kurve bewegt, wenn sich die Last verändert. Es gibt keine irreversiblen Verformungen.

Asymmetrisches Spannungs-Dehnungs-Verhalten ist verfügbar.



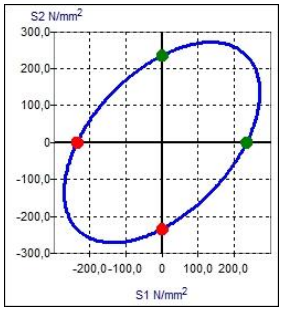
$\sigma_{yT} = 200\ \text{MPa}\ ,\ \sigma_{yC} = 600\ \text{MPa}$

Plastisches Materialverhalten

Erhöhte Last verschiebt den Punkt, welcher den Materialzustand beschreibt, entlang der σ-ε-Kurve. Bei sinkender Last bewegt er sich parallel zum anfänglichen Bereich der Kurve.

Plastisch / von Mises

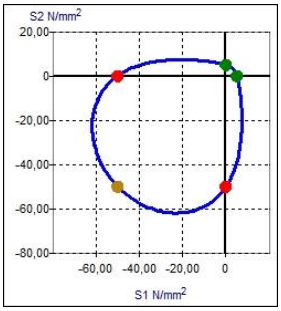
Dieses Materialmodell wird für Stahl empfohlen. Es ist lediglich symmetrisches Spannungs-Dehnungs-Verhalten verfügbar. [35]
https://en.wikipedia.org/wiki/Von_Mises_yield_criterion



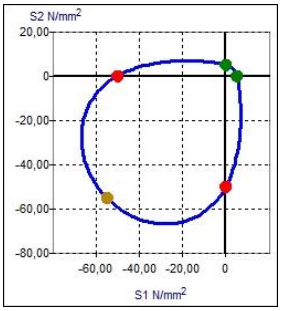
$\sigma_{yT} = 200\ \text{MPa}\ ,\ \sigma_{yC} = 200\ \text{MPa}$

Plastisch / Bresler-Pister

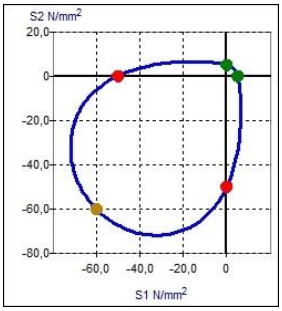
Dieses Materialmodell wird für Beton und Mauerwerk empfohlen, da damit die unterschiedlichen Streckgrenzen für Zug und einachsigen bzw. zweiachsigen Druck simultan modelliert werden können. [36] https://en.wikipedia.org/wiki/Bresler_Pister_yield_criterion



$\sigma_{yT} = 5\ \text{MPa}\ ,\ \sigma_{yC} = 50\ \text{MPa}$
$C_{yB} = 1.0$
$\sigma_{yB} = C_{yB} \cdot \sigma_{yC} = 50\ \text{MPa}$



$\sigma_{yT} = 5\ \text{MPa}\ ,\ \sigma_{yC} = 50\ \text{MPa}$
$C_{yB} = 1.1$
$\sigma_{yB} = C_{yB} \cdot \sigma_{yC} = 55\ \text{MPa}$



$\sigma_{yT} = 5\ \text{MPa}\ ,\ \sigma_{yC} = 50\ \text{MPa}$
$C_{yB} = 1.2$
$\sigma_{yB} = C_{yB} \cdot \sigma_{yC} = 60\ \text{MPa}$

Steifigkeit

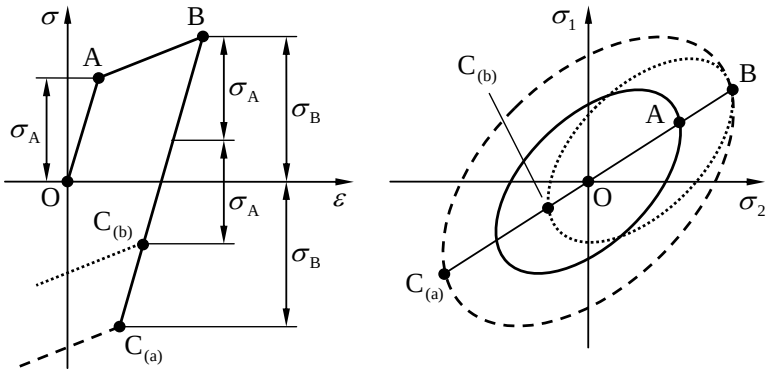
Anfangssteifigkeit Die materiell lineare Ausgangssteifigkeitsmatrix wird zur Bewertung der globalen Steifigkeitsmatrix verwendet. Die Berechnung ist langsamer (mehr Iterationen sind notwendig), aber die Konvergenz ist stabiler.

Tangentensteifigkeit Die materiell nichtlineare Tangentensteifigkeitsmatrix wird für die Bewertung der globalen Steifigkeitsmatrix verwendet. Die Berechnung ist schneller (weniger Iterationen sind notwendig), aber wenn die Inkremente nicht klein genug sind, können Konvergenzprobleme auftreten

.

Dehnungs-verfestigung

Die Verfestigung kann gemäss folgender Regeln erfolgen:
(a) Isotrop: β = 1, (b) Kinematisch: β = 0



Im Falle kinematischer Verfestigung ändert sich die Grösse der Fliessfläche nicht, aber ihr Zentrum verschiebt sich vom Ursprung des Spannungsraums nach 0'. In diesem Fall werden die effektiven Spannungen $\sigma_{r,i} = \sigma_i - \sigma_{O',i}$ entsprechend dem momentanen Ursprung in die Gleichung der effektiven Spannungen basierend auf der Fliessbedingung substituiert. **Siehe...** *6.1.21 Stab/Fachwerkstabelement - Spannungen und 6.1.22 Flächenelemente - Spannungen.* Im Falle isotroper Verfestigung ist $\sigma_{O',i} = 0$ und $\sigma_{r,i} = \sigma_i$.

Bemessungs-parameter

Bemessungsparameter sind abhängig vom Material und der angewendeten Norm

Stahl	EC, DIN 1045-1, SIA 26x, Italian	Stahl	f_y	Fliessgrenze
			f_u	Bruchfestigkeit
			f_y^*	Fliessgrenze (40mm <t< 100mm)
			f_u^*	Bruchfestigkeit (40mm <t< 100mm)
	NEN	Stahl	$f_{y\,d}$	Fliessgrenze
			f_{yt}	Bruchfestigkeit
			f_{yd}^*	Fliessgrenze (40mm <t< 100mm)
			f_{yt}^*	Bruchfestigkeit (40mm <t< 100mm)
Beton	EC, Italian	Beton	f_{ck}	Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit nach 28 Tagen
			γ_c	Sicherheitsfaktor
			α_{cc}	Abminderungsfaktor
			Φ_t	Kriechzahl
	DIN 1045-1	Beton	f_{ck}	Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit nach 28 Tagen
			$f_{ck,cube}$	Charakteristische Würfeldruckfestigkeit
			γ_c	Sicherheitsfaktor
			α	Abminderungsfaktor
			Φ_t	Kriechzahl
	SIA 26x	Beton	f_{ck}	Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit nach 28 Tagen
			γ_c	Sicherheitsfaktor
			Φ_t	Kriechzahl
	NEN	Beton	f'_{ck}	Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit nach 28 Tagen
			Φ	Kriechzahl

Holz	EC	Holz	$f_{m,k}$	Charakteristische Biegebeanspruchung
			f_{t0k}	Charakteristische Zugfestigkeit parallel zur Holzfaser
			f_{t90k}	Charakteristische Zugfestigkeit senkrecht zur Holzfaser
			f_{c0k}	Charakteristische Druckfestigkeit parallel zur Holzfaser
			f_{c90ky}	Charakteristische Druckfestigkeit senkrecht zur Holzfaser *(y)*
			f_{c90kz}	Charakteristische Druckfestigkeit senkrecht zur Holzfaser *(z)* (für nicht-Furnierschichtholz $f_{c90ky} = f_{c90kz} = f_{c90k}$)
			f_{vkz}	Charakteristische Schubfestigkeit *(z)*
				(für nicht- Furnierschichtholz $f_{vky} = f_{vkz} = f_{vk}$)
			$E_{0,mean}$	Durchschnittliches E-Modul parallel zur Holzfaser *(x)*
			$E_{90,mean}$	Durchschnittliches E-Modul *senkrecht zur Holzfaser* (y)
			$E_{0.05}$	*5% E-Modul parallel zur Holzfaser* (x)
			G_{mean}	Durchschnittliches *Schubmodul*
			γ_M	*Teilsicherheitsbeiwert des Materials*
			s	*Größeneffekt Exponent (für Furnierschichtholz -Materialien)*
			f_y	Fliessgrenze
Mauerwerk	EC	Mauerwerk	f_b	Druckfestigkeit des Mauerwerksblocks
			f_k	Charakteristische Druckfestigkeit des Mauerwerks
			f_{vk0}	Charakteristische Anfangsscherfestigkeit
			f_{xk1}	Charakteristische Biegefestigkeit von Mauerwerk bei Biegung um eine Achse parallel zur Lagerfuge
			f_{xk2}	Charakteristische Biegefestigkeit von Mauerwerk bei Biegung um eine Achse senkrecht zur Lagerfuge

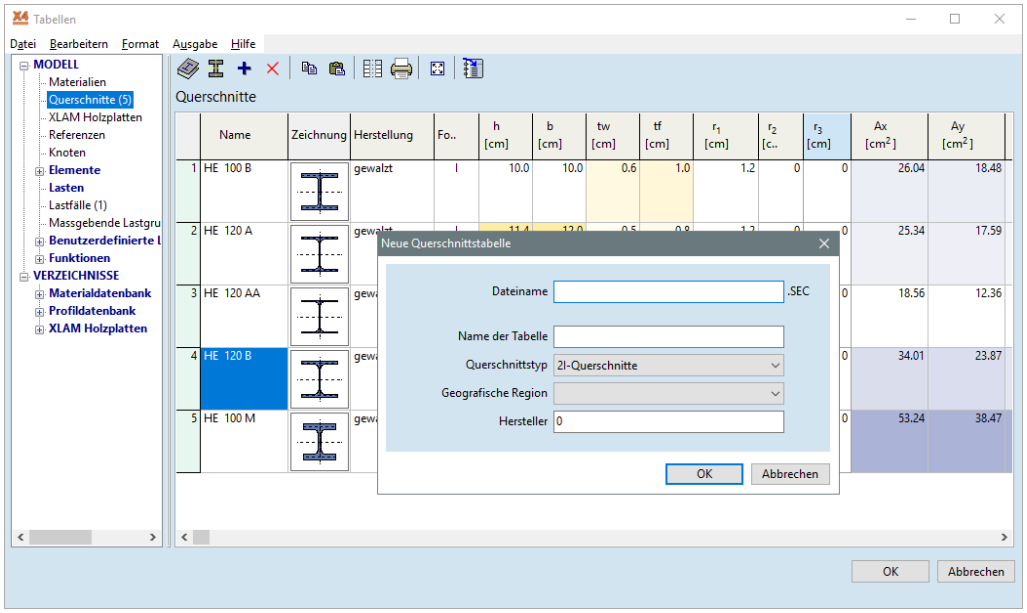
3.1.16. Profildatenbank



Zum Programm gehört eine Datenbank von Stahlprofilen, Betonquerschnitten, die durch die Tabellenfunktion zu erreichen ist.
In der Datenbank sind die Stahlprofile nach Euronorm und anderen Normen enthalten.

Neue Profiltabelle

Man kann eine neue Tabelle mit dem *Datei/Neue Profiltabelle* Befehl erstellen. Der Tabellenname und Typ soll hier angegeben werden. Sie müssen einen Tabellennamen, einen Tabellendateinamen und einen Querschnittstyp angeben, um die Tabelle im Tabellenbrowser zu kategorisieren. Eine *geografische Region* und ein *Hersteller* können ebenfalls eingegeben werden. Diese Felder können zum Filtern von Querschnitten beim Importieren aus der Profiltabelle verwendet werden. **Siehe...** *4.9.2.1 Profiltabellen durchsuchen*.
Die Datei wird im AxisVM Verzeichnis unter dem *Dateiname*.sec Name gespeichert.
Der Tabellenname der aktiven Tabelle oder ein Profil in der Tabelle lassen sich modifizieren und auch löschen.



☞ ***Die Rückgängig Funktion (Undo) funktioniert bei der Datenbank nicht.***

Profil

Weisen Sie einem Profil einen Namen und die folgenden Eigenschaften zu:

Name	
Art der Herstellung	gewalzt, gebogen, geschweißt, andere Herstellungsart.
Form	I, U, L, Rohr, Kreis, Rechteck, C, Z, S, J, T, geschlossener Querschnitt, andere

Querschnittswerte

Wenn ein neuer Querschnitt über die Tabelle definiert wird, müssen alle erforderlichen Querschnittswerte manuell eingegeben werden.

A_x	[cm²]	Schubfläche in Richtung der lokalen ***x*** -Achse
$A_1^{(*)}$	[cm²]	Schubfläche bezogen auf Schubkräfte in der 1. lokalen Richtung
$A_2^{(*)}$	[cm²]	Schubfläche bezogen auf Schubkräfte in der 2. lokalen Richtung
$r_1...r_3$	[cm]	Ausrundungs- (Ecken und Hohlräume) Radien
I_x	[cm⁴]	Trägheitsmoment in Richtung der lokalen ***x*** –Achse (Torsion)
I_y	[cm⁴]	Trägheitsmoment in Richtung der lokalen ***y*** –Achse (Biegung)
I_z	[cm⁴]	Trägheitsmoment in Richtung der lokalen ***z*** –Achse (Biegung)
I_{yz}	[cm⁴]	Zentrifugalmoment
$I_1^{(*)}$	[cm⁴]	Trägheitsmoment um die 1. Hauptachse
$I_2^{(*)}$	[cm⁴]	Trägheitsmoment um die 2. Hauptachse
I_ω	[cm⁶]	Wölbtorsionsträgheitsmoment (verwendet für die Stahlbemessung)
$W_{1,el,o}^{(*)}$	[cm³]	Elastisches Widerstandsmoment
$W_{1,el,u}^{(*)}$	[cm³]	Elastisches Widerstandsmoment
$W_{2,el,o}^{(*)}$	[cm³]	Elastisches Widerstandsmoment
$W_{2,el,u}^{(*)}$	[cm³]	Elastisches Widerstandsmoment
$W_{1,pl}^{(*)}$	[cm³]	Plastisches Widerstandsmoment
$W_{2,pl}^{(*)}$	[cm³]	Plastisches Widerstandsmoment
$i_1^{(*)}$	[cm]	Trägheitsradius um die lokale **1.** Achse
$i_2^{(*)}$	[cm]	Trägheitsradius um die lokale **2.** Achse
b	[cm]	Abmessung in Richtung der lokalen ***Y*** –Achse
h	[cm]	Abmessung in Richtung der lokalen ***Z*** –Achse
y_G	[cm]	Abstand zwischen dem Schwerpunkt des Querschnittes und der unteren linken Ecke der Umhüllenden in Richtung der lokalen ***y*** –Achse.
z_G	[cm]	Abstand zwischen dem Schwerpunkt des Querschnittes und der unteren linken Ecke der Umhüllenden in Richtung der lokalen ***z*** –Achse.
y_s,z_s	[cm]	Koordinaten des Schubmittelpunktes in lokalen **y** und **z** Richtungen relativ zum Schwerpunkt
S.p.		Spannungsauswertungspunkt

(*) Falls die erste und zweite Hauptachse den lokalen y und z Achsen entsprechen, werden Werte mit (*) mit den Indizes y und z bezeichnet.

Tabelleneigenschaften Befehl Tabelleneigenschaft in der Tabellenanzeige Benutzerbibliothekseigenschaften können über Datei / Löschen Querschnittstabelle in der Tabellenanzeige gelöscht werden.

Import/Export Werte Sie können Werte in eine Bibliothek als DBaseIII-Datei Importieren oder Exportieren über den Befehl *Datei / Import von dBase-Datei*.
In der Tabelle können beliebig viele Profile erstellt, modifiziert und gelöscht werden. Die Profiltabellen kann man auch aus Dbase Dateien oder durch deren Schnittstelle importieren.

Kopieren/Einfügen von Querschnitten Im Tabellenanwendungsprogramm können die Profildaten mit den grafischen Informationen zusammen kopiert werden. In andere Anwendungen können durch die Zwischenablage nur die numerischen Daten übergeben werden.

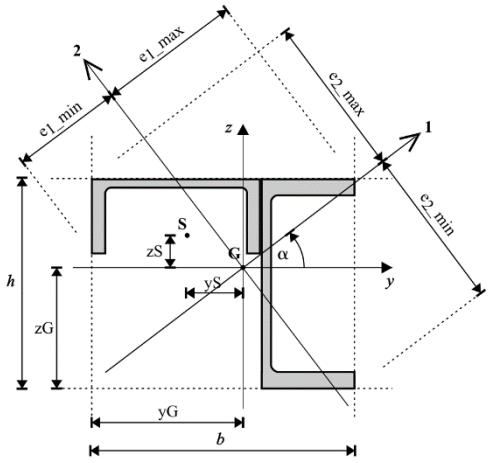
Addieren/ Ändern/Löschen eines Querschnitts Sie können ein neues Profil zu einer Tabelle addieren. Erstellen Sie eine neue Zeile (*Editieren/Neue Datenzeile* oder **[Ctrl]+[Ins]** oder **[+]** Taste in der Ikonbox), und tippen Sie die Werte ein.
Ein neuer Querschnitt kann auch mit dem grafischen Querschnittseditor erstellt werden. (*Editieren/Neues Profil grafisch erstellen*, **[Ctrl]+[G]**). Die Profile in der Tabelle können grafisch geändert werden, wenn die nötigen grafischen Informationen vorhanden sind (*Editieren/Querschnitt grafisch ändern*, **[Ctrl]+[M]**).
Das Ändern einer beliebigen Dimension einer Standardform löst eine automatische Neuberechnung aller Querschnittparameter aus und AxisVM aktualisiert die Grafiken.
Profile können durch das Icon löschen oder durch die Tastenkombination **[Ctr]+[Del]** gelöscht werden.

Die Benutzung von Tabellen finden **Sie im Kapitel** *2.9 Tabellen.*

Siehe Querschnittswerte-Editor in Abschnitt *3.1.16.1. Querschnittseditor*

☞ ***Die Profilbibliotheken enthalten die Werte der Wölbtorsionsträgheitsmomente Iω, welche im Stahlbemessungsmodul benutzt werden .***
Die Profileigenschaften wurden anhand der Kataloge der Hersteller definiert, es empfiehlt sich also vor der ersten Anwendung die entsprechenden Werte zu kontrollieren.

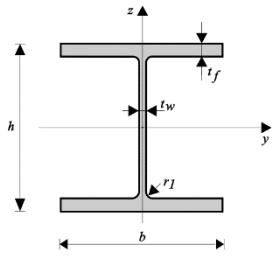
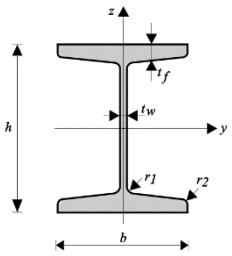
Querschnitte

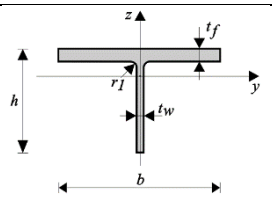
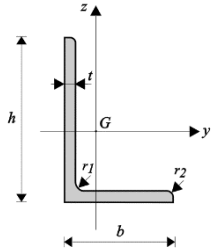
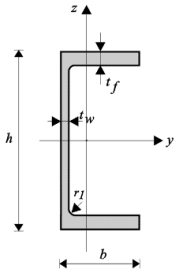
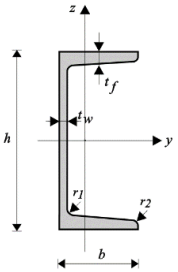
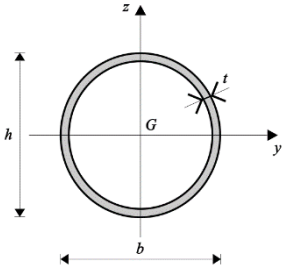
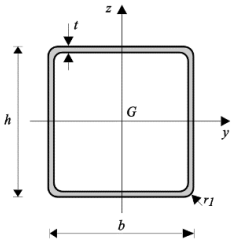
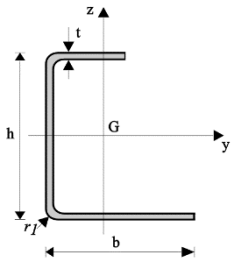
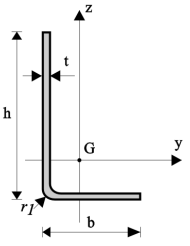
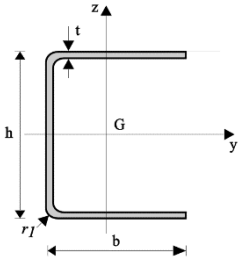
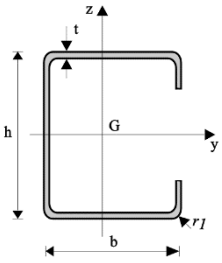
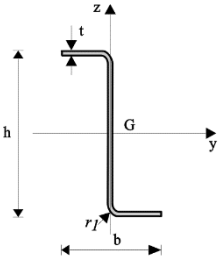
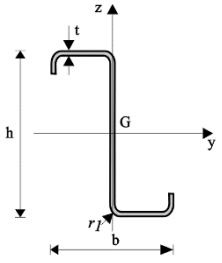


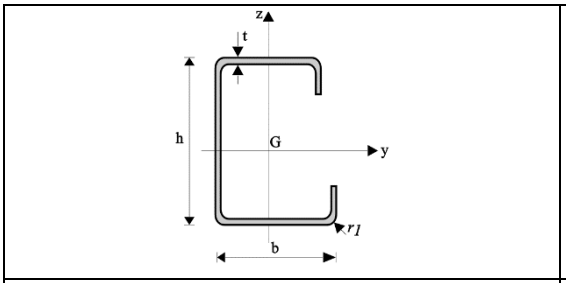
Bei der Berechnung der Querschnittswerte werden die Ausrundungsradien (r_1, r_2, r_3) mit berücksichtigt und auch in der Grafik dargestelt.
Die Bezeichnungen der Radien, Höhe, Breite, Wandstärke und Durchmesser können den untenstehenden Schemata entnommen werden.

Die Querschnittsdatenbank enthält die folgenden Profiltypen:

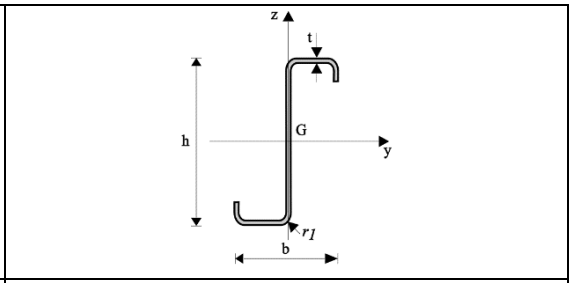
Stahlprofile

	
Warmgewalzte parallel- flanschige I-Träger	*Warmgewalzte I Normalprofile*

	
Warmgewalzte T-Profile	*Warmgewalzte Winkel-Profile*
	
Warmgewalzte paralleflanschige U-Profile	*Warmgealzte U-Profile mit geneigten Flanschen*
	
Kaltgeformte Rohre	*Kaltgeformte und warmgewalzte rechteckige Hohlprofile (RHS)*
	
kaltgeformte J Profile	*Kaltgeformte Winkelprofile*
	
Kaltgeformte U-Profile	*kaltgeformte C-Profile*
	
kaltgeformte Z -Profile	*Kaltgeformte S-Profile*



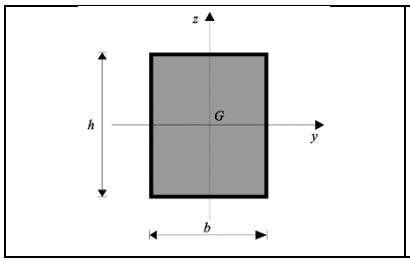
kaltgeformte C -Profile (LINDAB)

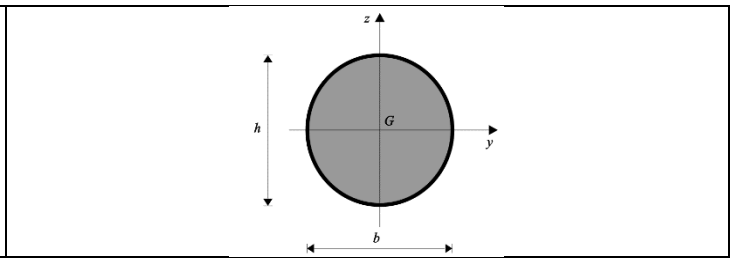


kaltgeformte Z -Profile (LINDAB)

Betonquerschnitte

Die am meisten angewandten Rechteck- und Kreisquerschnitte sind in der Datenbank definiert.
Die Abmessungen sind von 20x20 bis 80x80 cm Querschnittsgrösse mit 2 cm und 5 cm Stufen vorgegeben.





Alle Querschnittsdaten müssen angegeben werden. Wenn ein schon definierter Querschnittstyp aus der Tabelle gelöscht wird, werden die Elemente (Fachwerkstab, Stab, Rippe), die mit diesem Querschnitt definiert wurden, auch gelöscht. Die Netzlinien bei den gelöschten Elementen bleiben unverändert.

3.1.16.1. Querschnittseditor



Der Querschnittseditor ermöglicht es Ihnen, dünn- und dickwandige (volle) Querschnitte zu bearbeiten oder bestimmte parametrische Verbundquerschnitte aus zwei oder drei verschiedenen Materialien zu erstellen.
Sie können parametrische Kreis-, Rechteck-, Ring- und Polygonformen oder jede in den Querschnittsbibliotheken aufgeführte Form verwenden, um komplexe Querschnitte zu erstellen. Die Formen, aus denen ein neuer dünnwandiger oder dickwandiger Querschnitt entsteht, werden als Komponenten bezeichnet und müssen aus dem gleichen Material bestehen.
Sie können die ausgewählten Komponenten während der Bearbeitung jederzeit verschieben, drehen, spiegeln, kopieren oder verschieben. Wenn ein Bauteil grafisch an seine Position gebracht wird, werden die Hauptachsen und die Querschnittseigenschaften des Verbundquerschnitts berechnet.
Sie können Tastaturbefehle wie in den Hauptbearbeitungsfenstern verwenden.
Die Schaltfläche OK beendet und schliesst das Fenster des Querschnittseditors und speichert Ihren aktuellen Querschnitt in der Querschnittstabelle Ihres Modells mit einem von Ihnen gewählten Namen.
Der Querschnittseditor kann entweder über die Tabelle Querschnittswerte, die Querschnittsdatenbank oder über den Dialog Linienelemente, wo Fachwerkstäbe, Plattenbalken oder Stäbe definiert oder geändert werden, aufgerufen werden.
Siehe... *4.9.9 Linienelemente*
Der Querschnittseditor steht ebenfalls zur Verfügung, wenn Sie ein Stabwerk aus ArchiCAD importieren. Dann können die Querschnitte geändert werden.
Siehe... *4.9.23 Generieren eines statischen Systems aus einem Architekturmodell*

Editor Tasten

Siehe... *2.5 Arbeiten mit der Tastatur, mit der Maus und dem Cursor*

Werkzeugleiste

Die wichtigsten Funktionen sind in der Werkzeugleiste verfügbar functions.



Druckt den Querschnitt.
Siehe... *3.1.12 Drucken*



Speichert das Bild des Querschnittes in der Galerie
Siehe... *3.2.12 Bilder und Bemessungen speichern*



Rückgängig der letzen Funktion.



Wiederherstellen der letzten Funktion



Kopiert das Bild des Querschnitts in die Zwischenablage

Profildatenbank



Importiert einen Querschnitt aus Querschnittsdatenbank.
Siehe... *4.9.2.1 Profiltabellen durchsuchen*

von DXF Datei



Konturen von dickwandigen Querschnitten können aus einer DXF-Datei importiert werden.

Spannungspunkte



Sie können im Querschnitt maximal 9 Punkte definieren, wo die Spannungen berechnet werden sollen (der Schwerpunkt wird automatisch als Spannungspunkt behandelt). Wenn der Querschnitt verschoben wird, werden diese Punkte auch mitbewegt.

Im Falle von dünnwandigen Querschnitten wird der Schubfluss nur entlang der Mittellinien berechnet. Die projizierten Punkte von wo die Schubspannungswerte zu den Spannungspunkten zugeordnet sind, werden auch dargestellt.Wenn ein Spannungspunkt in einer Ecke liegt oder an einem Punkt, wo mehrere Mittellinien zusammenkommen, wird der höchste Wert dargestellt.

☞ ***Spannungsberechnungen erfolgen nur in den angegebenen Auswertungspunkten. Werden keine Auswertungspunkte angegeben erfolgt die Berechnung nur im Schwerpunkt. Dies führt dazu, dass keine Biegespannungen auftreten.***

Icon-Leiste

Editierfunktionen und Einstellungen können in der linken Icon-Leiste gewählt werden. Die Funktionen sind analog der ensprechenden Icon-Leiste im Hauptmenü.
Siehe... *2.16 Die Symbolpalette*



Geometrische Transformation

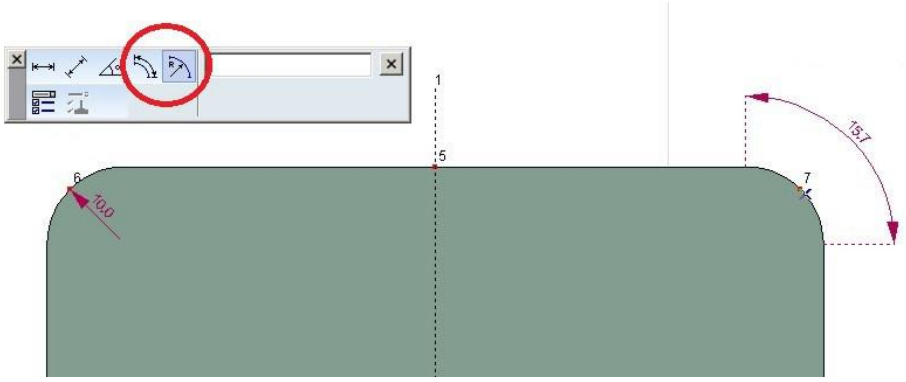




Alle geometrischen Standard-Transformationen (verschieben, drehen, spiegeln, skalieren) können verwendet werden. Alle Funktionen Alle Funktionen können in der y-z Ebene des Querschnitt-Editors ausgeführt werden.

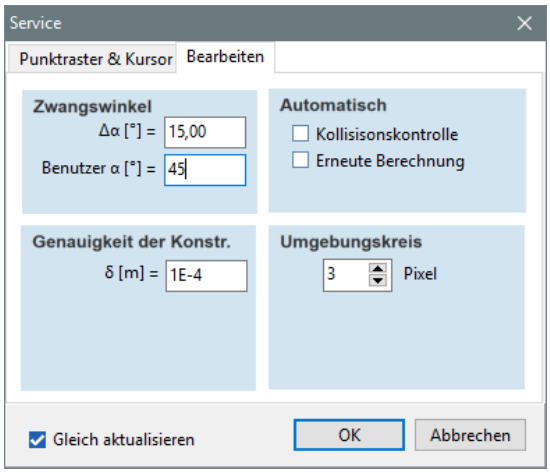
Bemassung





Bemassungswerkzeuge können von der oberen Reihe ausgewählt werden. Es sind orthogonale oder ausgerichtete Massketten, Winkel-, Radius- oder Bogenlängenbemassungen.
In der unteren Reihe wird die Darstellung angepasst und es kann die Smart Bemassungslinien aktiviert werden, mit der Zwischenpunkte vermasst werden.





Das Fenster „Service“ beinhaltet die Eingabe eines Zwangswinkels und die Eingabe einer Editiertoleranz.

Automatische Kollisionskontrolle stellt temporär die Aussenlinien von Formen rot dar, wenn es Berührungen oder Überlappungen gibt.

Automatische Erneute Berechnung berechnet die Querschnittsparameter jedes Mal neu, wenn sich die Form ändert.

Querschnitts- definition

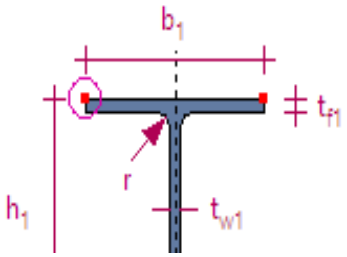
Mit dem Editor können benutzerdefinierte dünn- oder dickwandige (massive) oder Verbundquerschnitte erstellt werden. Die Komponenten eines komplexen, aber nicht zusammengesetzten Querschnitts haben das gleiche Material. Verbundquerschnitte sind parametrisch und werden aus zwei oder drei Materialien erstellt.

Im Querschnittseditor wird unter zwei Profiltypen unterschieden: die dünnwandigen Profile und die dickwandigen Profile. Ein zusammengesetzter Querschnitt kann nur Teile aus gleichem Material haben. Die Querschnittsteile können Kreise, Rechtecke, Ringe, Polygone oder Teile aus der Profildatenbank sein. Die Teile können beliebig bewegt, kopiert, rotiert, gespiegelt werden. Nach dem Zusammensetzen der Teile wird das Programm die Querschnittswerte und Richtungen der Hauptachsen berechnen. Nach dem Verlassen des Querschnittseditors kann der neue Querschnitt unter einem Namen in die Tabelle aufgenommen werden.

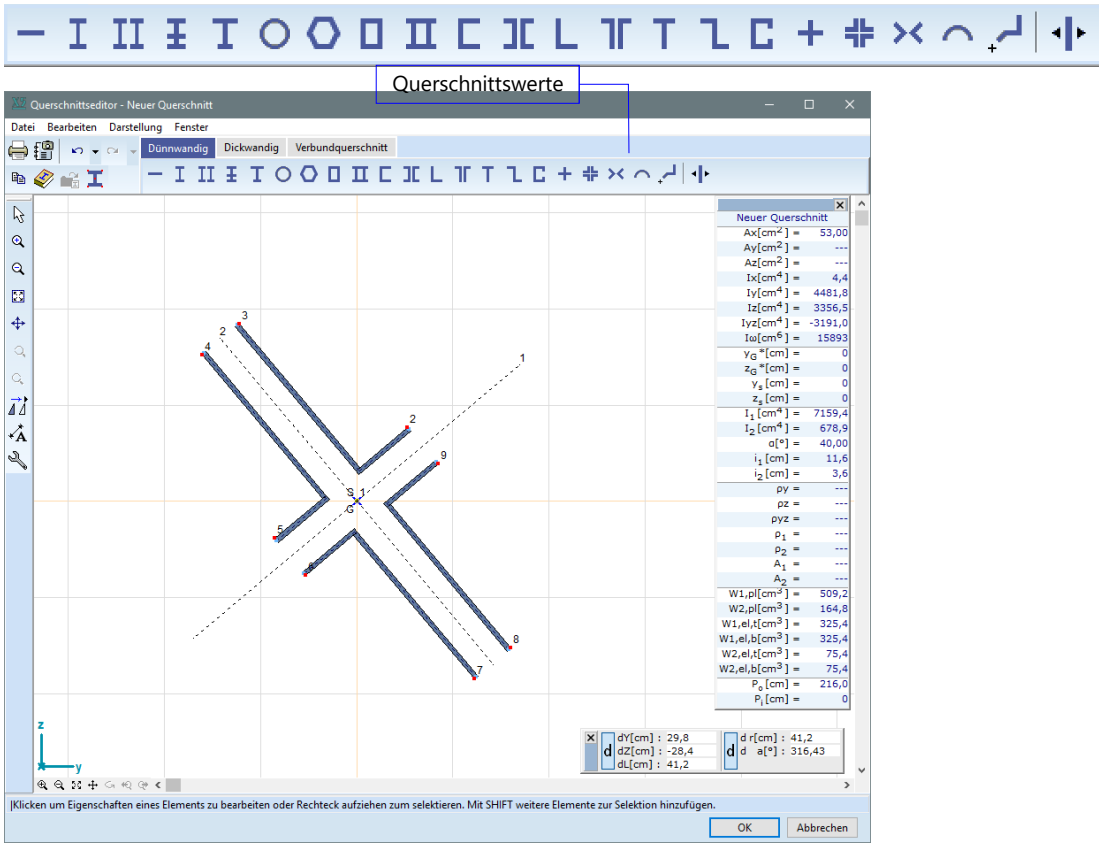
Sie können Tastaturbefehle in der gleichen Art benutzen wie im Hauptfenster
Der **OK**-Button beendet und schliesst den Querschnittseditor und speichert den Querschnitt in der Querschnittsdatenbank des Modells unter einen Namen den Sie vergeben.

Basispunkt

Die Querschnittsteile können durch ihren Basispunkt positioniert werden.
Ein roter Kreis zeigt den Basispunkt im Bildschirm. Der Basispunkt kann durch Anklicken auf einen anderen Teilpunkt umgesetzt werden.



Dünnwandige Querschnitte



Standardprofile können auch über Eingabe Ihrer Parameter definiert werden. Folgende Parameter müssen im Dialog definiert werden:

Herstellungsart
Abmessungen
Verdrehung

Es gibt drei Herstellungsarten (gewalzt, geschweißt, kaltgeformt.)
Werte, welche abhängig von der Geometrie des Querschnittes definiert werden müssen.
Ein Drehwinkel α kann zugewiesen werden. Der Defaultwert ist 0.

I-Profil

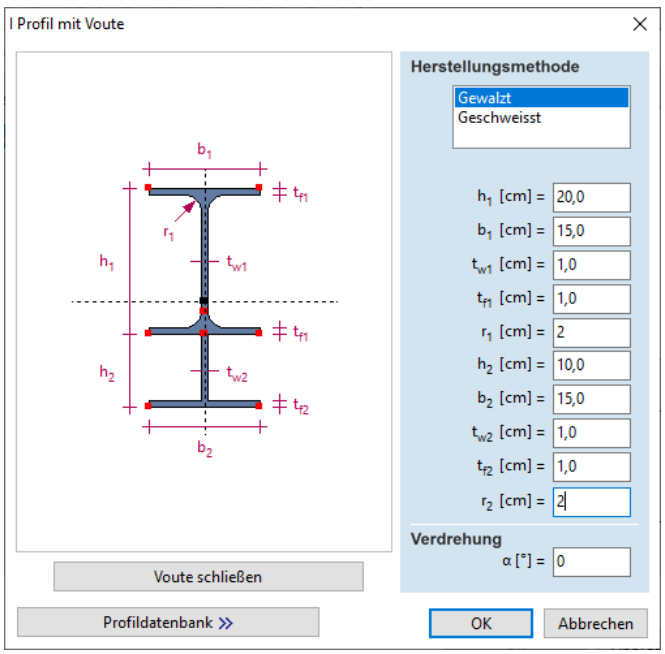


I-Profil mit zus. Flansch



I-Profil mit doppelten Flanschen

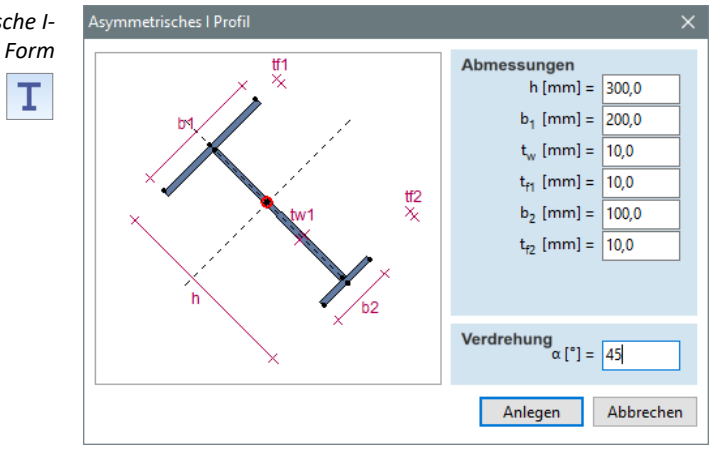




Definition eines I-Profils durch seine Höhe, Breite, Steg- und Flanschstärke und Ausrundungsradius. Dünnwandige Querschnitte können beliebig zusammen kombiniert werden.

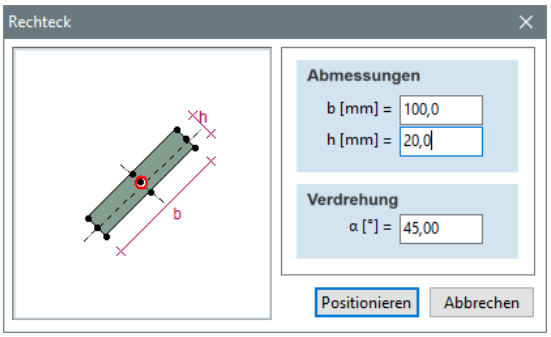
Die Schaltfläche Voute schließen legt die kleinstmögliche Voutengröße fest, die dabei hilft, den Endquerschnitt eines Voutenträgers mit variablem Querschnitt zu definieren.
Die Schaltfläche Querschnittsbibliothek dient zur Auswahl einer Komponente des Vouten-I-Profils (des Kernquerschnitts oder des I- oder T-Voutenprofils) aus der Bibliothek.

Asymmetrische I-Form



Definiert eine Asymmetrik I-Form nach dessen Höhe, Breite, Maschung sowie der oberen/unteren Randabmessungen.

Rechteck



Definieren eines Rechtecks mit *b, v,* α Parameter mit b>v.

☞ ***Die Bedingung*** **b > v** ***muss erfüllt werden.***

Kreisring

Einen Kreisring erstellt man mit den Parameter *D* (Aussendurchmesser) und *v* (Wanddicke). Die Mittellinie wird automatisch erstellt, als geschlossener Bereich behandelt und mit gestrichelter Linie dargestellt.

Andere Formen

Definition der Profile durch Höhe , Breite, Dicke und evt. Ausrundungsradius.

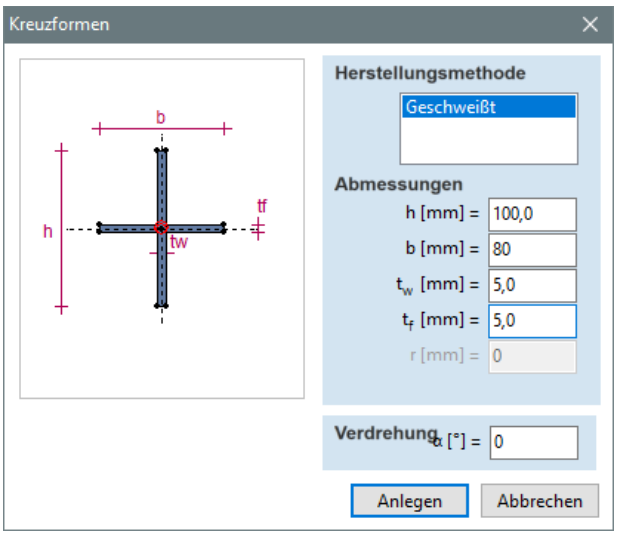
Doppelprofile

Das Grundprofil kann parametrisch definiert werden (Breite, Höhe, Steg- und Flanschdicke) oder aus der Bibliothek eingelesen werden. Spezialparameter für Doppelprofile:

Distanz : *a*
Orientierung : gegenüber oder Rückseite an Rückseite (im Fall von 2U)

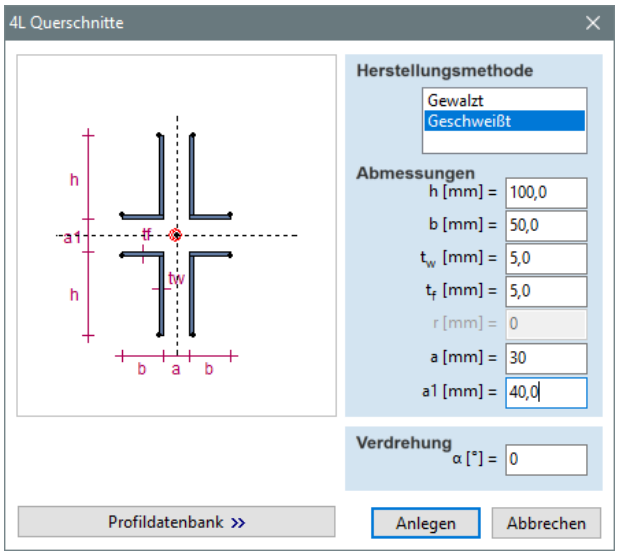
Kreuzformen

2L Kreuzformen



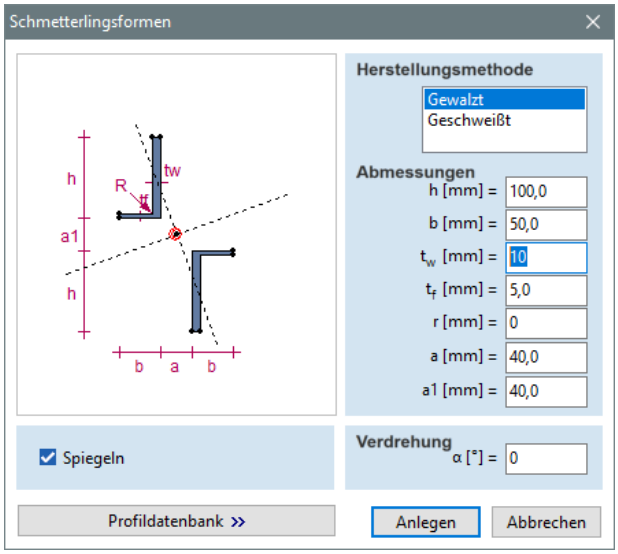
Definition eine Kreuzform nach den Parametern: *h* (Höhe), *b* (Breite), *tw* (Stegdicke) und *tf* (Flanschdicke).

4L Querschnitte



Definition eines 4L Querschnittes mit den Parametern: *h* (Höhe), *b* (Breite), *tw* (Stegdicke) und *tf* (Flanschdicke), *a*, *a1* (Abstände) und *r* (Wölbungsradius).

Schmetterlingsformen



Definition einer Schmetterlingsform mit den Parametern: *h* (Höhe), *b* (Breite), *tw* (Stegdicke) und *tf* (Flanschdicke), *a*, *a1* (Abstände) und *r* (Wölbungsradius).

Polygon

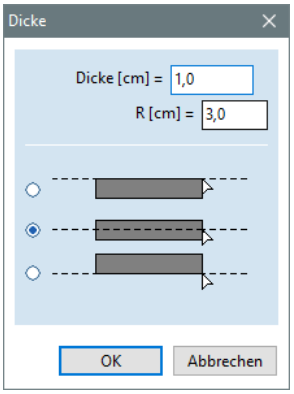


Erstellen eines Polygons mit v Dicke. Das Polygon kann durch die Taste **[Esc]** oder rechte-Taste beendet werden.

Die Lage der Referenzlinie für das Konstruieren des Polygons kann wie folgt vorgewählt werden:

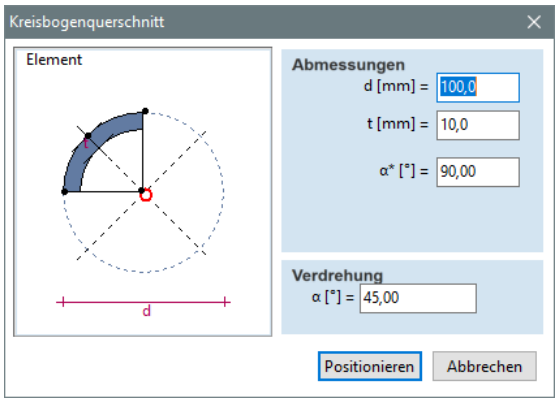
1. linksbündig
2. zentrisch
3. rechtsbündig

Die Dicke und der Ausrundungsradius R (Ecken und Hohlräume) werden hier definiert.



Kreisbogen



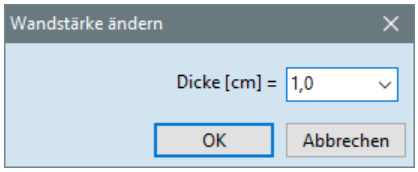


Definition eine Bogens durch Durchmesser, Öffnungswinkel und Dicke.

☞ ***Es können nur dünnwandige Profile ausgewählt werden.***

Wandstärke ändern





Für dünnwandige Querschnitte können die Dicken von selektierten Segmenten individuell geändert werden.
Für parametrisierte Formen kann die Dicke über die Parameter geändert werden.

Löschen

Durch Betätigung der **[Del]** Taste wird das Dialogfenster am Bildschirm erscheinen. Beim Schliessen der Dialogbox werden die markierte Elemente, Bereiche oder Spannungspunkte gelöscht.

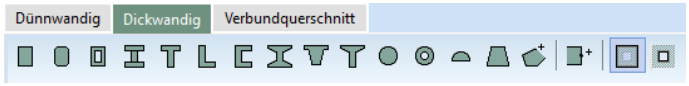
☞ ***Wenn ein Profil aus Materialdatenbank geladen wurde, kann der geschlossene Bereich nicht entfernt werden.***

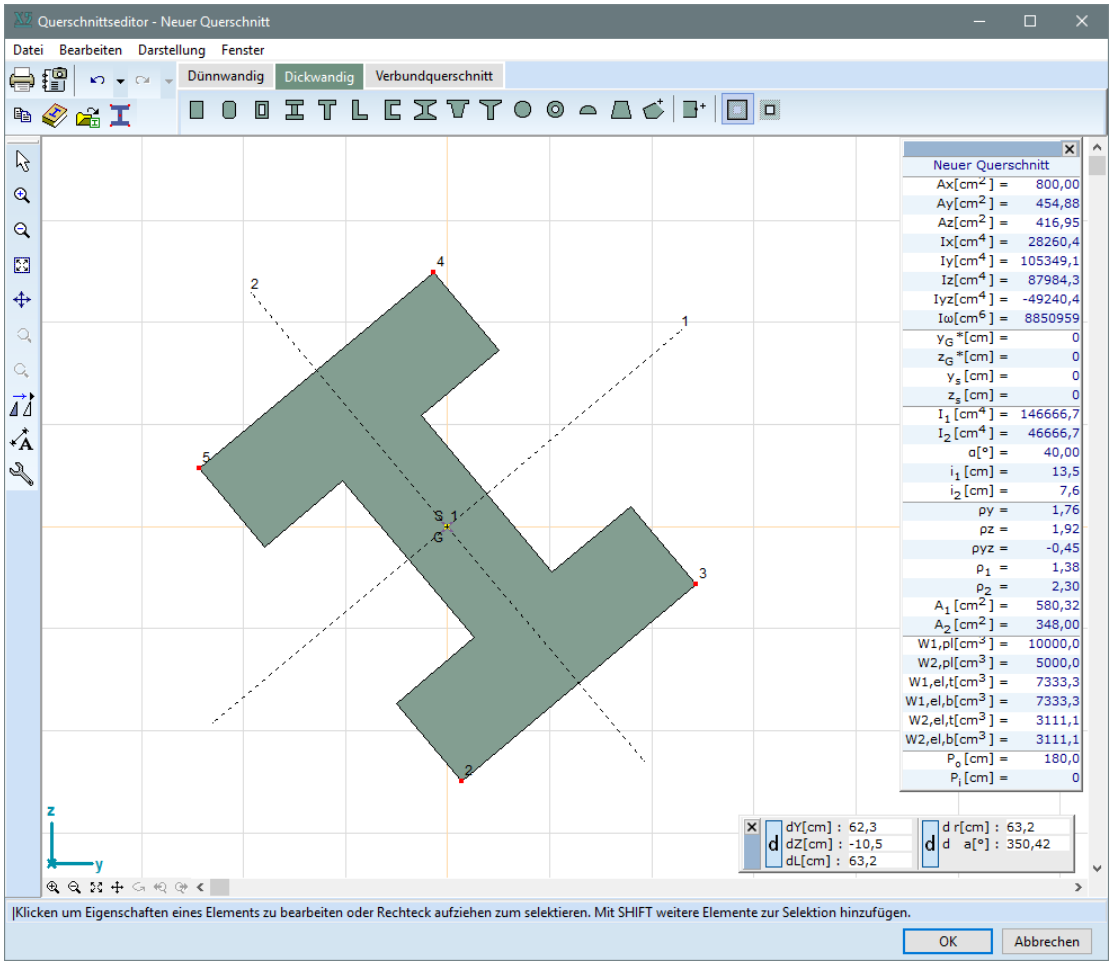
Spannungspunkt

Es löscht die markierten Spannungspunkte.

☞ ***Der Spannungspunkt im Schwerpunkt kann nicht entfernt werden.***

Dickwandige Profile

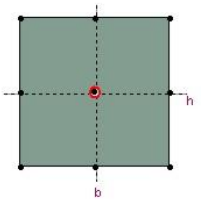




Parametrisierte Formen:

Rechteck

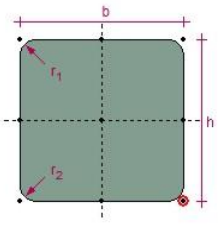




Rechteck mit einer Breite von ***b*** und einer Höhe von ***h***.

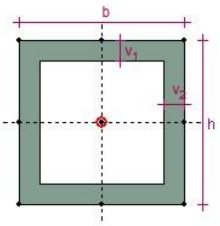
Abgerundetes Rechteck





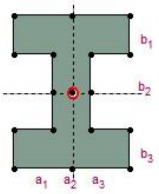
Abgerundetes Rechteck mit einer Breite ***b***, Höhe ***h*** und Rundungsradien r_1, r_2.

Hohlkasten



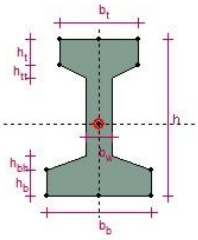
Hohlkasten mit Breite ***b***,Höhe ***h*** und ***v₁, v₂*** Wandstärke.

I Form



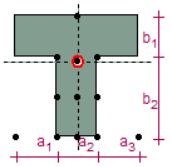
I Form definiert über ***a₁, a₂, a₃, b₁, b₂, b₃*** Werte.
Einer der Werte ***(a₁, a₃), (b₁, b₃)*** kann auf Null gesetzt werden, um eine T, U, L Form zu erzeugen.

Verjüngte I Form



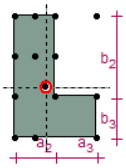
Verjüngte I Form ist über Stegdicke ***b_w,*** obere und untere Breite ***b_t, b_b,*** Gesamthöhe *h* und die Werte ***h_t, h_{th}, h_b, h_{bh}*** definiert.

T Form



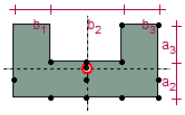
Wie eine I Form definiert, aber b_3 = 0.

L Form



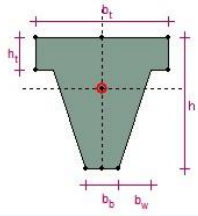
Wie eine I Form definiert, aber a_1 = 0 und b_3 = 0.

U Form



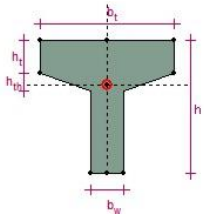
Wie eine I Form definiert, aber a_1 = 0.

T Form mit verjüngendem Steg



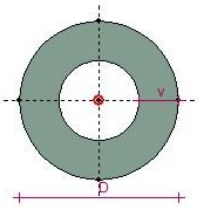
T Form mit verjüngtem Steg über die Breite ***b_w, b_b, b_t,*** der Höhe ***h*** und der Flangdicke ***h_t*** definiert.

T Form mit verjüngendem Flansch



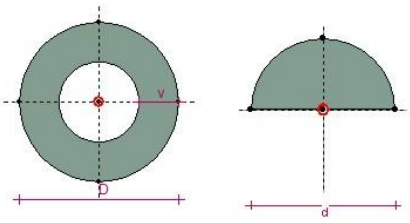
T Form mit verjünftem Flansch über die Breite ***b_w,*** Stegbreite ***b_t,*** und die Höhen ***h*** und ***h_t , h_{th}*** Werte definiert.

Rohr



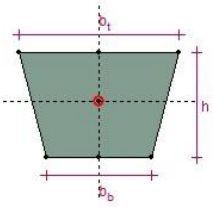
Rohr über Aussendurchmesser ***D*** und der Wandstärke ***v*** definiert.

Rohr oder Halbrohr



Rohr oder Halbrohr über den Durchmesser ***d*** definiert.

Symmetrisches Trapez



Symmetrisches Trapez mit der oberen und unteren Breite b_t, b_b und der Höhe ***h*** definiert.

Polygon

Definition eines Polygons durch Zeichnen der Eckpunkte. Das Polygon kann durch die Taste **[Esc]** oder die rechte-Taste beendet werden.
Während des Bearbeitens erscheint folgende Palette:



 *Linie*

 *Tangente*

 *Boden mit Mittelpunkt*

 *Bogen über 3 Punkte*

 *Tangentialer Boden*

 *Bogen mit vorgegebener Tangente*

Polygonpunkt einfügen

In jeder bestehenden Konturlinie können neue Polygonpunkte eingefügt werden und durch Ziehen der Punkte die Konturgeometrie verändert werden.

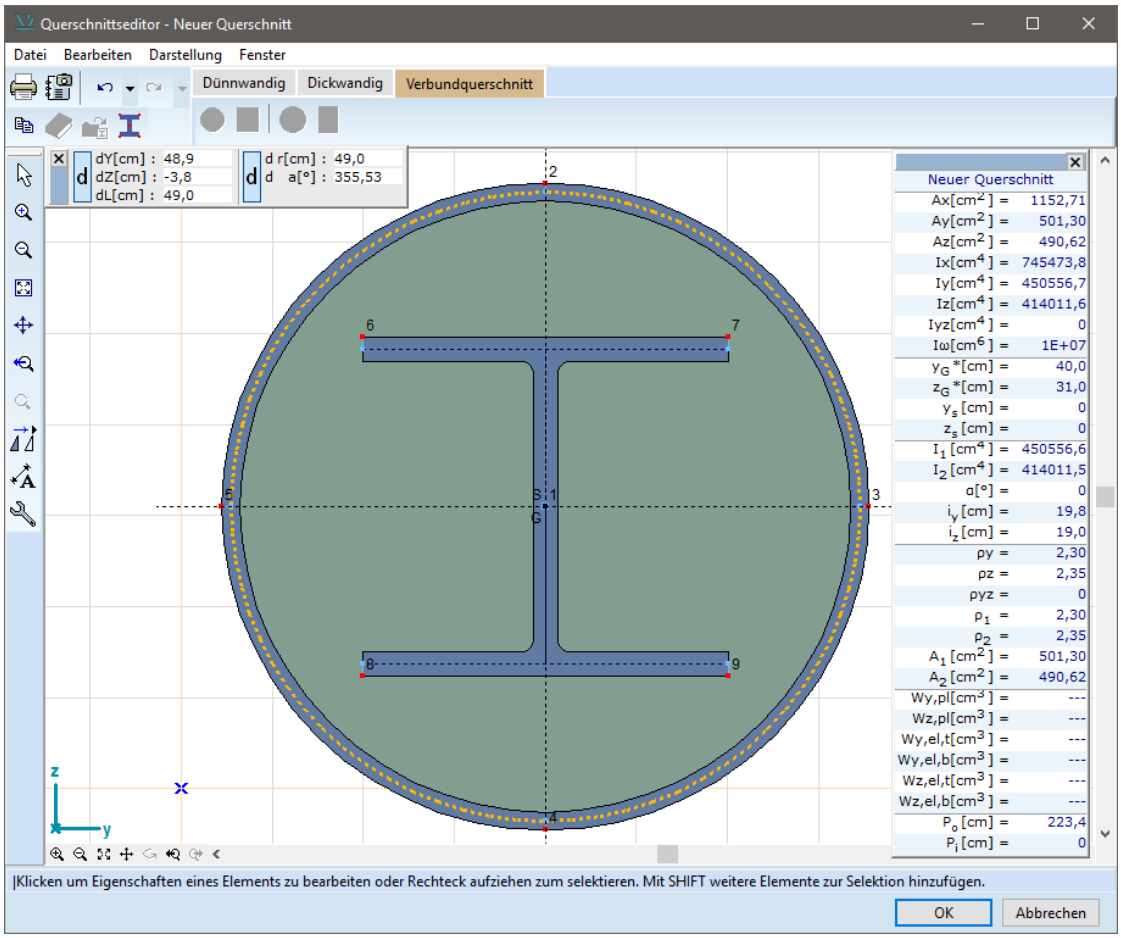
Kontur

Falls der Kontur-Knopf aktiviert ist, können Querschnittskonturen gezeichnet werden. Falls der Loch-Knopf aktiviert ist, können Aussparungen gezeichnet werden.

Loch

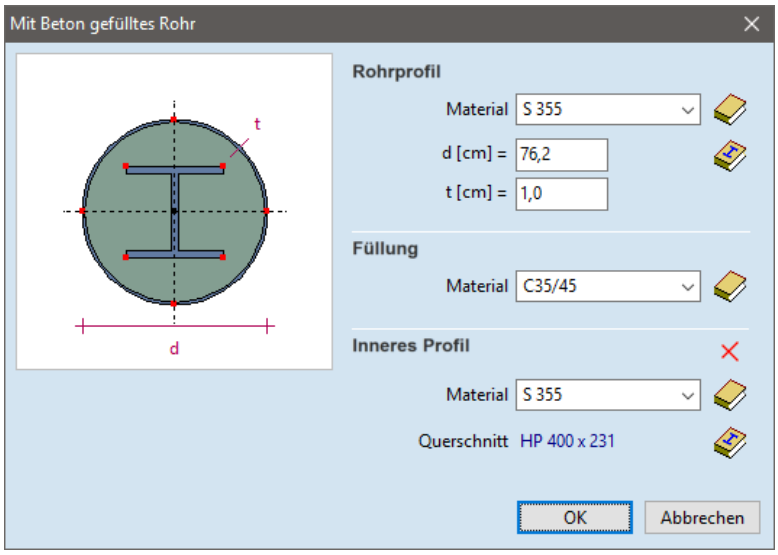
Es können rechteckige, kreisförmige und polygonale Aussparungen definiert werden.
Wenn Aussparungen definiert werden wird von AxisVM kein Torsionsträgheitsmoment berechnet. Der Wert des Torsionsträgheitsmomentes muss vom Anwender explizit in der Querschnittswerttabelle eingegeben werden.

Verbund-quer-schnitte



Verbundquerschnitte bestehen aus zwei oder drei verschiedenen Materialien.
Wenn der Verbundabschnitt ein Innenprofil enthält, gelangt der Schwerpunkt des Innenprofils in die Position des Schwerpunktes des Aussenprofils. Wenn das Innenprofil zu gross ist, um in den Aussenquerschnitt zu passen, wird die Darstellung im Definitionsfenster durch ein durchgestrichenes Rechteck ersetzt.

Beton-gefülltes Rohr



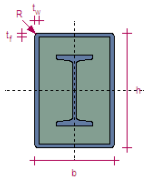
Die Definition eines mit Beton gefüllten Rohres erfordert folgende Parameter: das Material, den Durchmesser d und die Dicke t des Rohres sowie das Material der Füllung. Ein optionales Innenprofil kann ebenfalls definiert werden.

Materialien können aus der Materialbibliothek importiert werden, **siehe...** *3.1.15 Materialdatenbank*

Der Rohrquerschnitt kann parametrisch eingegeben oder aus den Rohrquerschnitten der Querschnittsbibliothek ausgewählt werden, **siehe...** *3.1.16 Profildatenbank*. Das Innenprofil kann aus der Querschnittsbibliothek ausgewählt werden.

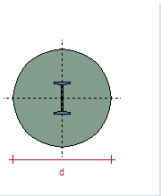
Das ausgewählte Innenprofil kann aus dem Querschnitt entfernt werden.

Beton-gefüllter Kasten



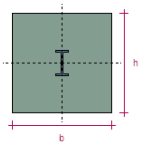
Die Definition eines betongefüllten Kastens erfordert folgende Parameter: das Material, die Breite b, die Höhe h, die Dicken tf und tw des Kastens und das Material der Füllung. Ein optionales Innenprofil kann ebenfalls definiert werden.

Kreisförmig Betonumhülltes Profil



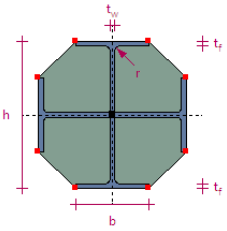
Die Definition eines kreisförmigen betonierten Profils erfordert folgende Parameter: das Material und den Durchmesser d der runden Form, ein Innenprofil und dessen Material.

Rechteckig Betonumhülltes Profil



Die Definition eines kreisförmigen betonumhüllten Profils erfordert folgende Parameter: das Material, die Breite b und die Höhe h der Rechteckform, ein Innenprofil und sein Material.

Betonumhüllte gekreuzte I-Profile



Die Definition von betonumhüllten, gekreuzten I-Profilen erfordert die folgenden Parameter: Material der I-Profile und des Betons, die Höhe h, die Breite der Flansche b, die Dicke der Flansche tf und die Dicke der Stege tw.

Löschen

Durch Betätigung der **[Del]** Taste wird das Dialogfenster am Bildschirm erscheinen. Beim Schliessen der Dialogbox werden die markierten Elemente oder Spannungspunkte gelöscht.

Element

Die markierten Elemente werden gelöscht.

Spannungspunkte

Es löscht die markierten Spannungspunkte.

☞ ***Der Spannungspunkt im Schwerpunkt kann nicht entfernt werden.***

Berechnung

Das Programm wird folgende Querschnittswerte bestimmen:

AxisVM berechnet A_x, I_y, I_z, I_{yz} durch integrieren, A_y, A_z, I_x, I_ω, ρ_y, ρ_z, ρ_{yz}, ρ_1, ρ_2, A_1, A_2 durch eine eigenständige Finite Element-Berechnung des Querschnittes (Membrananalogie)

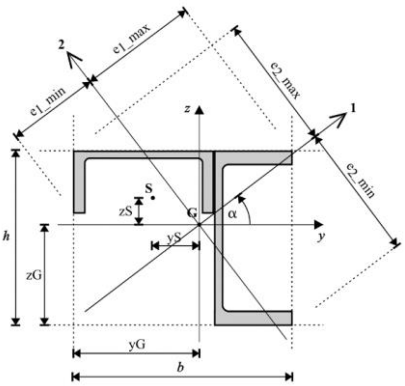
☞ ***Falls ein Querschnitt aus 2 oder mehr unabhängigen Teilen besteht, werden Ay und Az nicht bestimmt. A_y, A_z, ρ_y, ρ_z, ρ_{yz}, ρ_1, ρ_2, A_1, A_2 werden nicht bestimmt.***

A_x	Fläche in Richtung der lokalen ***x*** -Achse
A_y	Schubbereich in Richtung der lokalen *y*-Achse
A_z	Schubbereich in Richtung der lokalen *x*-Achse
I_x	Trägheitsmoment in Richtung der lokalen ***x*** –Achse (Torsion)
I_y	Trägheitsmoment in Richtung der lokalen ***y*** –Achse (Biegung)
I_z	Trägheitsmoment in Richtung der lokalen ***z*** –Achse (Biegung)
I_{yz}	Zentrifugalträgheitsmoment
I_1	Trägheitsmoment um die 1. Hauptachse
I_2	Trägheitsmoment um die 2. Hauptachse
I_ω	Wölbtorsionsträgheitsmoment (verwendet für die Stahlbemessung)
α	Winkel zwischen 1. Hauptachse und der lokalen y-Achse
ρ_y	Schubfaktor in Richtung der lokalen ***y***-Achse

ρ_z	Schubfaktor in Richtung der lokalen ***z***-Achse
ρ_{yz}	Schubfaktor in Richtung des lokalen ***yz***-Kreuzes
ρ_1	Schubfaktor in Richtung der lokalen 1. Achse
ρ_2	Schubfaktor in Richtung der lokalen 2. Achse
$A_1^{(*)}$	Schubbereich im Zusammenhang mit den Schubkräften in Richtung der lokalen 1. Achse
$A_2^{(*)}$	Schubbereich im Zusammenhang mit den Schubkräften in Richtung der lokalen 2. Achse
$W_{1,el,o}^{(*)}$	Elastisches Widerstandsmoment
$W_{1,el,u}^{(*)}$	Elastisches Widerstandsmoment
$W_{2,el,o}^{(*)}$	Elastisches Widerstandsmoment
$W_{2,el,u}^{(*)}$	Elastisches Widerstandsmoment
$W_{1,pl}^{(*)}$	Plastisches Widerstandsmoment
$W_{2,pl}^{(*)}$	Plastisches Widerstandsmoment
$i_1^{(*)}$	Trägheitsradius um die lokale **1.** Achse
$i_2^{(*)}$	Trägheitsradius um die lokale **2.** Achse
y_G	Abstand zwischen der Schwerpunkt des Querschnittes und der unteren linken Ecke der Umhüllenden in Richtung der lokalen ***y*** –Achse.
z_G	Abstand zwischen der Schwerpunkt des Querschnittes und der unteren linken Ecke der Umhüllenden in Richtung der lokalen ***z*** –Achse.
y_s, z_s	Koordinaten des Schubmittelpunktes in lokalen **y** und **z** Richtungen relativ zum Schwerpunkt
P_o	Äusserer Umfang (Querschnitt der Kontur)
P_i	Innerer Umfang (Löcher)

(*) Falls die erste und zweite Hauptachse den lokalen y und z Achsen entsprechen, werden Werte mit (*) mit den Indizes y und z bezeichnet.

Haupt-Trägheitsmomente



$$I_1 = \frac{I_y + I_z}{2} + \sqrt{\left(\frac{I_y - I_z}{2}\right)^2 + I_{yz}^2}$$

$$I_2 = \frac{I_y + I_z}{2} + \sqrt{\left(\frac{I_y - I_z}{2}\right)^2 + I_{yz}^2}$$

$$\tan(2\alpha) = \frac{2I_{yz}}{I_y - I_z}$$

$-90° < \alpha \leq +90°$, gemessen von der lokalen y Achse

Elastisches Widerstandsmoment

$$W_{1,el,oben} = \frac{I_1}{e_{2,max}} \qquad W_{1,el,unten} = \frac{I_1}{e_{2,min}}$$

$$W_{2,el,oben} = \frac{I_2}{e_{1,max}} \qquad W_{2,el,unten} = \frac{I_2}{e_{1,min}}$$

Schub-Verformungen

Mit der Angabe von $A_y \neq 0$ und/oder $A_z \neq 0$ können auch die Verformungen infolge von Schubeinwirkungen berücksichtigt werden bei den Rippenelementen.
$A_y = A_x/\rho_y \quad A_z = A_x/\rho_z$ where ρ = Schubfaktor

Das Konzept der Schubfläche und des Schubbeiwerts ermöglicht es, die kontinuierlich variierenden Schubverformungen $\gamma_{xy}(y,z)$ und $\gamma_{xz}(y,z)$ des realen Querschnitts durch die mittleren Schubverformungen $\gamma_{xy,avg}$ und $\gamma_{xz,avg}$ auszudrücken. Dabei ist sichergestellt, dass die Arbeit der resultierenden Querkräfte V_y und V_z entlang der mittleren Schubverformung der Arbeit der variierenden Schubspannungen τ_xy (y,z) und τ_xz (y,z) des Querschnitts entspricht [16; 6.3, 45; pp. 219-221].

Die Gleichung für die innere Querkraft in z-Richtung:

$$\frac{1}{2} V_z \, \gamma_{xz,avg} = \frac{1}{2} \int \left[\tau_{xy}(y,z)\gamma_{xy}(y,z) + \tau_{xz}(y,z)\gamma_{xz}(y,z)\right] dA$$

Die Spannungsverteilung im Querschnitt infolge Querkraft V_z lässt sich aus der nach der Finite-Elemente-Methode berechneten Schubspannungsfunktion $\Phi_z(y,z)$ ableiten:

$$\tau_{xy}(y,z) = \frac{V_z}{A_x}\frac{\partial \Phi_z}{\partial y} \qquad \tau_{xz}(y,z) = \frac{V_z}{A_x}\frac{\partial \Phi_z}{\partial z}$$

Das Hookesche Gesetz für die Schubverformung und Schubspannung lautet:

$$\tau_{xy}(y,z) = G\gamma_{xy}(y,z) \qquad \tau_{xz}(y,z) = G\gamma_{xz}(y,z)$$

Setzt man diese in den Integranden ein, erhält man folgende Formel für die mittlere Schubverformung:

$$\gamma_{xy,avg} = \frac{V_z}{GA_x^2}\int\left[\left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial z}\right)^2\right]dA$$

Mit Einführung des Querschnitts-Schubfaktors $\rho_z = \frac{A_x}{\int\left[\left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial z}\right)^2\right]dA}$ können wir schreiben:

$$\gamma_{xy,avg} = \frac{V_z}{G\frac{A_x}{\rho_z}} = \frac{V_z}{GA_z}$$

Diese Formel zeigt, dass die durchschnittliche Schubverformung so berechnet werden kann, als ob die Querschnittsfläche, welche die Schubsteifigkeit des finiten Elements bestimmt, A_z anstelle des tatsächlichen A_x wäre.
Gleiches gilt für die Querkraft in y-Richtung.

☞ ***Es ist wichtig zu beachten, dass die reduzierte Schubfläche nur verwendet werden kann, um die Schubsteifigkeit des finiten Elements zu erhalten. Die mittlere Schubspannung muss anhand der tatsächlichen Fläche berechnet werden:***

$$\tau_{xy,avg} = \frac{V_y}{A_x} \qquad \tau_{xz,avg} = \frac{V_z}{A_x}$$

☞ ***Gleichzeitige Querkräfte in y- und z-Richtung würden die Einführung einer gemischten Schubquerschnittsfläche ρ_{yz} erfordern [16; 6.3]. Der berechnete Wert ist jedoch nur ein Anhaltspunkt, da die Elemente, welche die Interaktion der Querkräfte in y- und z-Richtung beschreiben, bei der Generierung der Steifigkeitsmatrix der finiten Plattenbalkenelemente vernachlässigt werden.***

Berechnung der Eigenschaften von Verbundquerschnitten

Die Eigenschaften eines Verbundquerschnitts werden berechnet als die Modul-gewichtete [16, Kapitel 1.2] Summe der Eigenschaften seiner Teile. Die Referenzmodule E_{ref} und G_{ref} gehören zum Material des Aussenteils.

$$A_x = \frac{1}{E_{ref}}\sum E_i A_{x,i} \qquad I_x = \frac{1}{G_{ref}}\sum G_i I_{x,i} \qquad \rho_y = \frac{G_{ref}A_x}{\sum\frac{G_i A_{x,i}}{\rho_{y,i}}}$$

$$A_y = \frac{1}{G_{ref}}\sum G_i A_{y,i} \qquad I_y = \frac{1}{E_{ref}}\sum E_i I_{y,i} \qquad \rho_z = \frac{G_{ref}A_x}{\sum\frac{G_i A_{x,i}}{\rho_{z,i}}}$$

$$A_z = \frac{1}{G_{ref}}\sum G_i A_{z,i} \qquad I_z = \frac{1}{E_{ref}}\sum E_i I_{z,i} \qquad \rho_{yz} = \frac{G_{ref}A_x}{\sum\frac{G_i A_{x,i}}{\rho_{yz,i}}}$$

$$I_{yz} = \frac{1}{E_{ref}}\sum E_i I_{yz,i}$$

$$y_G = \frac{\sum y_{G,i}E_i A_i}{E_{ref}A_x}$$

$$z_G = \frac{\sum z_{G,i}E_i A_i}{E_{ref}A_x}$$

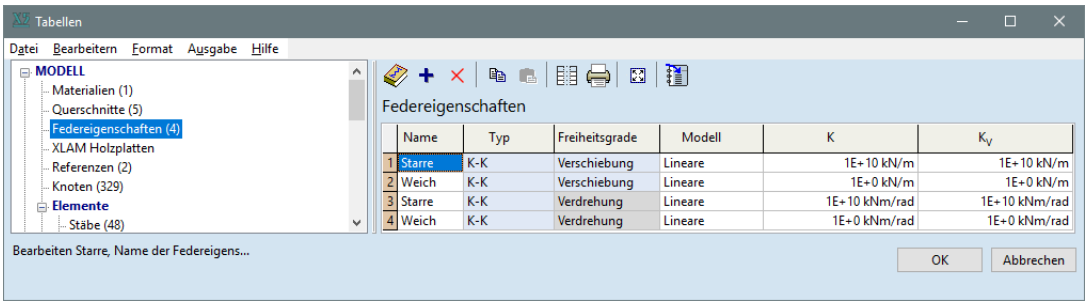
$$y_\omega = \frac{I_{yz}\sum E_i\left(z_{S,i}I_{z,i} - y_{S,i}I_{yz,i}\right) - I_z\sum E_i\left(z_{S,i}I_{yz,i} - y_{S,i}I_{y,i}\right)}{E_{ref}\left(I_y I_z - I_{yz}^2\right)}$$

$$z_\omega = \frac{I_y\sum E_i\left(z_{S,i}I_{z,i} - y_{S,i}I_{yz,i}\right) - I_{yz}\sum E_i\left(z_{S,i}I_{yz,i} - y_{S,i}I_{y,i}\right)}{E_{ref}\left(I_y I_z - I_{yz}^2\right)}$$

$$I_\omega = \frac{1}{E_{ref}}\sum E_i\left[I_{\omega,i} + \left(y_{S,i} - y_S\right)^2 I_{y,i} + \left(z_{S,i} - z_S\right)^2 I_{z,i} - 2\left(y_{S,i} - y_S\right)\left(z_{S,i} - z_S\right)I_{yz,i}\right]$$

☞ ***Das Modul-gewichtete Berechnungsverfahren basiert auf der Annahme, dass keine Schubverbindung zwischen den Teilen besteht. Sie hat jedoch keine Auswirkung auf die Parameter Ax, Iy, Iz, Iyz, y_G, z_G, wegen der Übereinstimmung des Schwerpunktes der Teile. Aber die Werte von Ay, Az, Ix, Iω, ys, zs, ρ_y, ρ_z, ρ_{yz} wären anders, wenn es eine Schubverbindung gäbe.***

3.1.17. Feder-Bibliothek



Das Fenster für Federn kann auch über das Symbol Tabellen-Browser und die Auswahl von *Bibliotheken/Federn-Bibliothek* geöffnet werden. Darüber hinaus ist es in mehreren Dialogfenstern zur einfacheren Auswahl verfügbar. **Siehe...** *4.9.17 Feder*
Die Bibliothek verfügt über eine Standardbibliothek mit den Eigenschaften von starren und weichen Federn für Translations- und Rotationsfreiheitsgrade. Diese Merkmale werden bei neuen Modellen automatisch hinzugefügt. Sie können eine neue Bibliothek hinzufügen und bestehende Bibliotheken für Federn ändern oder erweitern. Im Falle der Erstellung einer benutzerdefinierten Bibliothek werden ihre Elemente nur dann dem Modell hinzugefügt, wenn sie den Federeigenschaften (*4.9.3 Federeigenschaften*) im Tabellenbrowser hinzugefügt oder bei der Definition eines neuen Federelements aus der Bibliothek ausgewählt werden.
Diese Bibliothek erlaubt auch die Definition von seismischen Isolatoren

Die Spalten enthalten die folgenden Haupteigenschaften:

Name	Name der Feder
Typ	Knoten-Knoten-Feder (kann nicht verändert werden)
Freiheitsgrad	Translations- / Rotatinosfreiheitsgrad
Modell	Federverhalten (*Linear / NL elastisch / Plastisch*)
K	Anfangssteifigkeit
K_v	Vibrationssteifigkeit
Dämpfertyp	*Kelvin-Voigt* oder *Maxwell* Modell
C	Dämpfungskoeffizient
Isolatortyp	*Gummilager, Gleitpendellager, Anderer Typ*
E_{xy}	Effektive horizontale Steifigkeit
ξ	Dämpfungsgrad
E_z	Vertikale Steifigkeit
F_1	Fliesskraft
K_T	Horizontale Steifigkeit im plastischen Bereich
μ	Reibungskoeffizient
R	Equivalenter Bogenradius

Der Dämpfungskoeffizient wird angezeigt, wenn mindestens eine Federcharakteristik grösser als Null ist.. Die Spalte der Parameter für seismische Isolatoren erscheint nur, wenn mindestens ein Isolator definiert wurde.

☞ ***Änderungen in der Feder-Bibliothek spiegeln sich nicht in Modellen wider, die die modifizierte Federeigenschaft verwenden.***

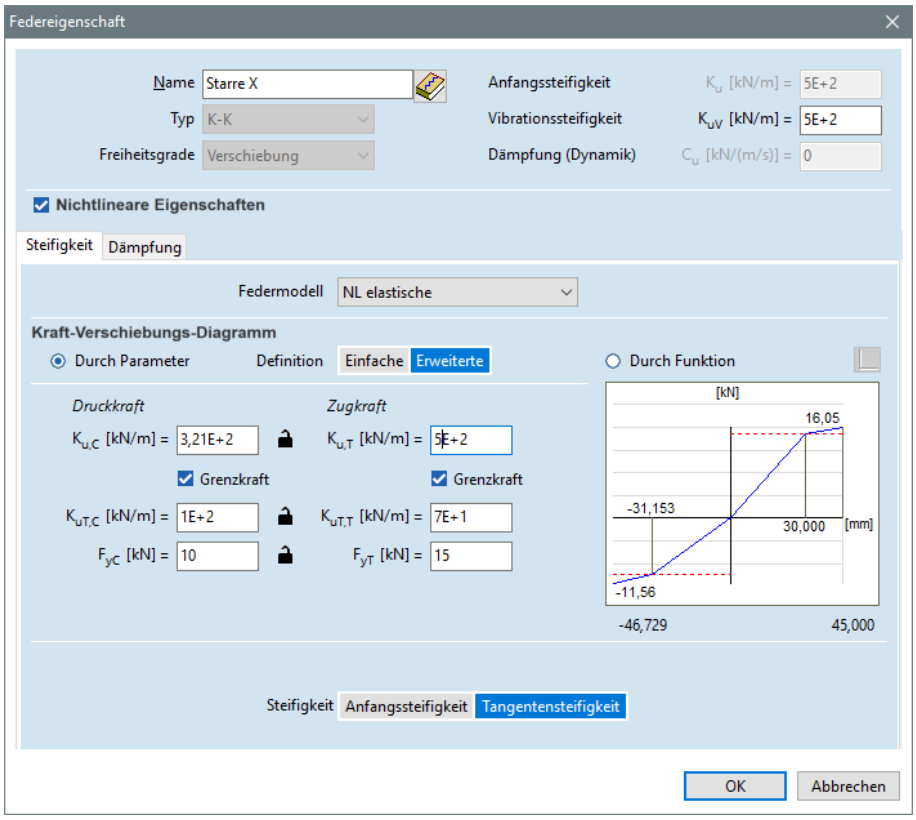
Bei der Eingabe einer neuen Feder wird folgender Dialog angezeigt:

Neue Feder definieren

Beim Definieren einer neuen Feder oder beim Anklicken einer Tabellenspalte (ausser der Namensspalte) erscheint ein Dialog, in dem alle Eigenschaften der Feder definiert oder geändert werden können.

[Ctrl+Ins]
Eingeschaften Ändern

Federn mit dem gleichen Freiheitsgrad (translatorisch oder rotatorisch) können nicht den gleichen Namen tragen. Wenn ein bestehender Name eingegeben wird, wird eine Nummer an den Namen angehängt. Eine Feder hat folgende Eigenschaften: Name, Typ, Freiheitsgrad , Dämpfungsart



Beim Klicken auf dieses Symbol wird die Federcharakteristikbibliothek angezeigt und kann durchsucht werden.

3.1.17.1. Node-to-node spring

Steifigkeit / Dämpfung

In der Standardeinstellung arbeiten die Federn nach dem linear-elastischen Prinzip. In der Tabelle zeigt die Spalte Modell das Verhalten der Feder.

Translations-Freiheitsgrad

K_u	kN/m	Anfangssteifigkeit
K_{uV}	kN/m	Vibrationssteifigkeit
C_u	kN/(m/s)	Dämpfungskoeffizient

Rotations-Freiheitsgrad

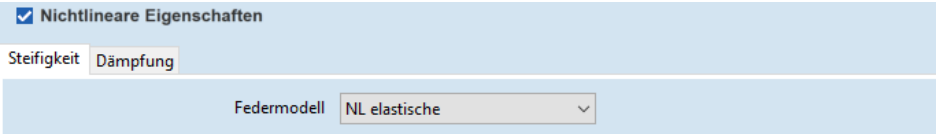
K_r	kNm/rad	Anfangssteifigkeit
K_{rV}	kNm/rad	Vibrationssteifigkeit
C_r	kNm/(rad/s)	Winkel-Dämpfungskoeffizient

Nichtlineare Eigenschaften

Eine Feder kann ein nichtlineares Verhalten aufweisen. Die Parameter sind verfügbar, wenn nichtlineare Eigenschaften ausgewählt werden.

Die Parameter für Steifigkeit und Dämpfung können auf verschiedenen Registerkarten definiert werden.

Steifigkeit



Federmodell

Modelltyp	*Berechnungsmethode*
Nichtlinear elastisch	Nichtlieare Feder ohne irreversible Deformation.
Plastisch	Irreversible Deformation nach dem Erreichen einer Grenzkraft / eines Grenzmoments.

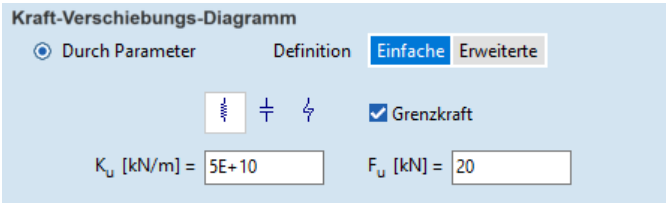
Kraft-Verformungs-Diagramm

Nach Parameter: Die Funktion der Feder kann analog zum nichtlinearen Knotenauflager in den Vorgängerversionen (einfach) oder als Spannungs-Dehnungs-Diagramm von Werkstoffen (erweitert) definiert werden. Die Einheiten sind abhängig vom Freiheitsgrad. Plastisches Modell benötigt erweiterte Definition.

Nach Funktion: A custom characteristic can be defined using the force-displacement function editor.

Nach Parameter, einfache Definition

Im Falle einer einfachen Definition kann die Feder als nichtlineares Lager definiert werden. Es gibt Optionen für symmetrisch, nur Druck, nur Zug und für den Widerstand.



Sowohl Zug- als auch Druckspannung

Nur Druckspannung

Nur Zugspannung

translatorisch

Widerstand Charakteristisch mittels Kraftwiderstand
K_u [kN/m] Anfängliche Steifigkeit
F_u [kN] Widerstand

Rotation

Momentenwiderstand Charakteristisch mittel Momentenwiderstand
K_r [kNm/rad] Anfängliche Steifigkeit
M_r [kNm] Momentenwiderstand

Wenn bei einer Feder die Option *Nur Druckspannung* oder *Nur Zugspannung* gewählt wird, werden die entsprechenden Steifigkeiten nicht zu Null gesetzt. Um numerische Instabilität zu vermeiden, wird eine vernachlässigbar kleine Steifigkeit eingeführt:

$$\boldsymbol{K_{u0} = min\left\{10^{-3}\frac{kN}{m};\ K_u \cdot 10^{-8}\right\};\ K_{r0} = min\left\{10^{-3}\frac{kNm}{rad};\ K_r \cdot 10^{-8}\right\}}$$

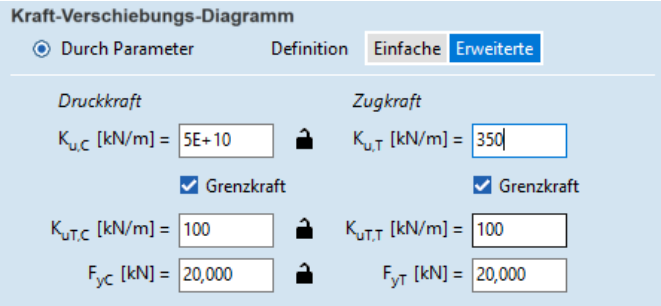
Wenn die Verformung des Elementes gross ist, kann selbst diese sehr geringe Steifigkeit zu einer signifikanten Kraft führen. In diesen Fall sollte *Fortgeschritten* gewählt werden und ein Widerstand auf der inaktiven Seite eingeführt werden.

Erweiterte Definition

Im Falle einer erweiterten Definition können die Zug- und Druckseite unterschiedlich sein. Wird die Feder plastisch modelliert, müssen $K_{u,T}$ und $K_{u,C}$ gleich gross sein, der Wert von $K_{u,C}$ kann nicht bearbeitet werden.

Wird *Grenzkraft ausgewählt,* können die Grenzkraft oder das Grenzmoment und die Tangentensteifigkeit nach Erreichen der Grenzkraft definiert werden. Wird das Kästchen nicht ausgewäht, wird ein lineares Diagramm erstellt.

Die rot gestrichelte Linie repräsentiert die Grenzwerte F_{yC}, F_{yT} und M_{yC}, M_{yT}.



Translatorisch	$K_{u,T}$ *[kN/m]*	Anfangssteifigkeit für Zug
	$K_{u,C}$ *[kN/m]*	Anfangssteifigkeit für Druck
	$K_{uT,T}$ *[kN/m]*	Steigung der Kurve nach Erreichen der Grenzkraft für Zug
	$K_{uT,C}$ *[kN/m]*	Steigung der Kurve nach Erreichen der Grenzkraft für Druck
	F_{yT} *[kN]*	Zugwiderstand
	F_{yC} *[kN]*	Druckwiderstand
Rotation	$K_{r,T}$ *[kNm/rad]*	Anfängliche Steifigkeit für positive Rotation
	$K_{r,C}$ *[kNm/rad]*	Anfängliche Steifigkeit für negative Rotation
	$K_{rT,T}$ *[kNm/rad]*	Die Steigung des Diagramms nach dem Errecihen des Grenzwiderstands für positive Rotation.
	$K_{rT,C}$ *[kNm/rad]*	Die Steigung des Diagramms nach dem Errecihen des Grenzwiderstands für negative Rotation
	M_{yT} *[kNm]*	Momentenwiderstand für positive Rotation
	M_{yC} *[kNm]*	Momentenwiderstand für negative Rotation

Fortgeschrittene Definition von Federeigenschaften nur auf Zug oder nur auf Druck

Der fortgeschrittene Modus hat mehrere Möglichkeiten, wie nichtlineare, elastische Federeingenschaften eingeführt werden können, welche nur in eine Richtung aktiv sind. Die einfachste Lösung besteht darin, die Steifigkeit in die inaktiven Richtung zu Null zu setzen. Diese Lösung ist die einfachste, jedoch auch die numerisch am wenigsten stabile.



$$K_{u,T} = 0\,;\ F_{y,T} = 0$$

Anstelle der oben beschriebenen, idealen Federeigenschaft ist es besser, die inaktive Seite zwar mit einer vernachlässigbaren Steifigkeit dafür mit demselben initialen Widerstand wie die aktive Seite einzuführen. Dies ermöglicht numerische Stabilität während der Widerstand auf der inaktiven Seite so gering gewählt werden kann, dass er als Null dargestellt wird. Jedoch können auch mit diesem Vorgehen numerische Instabilitäten auftreten. Ein unerwartets Verhalten des Models kann dazu führen, dass auf der aktiven Seite der Feder kein Gleichgewicht gefunden werden kann. In diesem Fall wird die Berechnung nicht konvergieren.



$$K_{u,T} = 0\,;\ F_{y,T} > 0$$

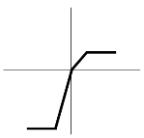
Das oben beschriebene Problem kann vermieden werden, indem auch auf der inaktiven Seite der Feder eine geringe Steifigkeit eingeführt wird. Damit ist es möglich, auch auf der inaktiven Seite ein Gleichgewicht zu finden. Da die Steifigkeit auf der inaktiven Seite sehr gering ist, treten dabei unrealistisch grosse Verformungen auf. Dem Anwender wird so klar, dass sich das Modell nicht in der beabsichtigten Art verhält. Falls jedoch grosse Verformungen auf der inaktiven Seite beabsichtigt sind, können auf der aktiven Seite unrealistisch grosse Kräfte auftreten.



$$K_{u,T} > 0$$

Fortgeschrittene Definition von Federeigenschaften mit einem vorgegebenen Widerstand

Wenn eine Feder mit einem definierten Widerstand eingegeben wird, sinkt die Steifigkeit der Feder zu Null, sobald eine bestimmte Kraft in der Feder erreicht wird. Auch in diesem Fall kann eine Federsteifigkeit von Null zu numerischen Instabilitäten führen und ein unerwartetes Verhalten des Modells kann dazu führen, dass mit diesen Federn kein Gleichgewicht gefunden werden kann. In diesem Fall wird die Berechnung nicht konvergieren.
Das Problem kann vermieden werden, indem die Steifigkeit nach Erreichen des Widerstandes nicht zu Null sondern zu einem sehr kleinen Wert gesetzt wird. Mit einer kleinen Steifigkeit kann das System mit ensprechend grossen Deformationen immernoch ein Gleichgewicht finden. Die Deformationen informieren den Anwender, dass sich das System nicht auf die beabsichtigte Art verhält.



$$K_{uT,TC} = K_{uT,T} = 0$$

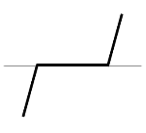
Dabei ist zu beachten, dass, falls grosse Deformationen beabsichtigt sind, der Widerstand der Feder überschritten werden kann.



$K_{uT,C} > 0$; $K_{uT,T} > 0$

Erweitert Definition von Federeigenschaften mir Rückprall

Ein Schlupf kann simuliert werden, indem eine geringe, initiale Steifigkeit gefolgt von einer deutlich grösseren eingegeben wird. Dabei wird empfohlen, die initiale Steifigkeit und der initiale Widerstand nicht zu Null zu wählen. Eine initlae Steifigkeit von Null kann nicht parametrisch eingegeben werden sondern nur mithilfe des Funktionseditors.



$K_{u,C} = K_{u,T} = 0$



$K_{u,C} = K_{u,T} > 0$

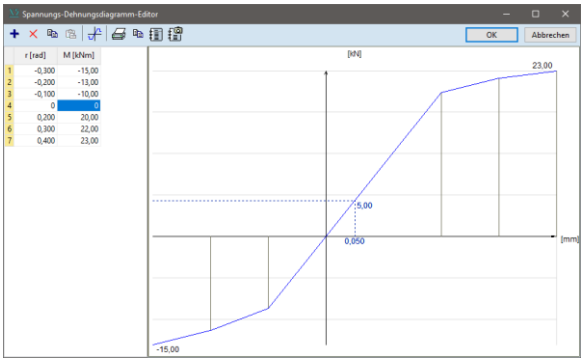
Nach Funktion



Klicken Sie auf die kleine Schaltfläche, um das Diagramm zu bearbeiten.
Der Funktionseditor ist sowohl für nichtlinear-elastische als auch für plastische Federmodelle verfügbar.

Kraft-Verformungs-Diagramm Editor

Die Elemente der Toolbar sind die Gleichen wie unter *4.10.30 Dynamische Lasten (für Time-History-Berechnung) - DYN Modul.*

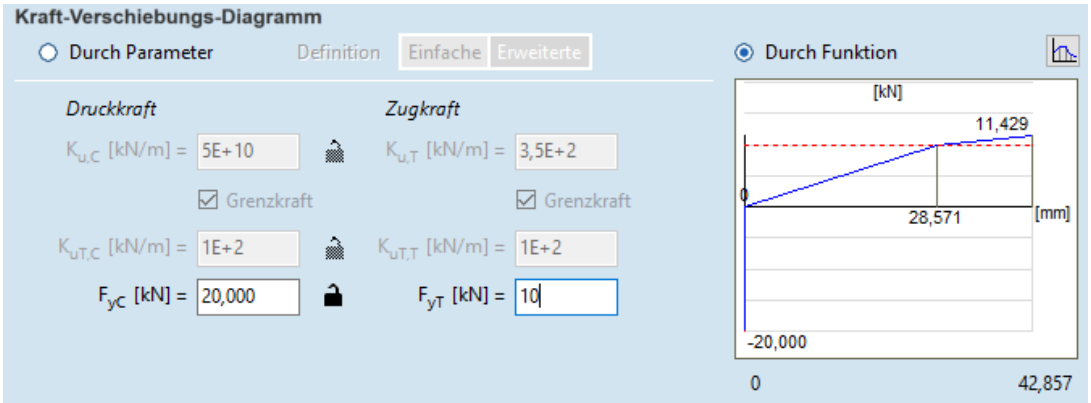


Mit dem Funktionseditor werden die Parameterwerte auf dem erweiterten Bedienfeld auf der Grundlage der Funktion wie folgt eingestellt.

$K_{u,T}$ [kN/m]	Die Steigung des ersten Segments auf der Zugseite
$K_{u,c}$ [kN/m]	Die Steigung des ersten Segments auf der Druckseite
$K_{uT,T}$ [kN/m]	Die Steigung des letzten Segments auf der Zugseite
$K_{uT,C}$ [kN/m]	Die Steigung des ersten Segments auf der Druckseite
$F_{y,T}$ [kN]	*Plastisch* – Erster Bruchpunkt auf der Zugseite *NL elastisch* – bearbeitbar
$F_{y,C}$ [kN]	*Plastisch* – Erster Bruchpunkt auf der Druckseite *NL elastisch* – bearbeitbar

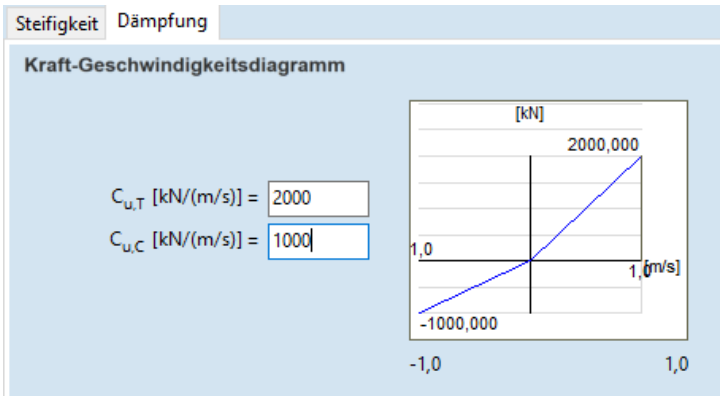
Der Anwender kann die Grenzwerte (Widerstände) nur bei dem *NL elastishc* definieren und die Ausnutzung wird durch Vergleich mit diesem Wert berechnet.
Für plastische Federmodelle können die Parameter nicht bearbeitet werden und $K_{u,T} = K_{u,c}$.

☞ ***Das Kraft-Verformungsdiagramm muss monoton ansteigend sein.***
Im Fall von plastischen Federeigeschaften muss die Neigung des Diagramms monoton abnehmend sein.



Verhärtungsregel — Nur verfügbar falls plastsiches Federmodell ausgewählt wurde.
Isotropische Verhärtung heisst, dass der Zug- und Druckwiderstand erhöht werden.
Kinematische Verhärtung heisst, dass der Zugwiderstand grösser und der Druckwiderstand kleiner wird unter Zugbelastung Unter Druckbelastung wird der Zugwiderstand verkleinert und der Druckwiderstand vergrösst während die Differenz bei beiden Belastungen konstant bleibt. **Siehe...** *3.1.15 Materialdaten-bank*

Dämpfung — Eine bilineare Funtion kann dort definiert werden, wo der Dämpfungskoeffizient für Zug und Druck gegenfall variieren.



$C_{u,T}$ *[kN/(m/s)]* Dämpfungskoeffizient für Zug
$C_{u,c}$ *[kN/(m/s)]* Dämpfungskoeffizient für Druck
Falls die Analyse ein lineares Materialmodell für den Dämpfungskoeffizient verwendet, ist der Durchschnitt der beiden Werte: $C_u = (C_{u,T} + C_{u,C})/2$

Steifigkeit

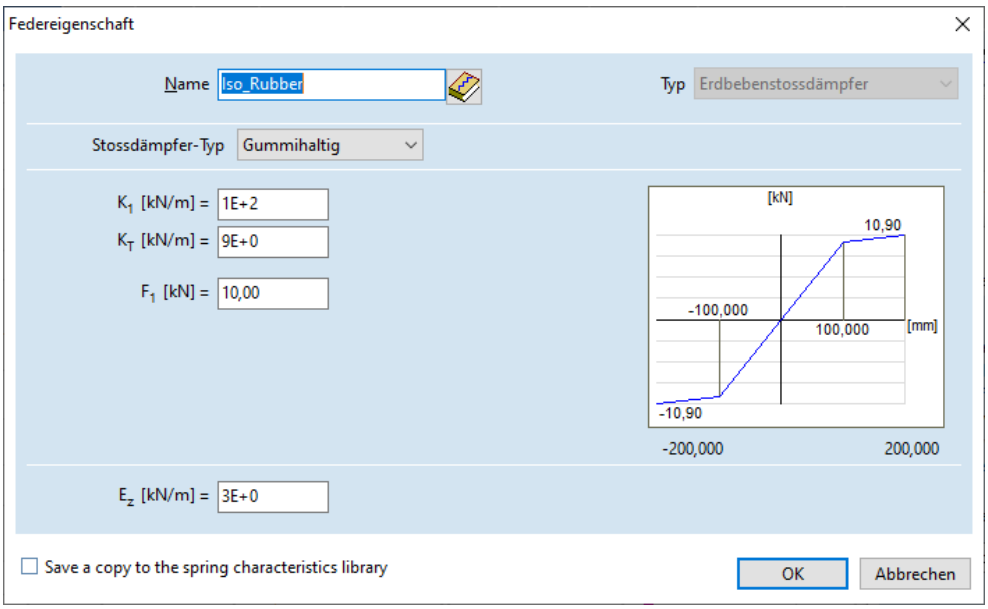
Anfangssteifigkeit — Die materiallineare Anfangssteifigkeitsmatrix wird bei der Ermittlung der globalen Steifigkeitsmatrix verwendet. Die Berechnung ist langsamer (mehr Iterationen sind notwendig), aber die Konvergenz ist stabiler.

Tangenten-steifigkeit — Die materiell nichtlineare Tangentsteifigkeitsmatrix wird bei der Berechnung der globalen Steifigkeitsmatrix verwendet. Die Berechnung ist schneller (weniger Iterationen sind notwendig), aber wenn die Inkremente nicht klein genug sind, können Konvergenzprobleme auftreten.

3.1.17.2. Seismische Isolatoren

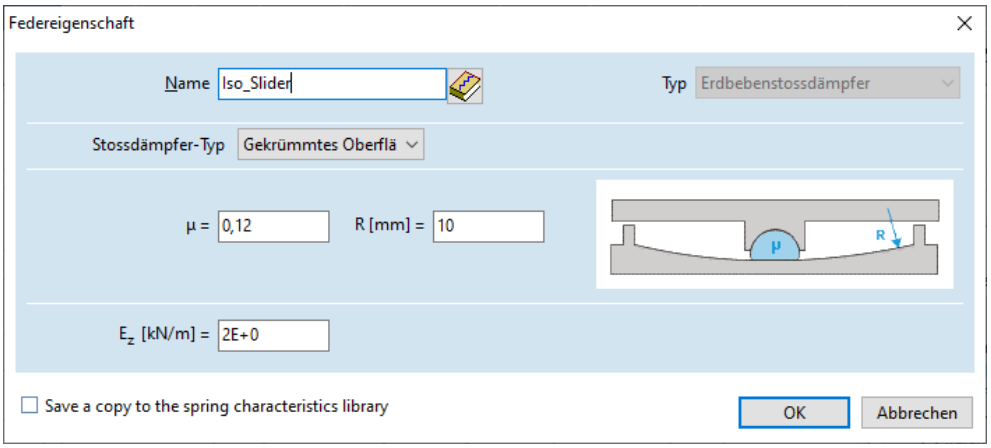
Typ — Drei Typen von seisischmen Isolatoren sind verfügbar: Gummilager, Gleitpendellager und Anderer Typ.

Gummilager



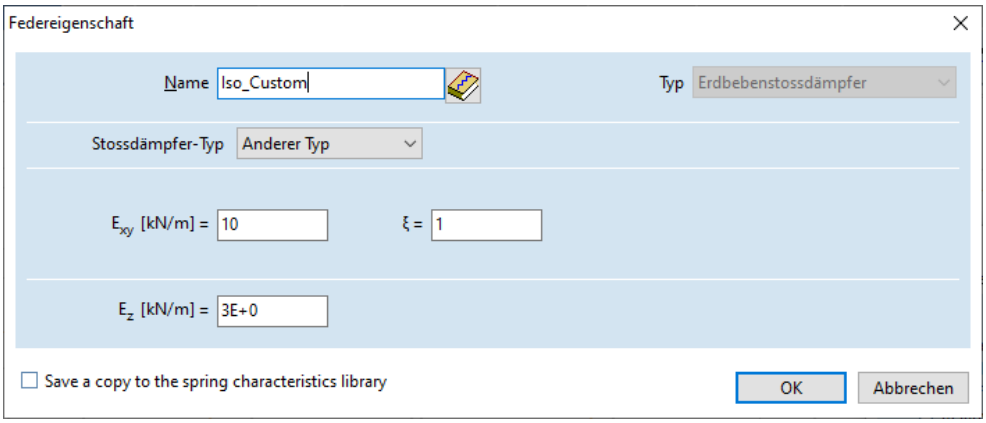
K_1 *[kN/m]* Anfangsert der horizontalen Steifigkeit
K_T *[kN/m]* Horizontale Steifigkeit im plastischen Bereich
F_1 *[kN]* Fliesskraft
E_z *[kN/m]* Vertikale Steifigkeit

Gleitpendellager



μ Reibungskoeffizient
R *[mm]* Equivalenter Bogenradius
E_z *[kN/m]* Vertikale Steifigkeit

Anderer Typ



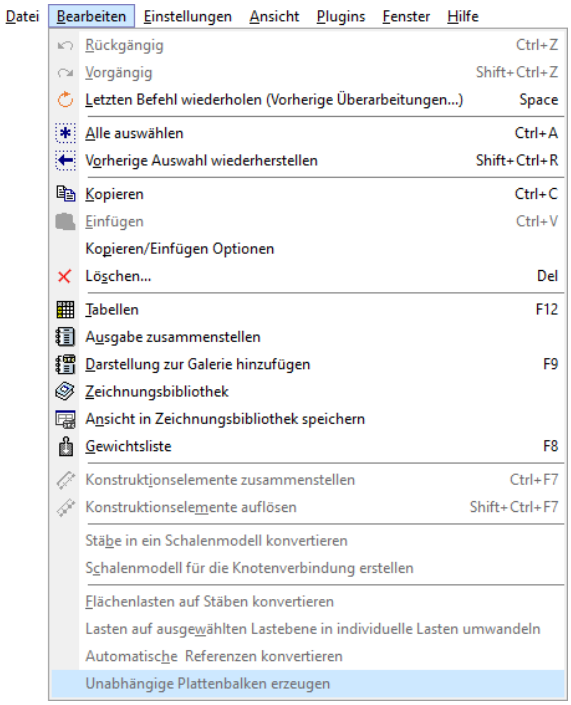
E_{xy} *[kN/m]* Effektive horizontale Steifigkeit
ξ Dämpfungsgrad
E_z *[kN/m]* Vertikale Steifigkeit

Für Details **siehe...** *4.9.19 Seismische Isolatoren*

3.1.18. Beenden

[Ctrl]+[Q] Das Programm verlassen.

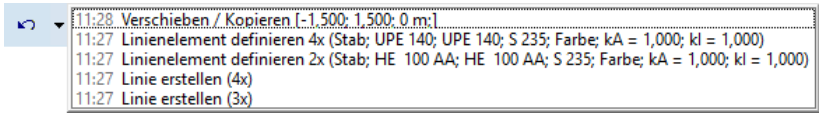
3.2. Editieren



3.2.1. Rückgangig (Undo)



[Ctrl]+[Z]

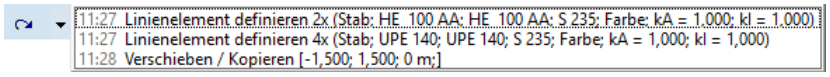


Nimmt das Ausführen eines vorherigen Befehls zurück. Um eine Anzahl von Befehlen zurückzunehmen, wählen Sie den Pfeil und wählen die Anzahl aus.
Es sind bis zu 99 Befehle möglich. Diese Voreinstellung kann im *Hauptmenü/Einstellungen* geändert werden.

3.2.2. Vorgängig (Redo)



[Shift]+[Ctrl]+[Z]



Nimmt das Ausführen eines vorherigen Undos zurück. Um eine Anzahl von Undo-Befehlen zurückzunehmen, wählen Sie den Pfeil und wählen die Anzahl aus. Es sind bis zu 99 möglich. Diese Voreinstellung kann im *Hauptmenü/Einstellungen* geändert werden.

3.2.3. Letzten Befehl wiederholen



[Leertaste]

Führt den letzten Befehl nochmal aus, wenn dieser durch Klicken auf ein Symbol oder Drücken einer Tastaturtaste ausgeführt worden ist.
Der Name des Befehls wird auch angezeigt.

3.2.4. Alle markieren



[Ctrl]+[A]

Siehe ausführlich... *2.16.1 Markierung*

3.2.5. Vorherige Auswahl speichern



Siehe... *2.16.1 Markierung*

3.2.6. Kopieren



[Ctrl]+[C]

Kopiert die ausgewählten Elemente des Modells in die Zwischenablage. Wenn nichts ausgewählt wurde, aber es aktive Details gibt, werden die aktiven Details kopiert. Wenn weder eine Auswahl noch aktive Details markiert waren, wird das gesamte Modell kopiert.
Diese Funktion kopiert die Zeichnung des aktuellen Grafikfensters wie in früheren Versionen in die Zwischenablage, aber diese Operation kann deaktiviert werden.

3.2.7. Einfügen



[Ctrl]+[V]

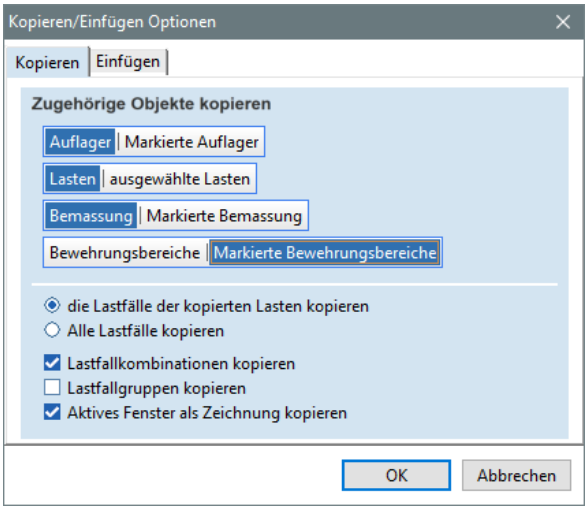
Fügt AxisVM-Elemente aus der Zwischenablage ein. Einfüge-Optionen siehe Kopieren-/Einfügen-Optionen im nächsten Kapitel.

3.2.8. Kopieren-/Einfügen-Optionen

Kopieren-Optionen

Ausgewählte Elemente werden immer in die Zwischenablage kopiert. Benutzerdefinierte Details, welche die ausgewählten Elemente enthalten, werden auch kopiert.
Wenn Bereiche, Balken, Plattenbalken, Fachwerke usw. kopiert werden, werden bestimmte assoziierte Objekte (Auflager, Lasten, Masslinien, Bewehrungsbereiche) auch kopiert.

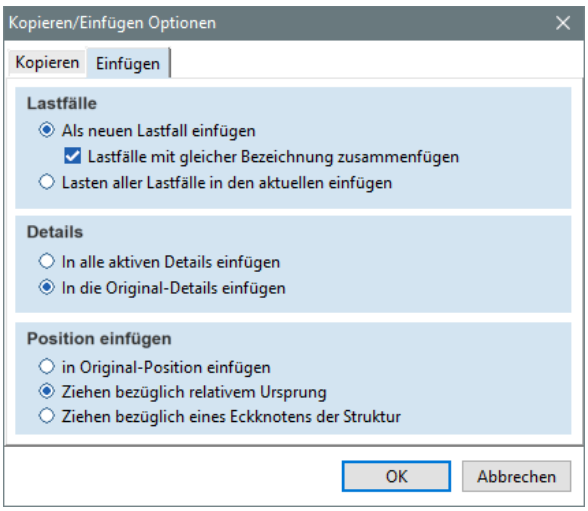
Wenn Sie steuern möchten, welche assoziierten Objekte kopiert werden sollen, wählen Sie sie aus und wählen Sie eine oder mehrere der folgenden Optionen: *Markierte Auflager / ausgewählte Lasten / markierte Bemassungen / markierte Bewehrungsbereiche*.
Lastfälle werden mit Lasten kopiert.



Wenn Sie alle Lastfälle kopieren möchten, wählen Sie *Alle Lastfälle kopieren* anstelle von *Die Lastfälle der kopierten Lasten kopieren*. Lastkombinationen und Lastgruppen können ebenfalls kopiert werden. Schalten Sie *Aktives Fenster als Zeichnung kopieren*, um das aktive Fenster als Zeichnung zu kopieren (dies war die einzige Optionen in älteren Versionen).

Einfügen-Optionen

Lastfälle
Das Einfügen von Lastfällen kann mit den folgenden Optionen gesteuert werden:



Als neuen Lastfall einfügen: Lastfälle, die in die Zwischenablage kopiert wurden, werden als neue Lastfälle eingefügt. Wenn *Lastfälle mit gleicher Bezeichnung zusammenfügen* eingeschaltet ist und das Modell Lastfälle mit dem gleichen Namen wie die Lastfälle der Zwischenablage hat, werden diese Lastfälle zusammengefügt (Lasten der Zwischenablage werden zu den Lasten des Modells hinzugefügt). Diese Option sollte eingeschaltet sein, wenn Lastfälle innerhalb des Modells kopiert werden, um unnötige Lastfälle zu vermeiden.

Lastfälle der Zwischenablage, werden diese Lastfälle zusammengefügt (Lasten der Zwischenablage werden zu den Lasten des Modells hinzugefügt). Diese Option sollte eingeschaltet sein, wenn Lastfälle innerhalb des Modells kopiert werden, um unnötige Lastfälle zu vermeiden.

Lasten aller Lastfälle in den aktuellen einfügen: Diese Option kopiert alle Lasten von allen Lastfällen der Zwischenablage in den aktuellen Lastfall des Modells.

Details
Benutzerdefinierte Details, die die ausgewählten Elemente enthalten, werden auch in die Zwischenablage kopiert. Die 1. Option fügt die Elemente der Details in alle aktiven Details des Modells ein. Die 2. Option fügt die Details selber ein.

Position einfügen

Es gibt 3 Optionen:

In Original-Position einfügen:
Eingefügte Elemente werden an ihrer ursprünglichen Koordinatenposition eingefügt.

Ziehen bezüglich relativem Ursprung / Ziehen bezüglich eines Eckknotens der Struktur:
Wenn eine dieser Optionen gewählt wurde, kann die Einfügeposition festgelegt werden, indem die linke Maustaste gedrückt wird. Im ersten Fall wird die angeklickte Stelle die Position des relativen Ursprungs im Quellmodell, wenn die Elemente kopiert werden. Im anderen Fall wird die angeklickte Stelle die Position einer automatisch identifizierten Ecke der kopierten Struktur.

3.2.9. Löschen

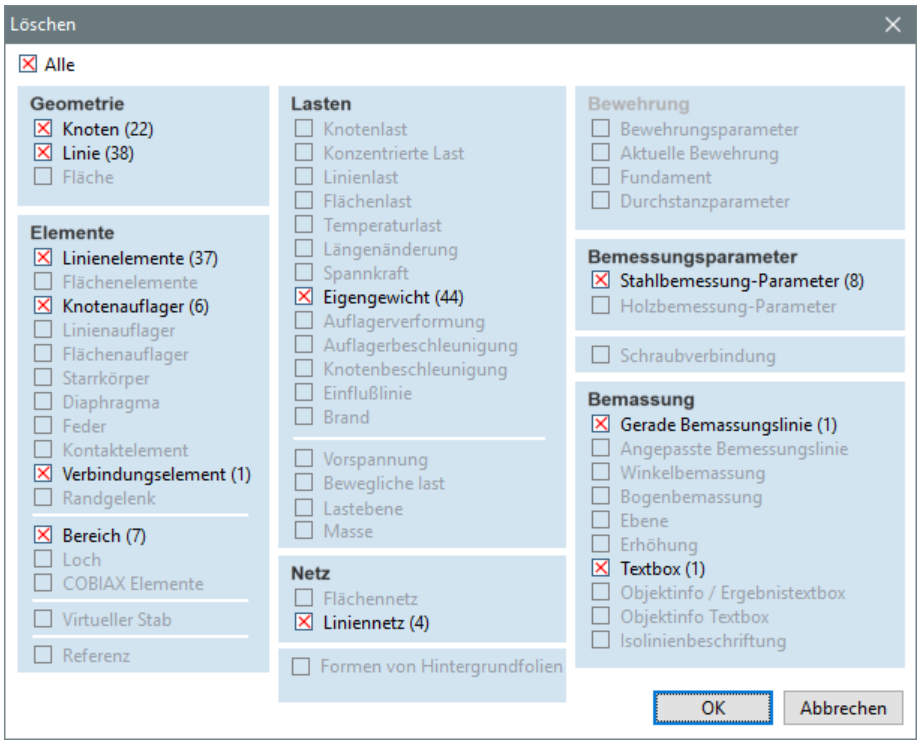


[Del]

Das Löschen der markierten Elemente. Wenn keine Elemente markiert sind, wird die Markierungspalette gestartet, und danach erfolgt das Löschen.

Dient zum Löschen der definierten Objekte.
Der Löschvorgang wird mit folgenden Schritten vollzogen:

1. Während des permanenten Drückens der **[Shift]-**Taste, markieren Sie die zu löschenden Objekte. Zur Markierung können Sie sowohl den Markierungsrahmen als auch die Markierungspalette benutzen.
2. Drücken Sie die **[Del]-**Taste. **Siehe...** *2.16.1 Markierung*
3. In dem erscheinenden Fenster bezeichnen Sie die zu löschenden Elemente.
4. Schliessen Sie das Fenster mit der **[OK]**-Taste.



Geometrie	Wenn das gelöschte Objekt finite Element- und Lastzuordnung hatte, werden auch die zugeordneten finiten Elemente und Lasten gelöscht.
Elemente	Wenn das gelöschte finite Element auch ein anderes Element- (z.B. zu einem Plattenelement eine Stütze oder eine Rippe) oder Lastzuordnung hatte, werden auch die zugeordneten Elemente und Lasten gelöscht.
Referenz	Mit den gelöschten Referenzen werden auch die Definitionen und Lasten der finiten Elemente, zu denen die Referenzen gehört haben, abgeschafft.
Netz	Löscht die FE-Vermaschung von Bereichen.
Bewehrung	Löscht die Bewehrungsparameter der gewählten Objekte. Die Fundamentparameter werden auch gelöscht.
Stahl-/Holzbemessung	Löscht Stahl-/Holzbemessungsparameter der gewählten Objekte.
Bemassung	Löscht Bemassungen, Texte, Beschriftungen etc.

3.2.10. Tabellenanzeige



[F12]

Siehe... *2.9 Tabellen*.

3.2.11. Ausgabe Zusammenstellen



[F10]

Siehe... *2.10 Ausgabezusammenstellung*.

3.2.12. Bilder und Bemessungen speichern

Bild in die Galerie einfügen



[F9]

Sie können Bilder in AxisVM von vielen unterschiedlichen Ausgaben machen. Sie können die gesamte Arbeitsfläche, Balkenverschiebungen, die Schnittkräfte, Stahlbaunachweise oder Bemessungsergebnisse als Bild speichern. Bei der Verwendung der Mehrfenstertechnik können Sie wählen ob Sie alle oder nur das aktive Fenster speichern wollen.

☞ ***Diagramme können auch in der Zeichnungsbibliothek gespeichert werden. Während die Galerie Statikbilddateien enthält, verwendet die Zeichnungsbibliothek assoziative Zeichnungen je nach Änderungen im Modell. Siehe...*** *2.13 Zeichnungsbibliothek*

Welches Bildformat benutzen?

Das Bitmapformat *(.BMP, .JPG, .PNG)* speichert pixelbasiert, das Windows Metafile-Format vektorbasiert. Das JPG-Format ist ein komprimiertes Bitmapformat und hat somit eine geringere Auflösung, benutzt aber auch weniger Speicher.

Windows Metafiles *(.WMF, .EMF)* ist vektororientiert. Dies bedeutet, dass beim Zoomen keine Informationen verloren gehen. Farbflächen werden intern auch als Bitmap gespeichert. Eignet sich am besten für Liniengrafiken.

Bilder werden automatisch in einem Unterordner zum aktuellen Modellordner erstellt. Der Name ist *Images_modelname*.
Alle darin enthaltenen Bilder können in die Ausgabe eingebunden werden. Ändern Sie nicht den Namen des Ordners.

Die Ergebnisse einer Balken- oder Stützenbemessung werden nicht in der Tabellenanzeige aufgeführt. Die Ergebnisse können aber in eine Ausgabe eingefügt werden. Dazu ist das Icon im Bemessungsdialog zu wählen.
Die Ergebnistabellen werden dann auch im Ordner *Images_modelname* gespeichert. Wenn keine Ausgabe aktiv ist wird automatisch eine Ausgabe Stützen- oder Balkenbemessung erstellt. Diese Ausgaben können später an eigene Ausgaben angehängt werden.

3.2.13. Gewichtsanalyse



[F8]

Gewichtsinformationen des Gesamtmodells, von ausgewählten Elementen oder von Details können nach unterschiedlichen Kriterien in Tabellenform angezeigt, gedruckt oder über die Zwischenablage nach MS-Excel exportiert werden. Gewicht pro Material zeigt auch die Gewichte der Fundamente an.
Detaillierte Statistik für Bewehrungsstahl / Bewehrungsstahl-Statistik zeigt die Gesamtmenge von Bewehrungseisen in Flächenelementtypen, Trägern und Stützen an. Dabei wird die Information zur Bewehrung nach Element, Position und Durchmesser unterschieden.

Detaillierte Statistik für Bewehrungsstahl

Element	Typ	Betonstahllage	Ø	Σ L [m]	m* [kg/m]	Σ m [kg]	Σ A_c [m^2]	Σ V_c [m^3]	Σ m/Σ V_c [kg/m^3]
1	Decke	axu/axu	Ø16	1080.000	1.578	1704.602	216.000	54.000	32
2		ayu/ayu	Ø8	2160.000	0.395	852.301	216.000	54.000	16
3		axo/axo	Ø8	1080.000	0.395	426.151	216.000	54.000	8
4			Ø16	1080.000	1.578	1704.602	216.000	54.000	32
5		ayo/ayo	Ø8	1080.000	0.395	426.151	216.000	54.000	8
6			Ø16	1080.000	1.578	1704.602	216.000	54.000	32
7	Flächen...	axu+ayu/axu+a...	*	3240.000	0.789	2556.904	216.000	54.000	47
8		axo+ayo/axo+a...	*	4320.001	0.986	4261.514	216.000	54.000	79
10	Stütze	---	Ø20	16.800	2.466	41.431	---	0.630	66
11			Ø22	25.200	2.984	75.198	---	0.630	119
12			Ø28	16.800	4.834	81.205	---	0.630	129
13	Stützen-...		Ø8	10.819	0.395	4.269	---	0.252	17
14			Ø10	16.128	0.617	9.944	---	0.189	53
15	Stützen-...		Ø12	16.027	0.888	14.229	---	0.189	75
			Gesamt	**7661.798**		**7044.698**	**216.000**	**54.819**	**129**

3.2.14. Konstruktionselemente zusammenstellen



Shift+A

AxisVM behandelt Linienelemente als Strukturelemente. Das bedeutet, dass die *Vermaschung von Linienelementen* auf der Karteikarte *Maschung* finite Elemente erstellt, die Linienelemente selbst jedoch nicht geteilt werden.
Der Menübefehl *Strukturelemente finden* fügt benachbarte Linienelemente zu einem einzigen Element zusammen, bis eine Sollbruchstelle gefunden wird. Eine Sollbruchstelle wird durch verschiedene lokale x- oder y-Richtungen, anderes Material, einen anderen Querschnitt oder Aussermittigkeit, Endauflösung oder eine Bereichsgrenze definiert. Linienelemente müssen sich auf derselben Linie oder auf demselben Bogen befinden.

3.2.15. Konstruktionselemente auflösen



Shift+B

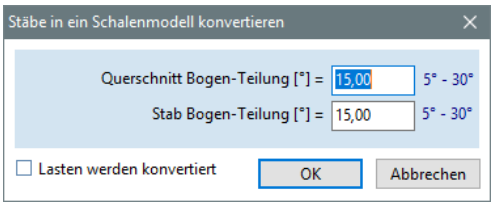
Der Menübefehl *Aufbrechen struktureller Elemente* bricht Linienelemente auf, die mit dem Menübefehl *Strukturelemente finden* erstellt wurden.

3.2.16. Flächenlasten auf Stäben konvertieren

Dieser Menüpunkt konvertiert die ausgewählten Flächenlasten, die auf Stäben verteilt sind, in individuell verteilte Stablasten.

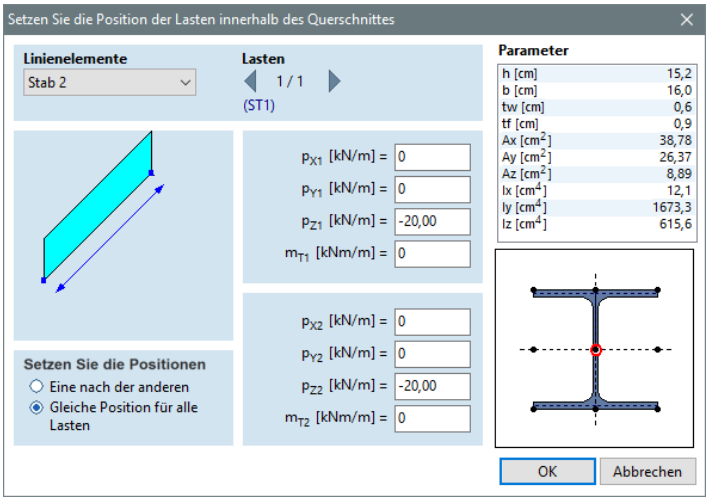
3.2.17. Stäbe in Schalenmodell konvertieren

Auserwählte Stäbe können in Schalenmodelle umgewandelt werden. Ein Schalenmodell besteht aus Schalenelementen welche automatisch generiert und miteinander verbunden werden, gemäß der Stablänge und der Querschnittsform. Voreinstellungen für die Umwandlung von Querschnitten und Stabbögen in Polygone können im Parameter-Dialog gesetzt werden.



Lasten konvertieren

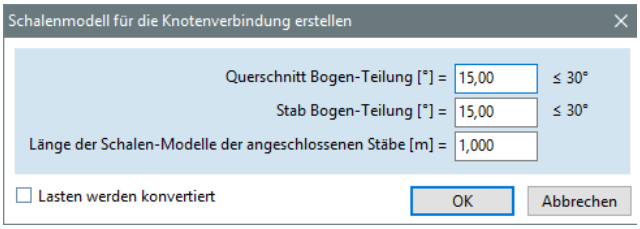
Falls *Lasten werden konvertiert* ausgewählt ist, können ausgewählte Stablasten in Schalenlasten umgewandelt werden. Dazu muss der Anwender die Lastposition innerhalb des Querschnittes angeben. Irgendeiner der neun Punkte des umhüllenden Rechteckes kann gewählt werden, jedoch wird empfohlen, einen Punkt auf dem Querschnitt zu wählen. Positionen können einzeln oder in einem Schritt für alle Lasten angegeben werden.



Wählen Sie ein Linienelement aus der Liste und eine zu konvertierende Last. Die Lastwerte können bei Bedarf auch geändert werden. Wenn alle Lasten konvertiert sind, können Sie den Dialog schliessen.

3.2.18. Schalenmodell für eine Knotenverbindung erzeugen

Teile von Stäben welch an einem ausgewählten Knoten miteinander verbunden sind können in ein Schalenmodell umgewandelt werden. Die Umwandlungsparameter sind dieselben wie oben aber zusätzlich kann noch die zu berücksichtigende Länge der angeschlossenen Stäbe für die Umwandlung gewählt werden. Das Schalenmodell wird dann mit dem verbleibenden Teil des Stabes mit Starrkörperelementen verbunden. *Lasten werden konvertiert* funktioniert gleich wie oben.



3.2.19. Konvertieren von Lasten einer ausgewählten Lastebene zu einzelnen Lasten

Die Lasten der automatischen Lastverteilung auf Lastebenen können in einzelne Lasten umgewandelt werden. Nach der Umwandlung können die einzelnen Lasten verändert werden, aber nicht mehr über die Lastebene.

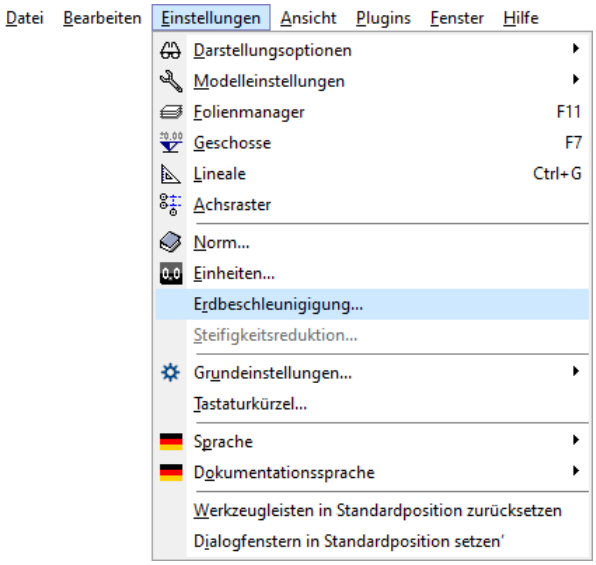
3.2.20. Automatische Referenzen konvertieren

Dieser Menüpunkt konvertiert automatische Referenzen, die zu einer Linie oder Flächenelementen zugewiesen sind, in Referenzvektoren.

3.2.21. Parametrische Rippen unabhängig machen

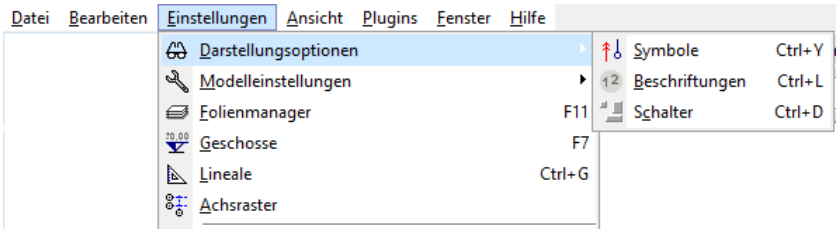
Falls das Modell Bereiche mit parametrisierten Rippen oder parametrisch verrippte Verbundbereiche (**Siehe...** *4.9.6.4 Parametrisierte Rippendecken* , *4.9.6.2 Verbundrippen Bereich*) enthält, welche mit echten Rippen erzeugt wurden, kann mit diesem Befehl der Bereich paramterisierter Rippen in einen normalen umgewandelt werden. Die Rippen werden dabei nicht entfernt sondern unabhängig vom Parameternetz.

3.3. Einstellungen



3.3.1. Darstellung





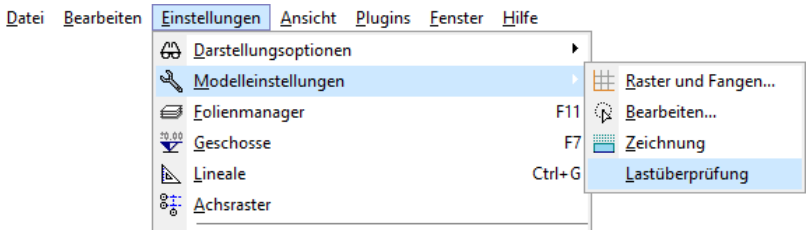
Symbole
[Ctrl]+ [Y]
Siehe ausführlich... *2.16.18 Darstellung*

Bezeichnung
[Ctrl]+ [L]
Siehe ausführlich... *2.16.18 Darstellung*

Schalter
[Ctrl]+ [D]
Siehe ausführlich... *2.16.18 Darstellung*

3.3.2. Modelleigenschaften



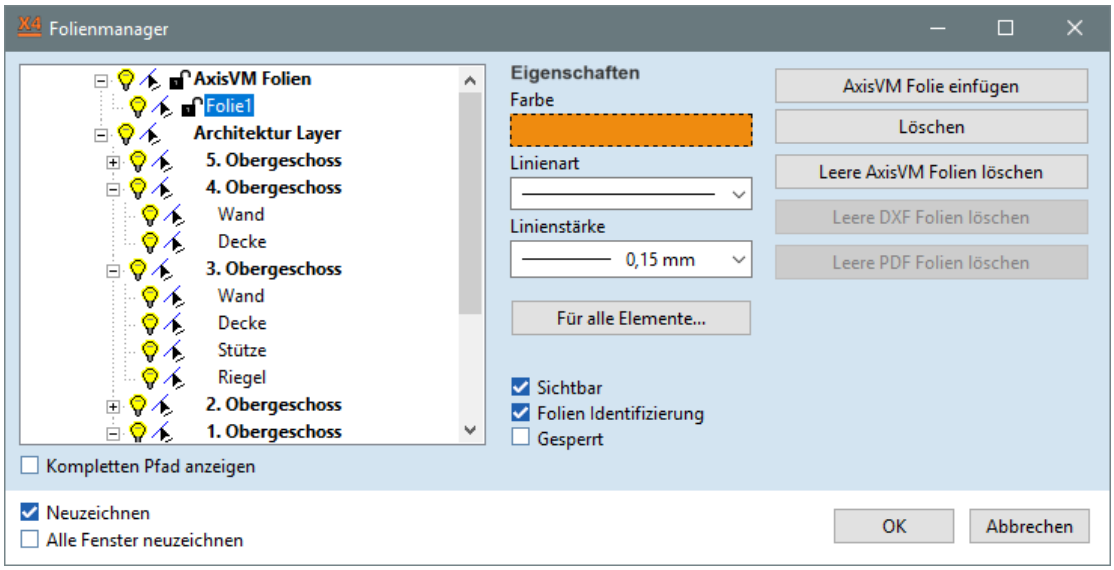


Siehe ausführlich... *2.16.19 Modell-Optionen*

3.3.3. Folienmanager



[F11]



Der Folienmanager erlaubt es in AxisVM-Folien, DXF-Folien oder ArchiCAD-Folien zu verwalten. Während nur eine ArchiCAD-Folie importiert werden kann, sind mehrere DXF-Folien möglich. Wenn keine Folien definiert sind, erstellt AxisVM automatisch eine Folie für die Bemassung.

In der linken Seite des Folienmanagers wird ein Explorerbaum der vorhandenen Folien aufgelistet. Wird eine Folie ausgewählt, können ihre Eigenschaften (Farbe, Stil und Größe) mittels der rechten Knöpfe geändert werden. AxisVM-Folien können nicht geändert werden.
Für alle Elemente: Im der sich öffnenden Dialogbox können alle Einträge der DXF-Folien gesetzt werden. Ob eine Folie angezeigt wird oder nicht, kann durch Anwahl der Lampe gesetzt werden.

AxisVM Folie anlegen Erstellt eine neue AxisVM-Folie. Sie können den Foliennamen, die Farbe, den Stil und den Linientyp setzen.

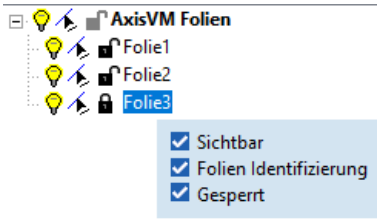
Löschen Löscht ausgewählte Folien mit der **[Del]** Taste.

Leere AxisVM-Folien löschen Löscht alle DXF-Folien, die keine Objekte beinhalten.

Leere DXF-Folien löschen Löscht alle DXF-Folien, die keine Objekte beinhalten

Leere PDF Folie löschen Löscht alle importierten PDF Folien die leer sind (enthält keine Inhalte)

Für alle Elemente Überträgt die Folieneigenschaften auf alle Objekte auf dem Layer



Sichtbar Aktiviert die Sichtbarkeit. Das geht auch über anklicken des Glühbirnensymbols.

Folien identifizieren Aktiviert, fängt die Maus auf den Elemente des Layers. Das geht auch mit anklicken auf das Pfeilsymbol.

Gesperrt Gesperrte Folien können nicht bearbeitet werden. Identisch zum Klicken auf das Schlosssymbol.

Kompletten Pfad anzeigen Aktiviert, werden die importierten Dateien mit dem vollständigen Verzeichnispfad angezeigt.

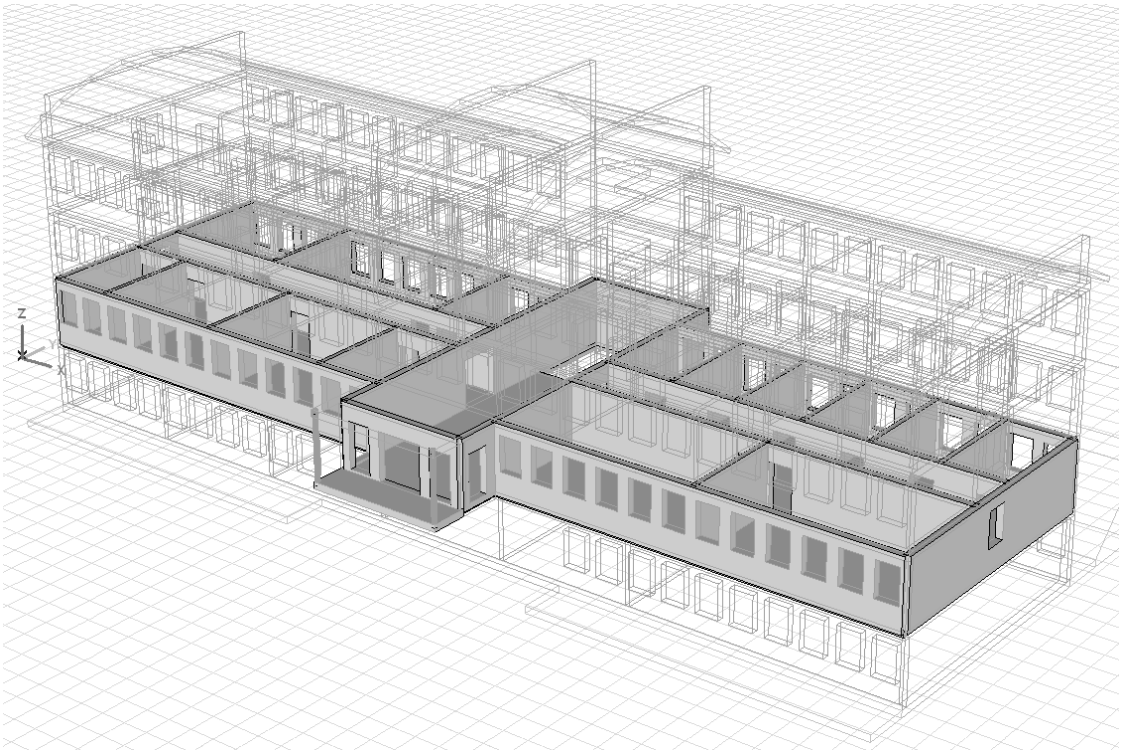
Ansicht neu zeichnen Aktiviert, werden bei Änderungen der Sichtbarkeit oder Folieneigenschaften sofort im Hauptfenster aktualisiert.

Alle Fenster neu zeichnen Aktiviert, werden alle Ansichten des Hauptfensters angepasst. Ansonsten wird nur die aktive Ansicht aktualisiert.

3.3.4. Stockwerke



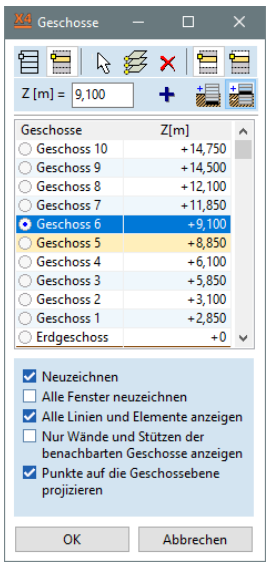
[F7]



Mit Geschossen können Sie das Modell leichter überblicken und bearbeiten. Sie können definiert werden, bevor das Modell konstruiert gebaut oder einer vorhandenen Struktur zugewiesen wird.
Ein Geschoss ist eine Arbeitsebene parallel zu den globalen x-y-Ebenen, mit einer vorgegebenen Z-Koordinate. Wenn ein Geschoss gewählt worden ist, werden die Mausbewegungen zur Ebene des Geschosses projiziert, sogar wenn Sie ein Element mit einer anderen Z-Koordinate finden. Koordinaten werden also immer zur Geschossebene abgebildet, um Objekte mit unterschiedlichen Ebenen leichter zu handhaben.
Geschosse werden immer absteigenden Z-Koordinaten aufgelistet und werden automatisch benannt. Wird ei Ausgabesprache geändert, werden die Geschossnamen automatisch umbenannt.
Elemente werden als Teil des Geschosses betrachtet, wenn ihre kleineste Z-Koordinate grössergleich der Geschossebene ist, aber kleiner als die nächste Geschossebene. Daher gilt: Wenn eine mehrgeschossige Stütze oder Wand als einzelnes Element definiert worden ist, erscheint es nur an der untersten Ebene. Um dieses Verhalten zu ändern, muss das Element aus der Geschossebene herausgeschnitten werden.
Neue Elemente werden automatisch mit ihrem Geschoss verknüpft.

☞ ***Geschosse sind logische Details des Modells. Sie dienen dem Zweck der leichteren Bearbeitung und beeinflussen die Berechnungsergebnisse nicht.***
Wenn Torsionseffekte bei der seismischen Analyse berücksichtigt werden müssen, müssen seismische Geschosse im Dialog der seismische Parameter separat festgelegt werden.

Geschosse können in den folgenden Dialog verwaltet werden.



Schaltet Geschosse aus

Wenn diese Schaltfläche heruntergedrückt ist, werden keine Geschosse angezeigt. Fenster zeigen die gesamte Struktur oder deren aktiven Details. Geschosse können aber sehr wohl bei dieser Einstellung hinzugefügt oder gelöscht werden.

Zeigt aktuelles Geschoss

Wenn diese Schaltfläche heruntergedrückt und ein aktives Geschoss gewählt ist, wird das aktive Geschoss angezeigt. Das aktive Geschoss kann ausgewählt werden, indem es über das Optionsfeld vor dem Namen angeklickt wird.
Der Auswahlstatus der Listenelemente ist unabhängig von dieser Wahl. Es können mehr als ein Geschoss ausgewählt werden. Strg+Klick fügt ein einzelnes Listenelement zur Auswahl hinzu, Shift+Klick fügt Bereiche zur Auswahl hinzu. Lösch-Operationen beziehen sich auf die ausgewählten Geschosse und nicht auf das aktive Geschoss.

☞ ***Es kann nur ein aktives Geschoss geben. Allerdings ist es möglich, dass die benachbarten Geschosse angezeigt werden. Das Bearbeiten wird allerdings auf das aktive Geschoss beschränkt.***

Übernehmen

Klicken Sie auf dieses Symbol, um zum Modell zurückzukehren und dort einen oder mehrere Knoten anzuklicken, um deren Z-Koordinaten zu übernehmen. Beenden Sie den Vorgang, indem Sie einen leeren Bereich anklicken. Z-Koordinaten werden der Geschossliste hinzugefügt.

Ein neues Geschoss eingeben

Geben Sie eine Z-Koordinate in das Editierfeld ein und klicken Sie auf die + Schaltfläche. Ein neues Geschoss wird der Liste hinzugefügt.

Suchen

Wenn Sie eine vorhandene mehrgeschossige Struktur mit Decken haben, können Sie Z-Koordinaten von horizontalen Bereichen suchen und der Liste mit einem Klick hinzufügen. Wenn nicht alle horizontalen Bereiche einem tatsächlichem Geschoss zugeordnet sind, können Sie nicht benötigte Geschosse später wieder löschen.

☞ ***Die Geschosslage kann nicht geändert werden. Löschen Sie ein Geschoss und legen Sie ein neues Geschoss fest***

Löschen

Löscht die ausgewählten Geschosse. Die übrig gebliebenen Geschosse werden entsprechend umbenannt und die Geschosszuweisungen der Elemente wird automatisch aktualisiert.

☞ ***Das Löschen eines Geschosses löscht nicht irgendein Element.***

Geschoss unter dem aktuellen Geschoss anzeigen

Geschoss über dem aktuellen Geschoss anzeigen

Wenn diese Schaltfläche heruntergedrückt ist, werden auch Elemente des darunterliegenden Geschosses angezeigt, um andere Objekte leichter verfolgen zu können.

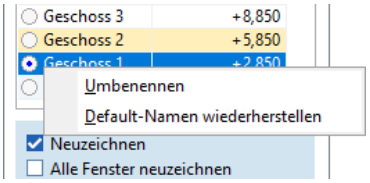
☞ ***Um weitere Geschosse anzuzeigen, öffnen Sie stattdessen den Dialog Details, in dem logische Details von irgendeinem Geschoss eingeschaltet werden kann. Indem Sie ein neues aktives Geschoss wählen, überschreiben Sie die Detail Einstellungen.***

Fügt ein neues Geschoss hinzu

Nummerierung der Geschosse

Die Nummerierung der Geschosse kann über diese Symbole gesteuert werden. Wenn das linke Symbol heruntergerückt ist, gilt das untere Stockwerk als Erdgeschoss und die anderen Geschosse erhalten eine positive Nummer. Wenn *Vorzeichenbezogene Nummerierung der Geschosse* gewählt ist, wird das Geschoss, das am nächsten zur Nullebene liegt, das Erdgeschoss. Unterirdische Geschosse erhalten eine negative, oberirdische eine positive Zahl.

Geschosse umbenennen



Mit der rechten Taste auf ein Geschoss in der Liste klicken um das Kontextmenü zu öffnen. Die Geschosse können dann umbenannt oder auf den Standardtext zurükgestellt werden.

Weitere Möglichkeiten können mit den Checkboxen ausgewählt werden.

Neuzeichnen

Zeichnung wird sofort neu gezeichnet.

Alle Fenster neuzeichnen Geschosseigenschaften werden in allen Fenstern neu gezeichnet.

Alle Linien und Elemente anzeigen Wird ein Geschoss aktiviert, werden alle zugehörigen Decken, Wände, Stützen und Balken angezeigt. Wenn andere Elemente auch dargestellt werden sollen (Geometrielinien, Federn, Kontakt- oder Verbindungselemente), dann ist diese Funktion auszuwählen.

Nur Wände und Stützen der benachbarten Geschosse anzeigen Die darüber- und darunterliegende Ebene des aktiven Geschosses wird gewöhnlich angezeigt, um die Wände die als Auflager dienen, anzuzeigen. Diese Option verbirgt Decken und Balken der benachbarten Geschosse. Wenn ein Geschoss aktiv ist, wird automatisch die Stützen- oder Wandhöhe auf die Geschosshöhe gesetzt.

Projektionspunkt auf Geschossebene Diese Funktion projeziert alle einzugebenden Koordinaten auf das Grundniveau des Geschosses. Nützlich wenn Wände und Stützen unterhalb der Decke auf Bodenniveau eingebenen werden

3.3.5. Lineale



[CTRL]+[G] **Siehe ausführlich...** *2.16.9 Lineale*

3.3.6. Raster



Achs-Raster
Siehe... *2.16.8 Achs-Raster*

3.3.7. Norm

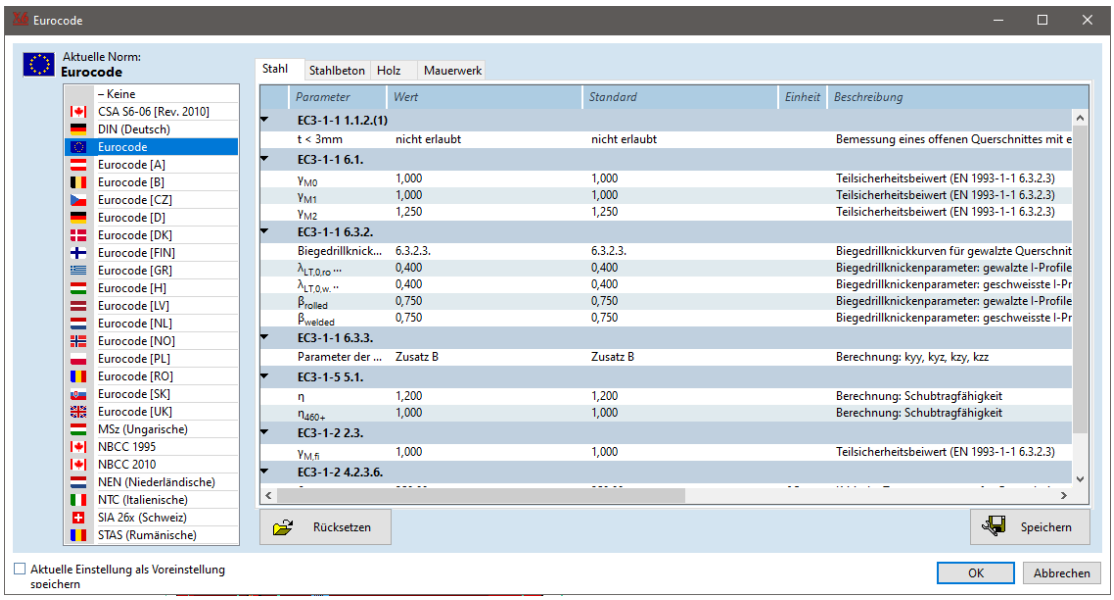


Setzt die Norm für Normspezifische Berechnungen. Ändern der Norm ändert die Lastkollektivbildungen und deswegen werden alle Kombinationen und Faktoren gelöscht.
Seismische Berechnungsparameter und Lasten werden ebenfalls gelöscht. Zuvor verwendete Materialien sind entsprechend der neuen Norm zu ändern.
Wenn *Aktuelle Einstellung als Voreinstellung speichern* gesetzt ist, werden neue Modelle mit der aktuellen Norm erzeugt.

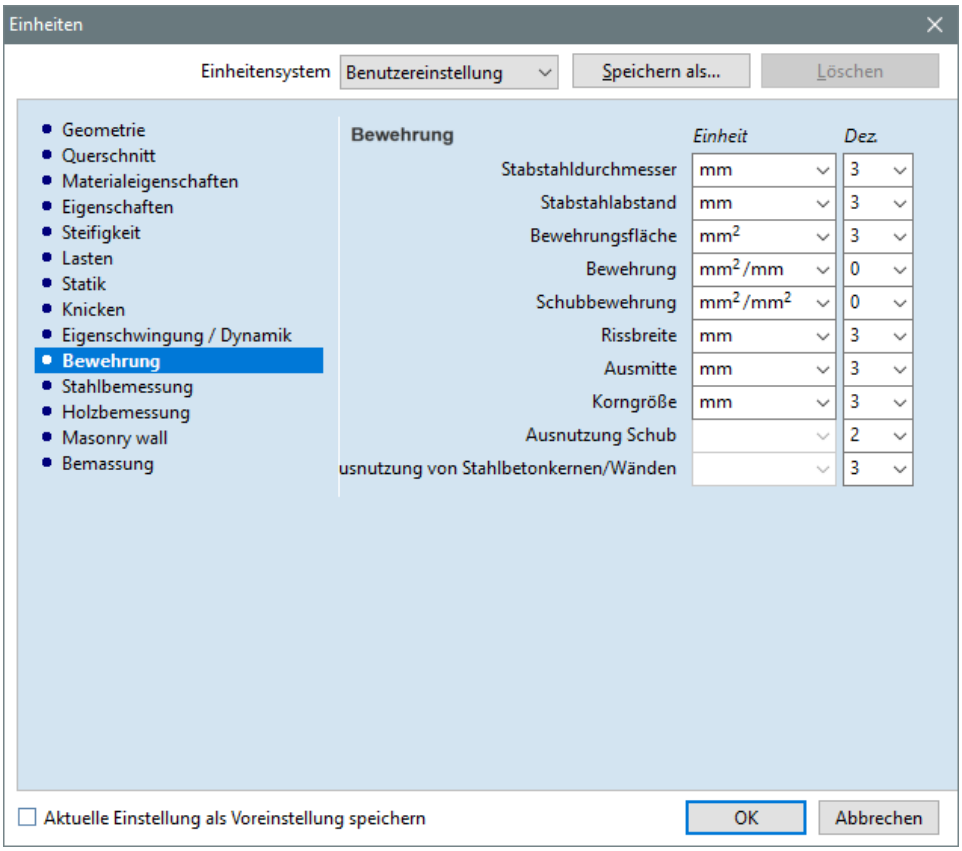
Im Falle von auf Eurocode basierenden Bemessungsnormen können eine Reihe von Parametern, die in den Nationalen Anhängen (NA) vorgeschrieben sind, in AxisVM geändert werden. Tragwerksbemessung gemäss NA, die nicht in der Software enthalten sind, kann durch die Änderung von NA-Parametern des grundlegenden Eurocodes durchgeführt werden.
Die Tabelle zeigt den Benutzerwert, den Standardwert, die Einheit, Beschreibung und einen Normenbezug für jeden Parameter an. Die Benutzerwerte können bearbeitet werden. Klicken Sie auf OK, um sie anzuwenden. Der aktuelle Satz von Benutzerwerten wird zusammen mit dem Modell gespeichert und geladen. Wenn Sie die Bemessungsnorm ändern, wird der aktuelle Satz von Benutzerwerten gelöscht, sofern er nicht durch Drücken auf die Schaltfläche *Speichern* als Standardsatz gespeichert worden ist.
Bei neuen Modellen werden dann diese Standardwerte verwendet. Die Spalte *Standard* der Tabelle zeigt die werte gemäss NA an. Durch Klicken auf die Schaltfläche *Wiederherstellen* werden alle Benutzerwerte durch diese Standardwerte ersetzt.

Gemäss Angaben in den NA können die Parameter in drei Gruppen aufgeteilt werden:

- Der Parameter ist als Zahl angegeben (z.B. Partialfaktoren): der Wert kann direkt bearbeitet werden;
- Der Parameter ist als Formel definiert: in den meisten Fällen sind Konstanten der Formel in den NA spezifiziert (z.B. Schlankheitsgrenze für Stahlbetonstützen): in diesem Fall können die Konstanten bearbeitet werden (Anmerkung: Konstanten werden häufig durch den Buchstaben c dargestellt);
- Der Parameter ist weder als Zahl noch als Formel angegeben (z.B. Methode für Berechnung von Exzentrizitäten zweiter Ordnung bei Stahlbetonstützen, Knickkurven für Stahlträger): in diesem Fall können die Methoden oder Knickkurven aus einer Liste gewählt werden.



3.3.8. Einheiten

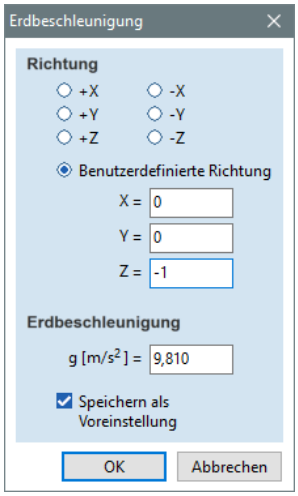


Setzen der Einheiten für die im Programm verwendeten Variablen (Dimension, Anzahl der Vor- und Nachkommastellen). Es können normspezifische Voreinstellungen oder Benutzereinstellungen verwendet werden. Sie können voreingestellte Gruppen von Dimensionseinheiten wählen oder benutzerdefinierte Einheiten erstellen und speichern.

Speichern der Einheitsein-stellungen

Die Software speichert die definierten Einheiten und Formateinstellungen in der Datendatei Axunits.ini, die sich im folgendne Ordner befindet: *c:\Users\'username'\AppData\Roaming\AxisVM\16*.

3.3.9. Gravitation



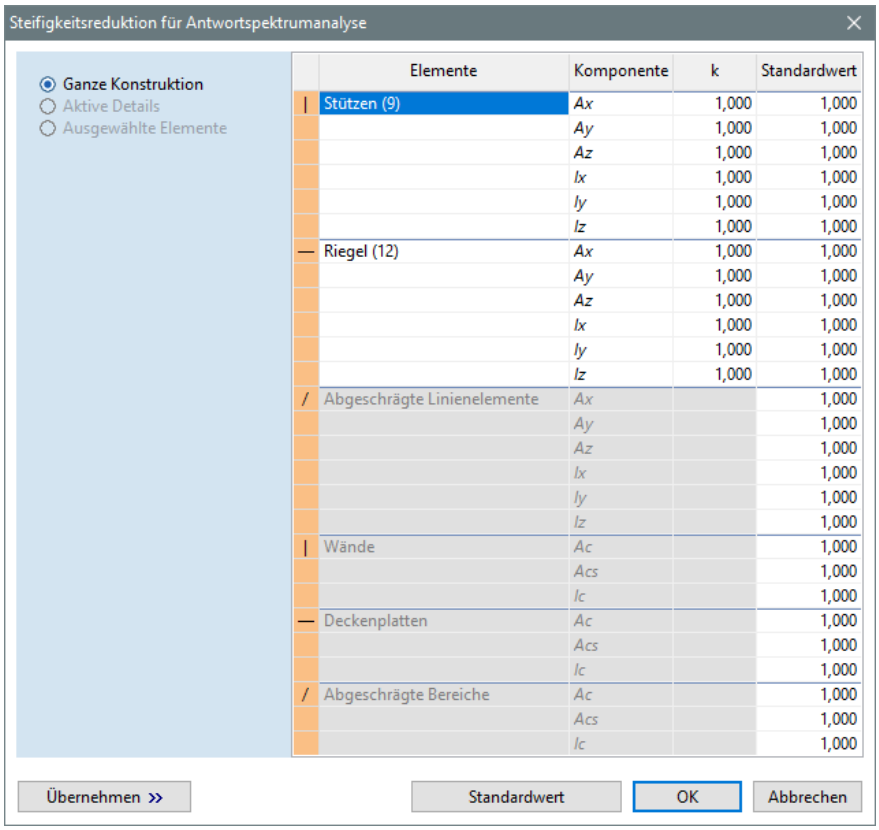
Definieren der Richtung der Erdanziehungskraft in einer der globalen Richtungen und der Erdbeschleunigung (g) – normalerweise 9.81m/s2.

Falls *Benutzerdefinierte Richtung* gewählt ist, müssen die X, Y, Z Komponenten des Richtungsvektors bestimmt werden.

Falls *Speichern als Voreinstellung* aktiviert ist, werden die benutzerdefinierten Einstellungen bei jedem neuen Modell zur Anwendung kommen.

3.3.10. Steifigkeitsreduktion

Die Seismische Analyse mit dem Antwortspektrenverfahren nach Eurocodes erlaubt eine Steifigkeitsreduktion (Faktor *k*). Diese Reduktionsfaktoren können für einzelne Bauteile unabhängig von ihrem architektonischen Elementtyp (Stütze, Träger, Wand, Decke, anderes Element) definiert werden.
Mit den Auswahlknöpfen auf der linken Seite können Sie den Definitionsbereich (*Gesamte Konstruktion / Aktive Details / Ausgewählte Elemente*) auswählen. Die Reduktionsfaktoren für diese Elemente sind aufgelistet und können in der Tabelle geändert werden. Wenn Elemente gleichen Typs unterschiedliche Reduktionsfaktoren haben, wird in der jeweiligen Zelle ein * angezeigt. Wenn Sie ihn ändern, wird ein gemeinsamer Wert für den angegebenen Elementbereich zugewiesen.



Linienelemente

k(Ax)	Reduktionsfaktor für den Querschnittswert *Ax*.
k(Ay)	Reduktionsfaktor für den Querschnittswert *Ay*.
k(Az)	Reduktionsfaktor für den Querschnittswert *Az*.
k(Ix)	Reduktionsfaktor für den Querschnittswert *Ix*.
k(Iy)	Reduktionsfaktor für den Querschnittswert *Iy*.
k(Iz)	Reduktionsfaktor für den Querschnittswert *Iz*.

Bereiche

k(Ac)	Reduktionsfaktor für die Querschnittsfläche
k(Acs)	Reduktionsfaktor für die Schubfläche
k(Ic)	Reduktionsfaktor für das Biegeträgheitsmoment

Übernehmen

Klicken Sie auf die Schaltfläche *Übernehmen* und dann auf ein Element, um seine k-Werte in die entsprechenden Zeilen der Tabelle entsprechend dem Architekturtyp des Elements zu kopieren.

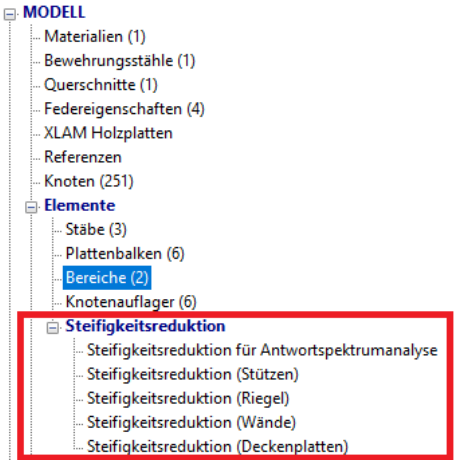
Standardwert

Die letzte Spalte zeigt die Standardwerte für die Reduzierung der Steifigkeit für jeden Elementtyp an (diese Werte sind auch bearbeitbar). Wenn neue Elemente definiert werden, werden ihnen diese Standardwerte automatisch zugewiesen. Klicken Sie unten auf die Schaltfläche *Standardwerte*, um alle k-Werte auf den Standard zu setzen.

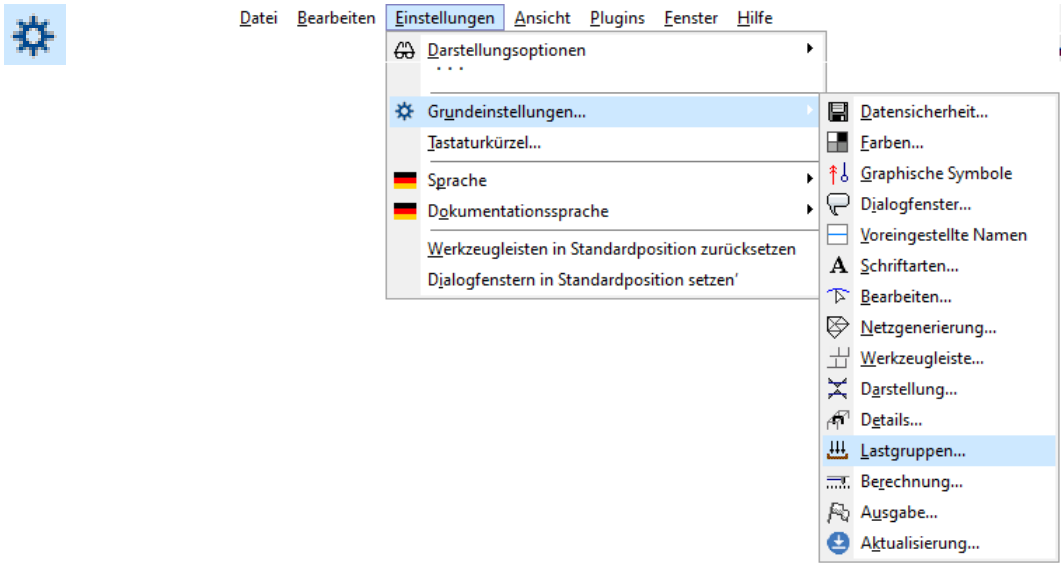
Die Steifigkeitsreduktion ist bei einer Schwingungsanalyse optional (*5.2 Schwingungsanalyse*).
Wenn die Schwingungsanalyse mit Steifigkeitsreduktion durchgeführt wurde und die Antwortspektrumanalyse diese modalen Formen verwendet, führt AxisVM zwei lineare Analysen durch: eine ohne reduzierte Steifigkeit und eine mit reduzierter Steifigkeit. Für die Bemessungsituation Erdbeben (in Erdbebenlastfällen oder in Kombinationen mit Erdbebenlastfällen) werden Ergebnisse mit reduzierter Steifigkeit angezeigt, in anderen Bemessungssituationen werden Ergebnisse ohne Steifigkeitsreduktion verwendet. *(4.10.24 Erdbebenbemessung – SE1 Modul)*

Steifigkeitsreduktion rapportieren

Steifigkeitsreduktionswerte sind im Tabellenbrowser (**siehe...** *2.9 Tabellen)* in Tabellen im Ordner MODELL-DATEN / Elemente / Steifigkeitsreduktion verfügbar.
Die Steifigkeitsreduktion für die Antwortspektrumanalyse enthält die obige Tabelle. Andere Tabellen listen die Steifigkeitsreduktionswerte nach Elementen auf.

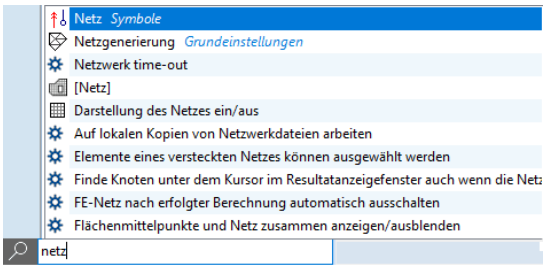


3.3.11. Grundeinstellungen...



Suche

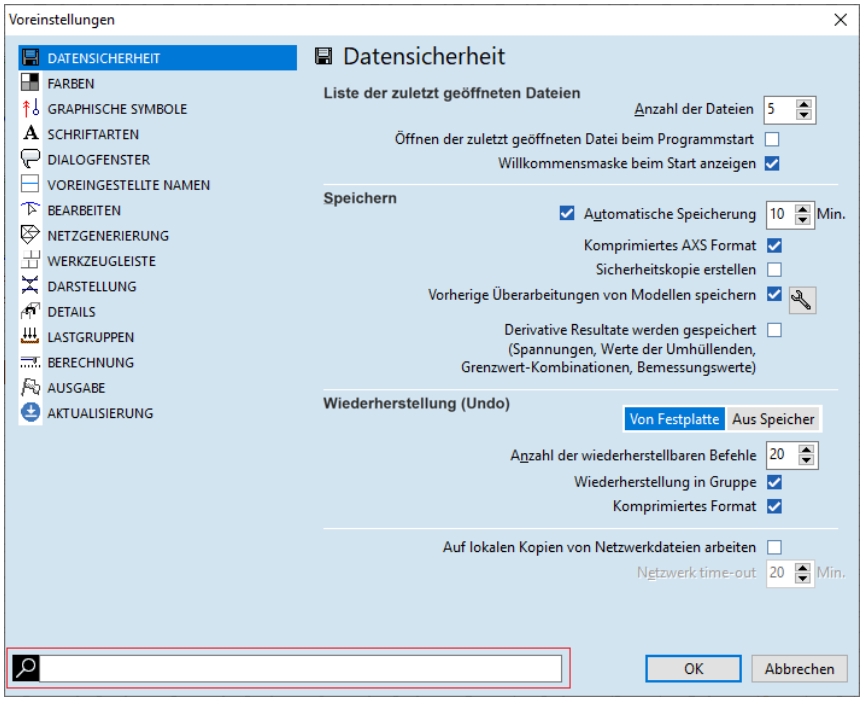
Einstellungen können einfacher gefunden weren, indem das Suchfeld unten links im Dailog verwendet wird.
Das Suchfeld funktioniert gleich wie die intelligente Eingabezeile, **siehe...** *2.17 Intelligente Eingabezeile*



Speichern der Voreinstellungen

Die Software speichert die nachfolgend beschriebenen Einstellungen unter *c:\Users\'username'\AppData\Roaming\AxisVM\16* folder.

3.3.11.1. Datensicherheit



Liste der letztgeöffneten Dateien

Hier kann man die automatische Öffnung der letztgeöffneten Datei, und die Anzahl der zuletzt geöffneten Dokumente einstellen, die im Dateimenü dargestellt werden und bestimmen, ob die Willkommensmaske beim Start angezeigt werden soll.

Speichern

Automatische Speicherung

Wenn Sie sicherstellen wollen, dass Sie keine Daten verlieren, so aktivieren Sie die automatische Speicherung ihres Modells (1-99 Minuten). Sie müssen das Modell speichern wenn Sie AxisVM schliessen, dies liegt daran, dass die automatische Speicherung das Modell in einem speziellen Format (autosave.avm) sichert.
Diese Speicherung erfolgt bis Sie das Modell unter einem eigenen Namen speichern. Nach dem Neustart von AxisVM, z.B. nach einem Stromausfall kann das Programm das Modell aus der Sicherung wiederherstellen.

Ein Modell, das automatisch gespeichert wird, wird im Standard-Temporärordner des Betriebssystems (*C: \ Dokumente und Einstellungen\ username \ Lokale Einstellungen \Temp)* als *~modelname.avm* gespeichert, bis Sie einen Speicherbefehl geben. Falls Sie nach einem Stromausfall oder anderen Problem einen AxisVM-Neustart durchführen müssen, ohne dass Sie vorher Ihre Arbeit speichern konnten, kann AxisVM diese aus dem oben genannten Temporärordner unter dem Namen *$modelname.avm* abrufen.

Komprimiertes AXS Format

Bei aktivierter Funktion wird die AXS Modelldatei in einem komprimierten Format abgespeichert. Die durchschnittliche Dateigrösse ist ca. 10% vom Ursprung. Je grösser die Modelldatei, desto grösser der Komprimierungseffekt. Ergebnisdateien (*.AXE) werden nicht komprimiert.

Sicherheitskopie

Einstellung der Erstellung von Sicherheitskopie vor der Speicherung. Sicherheitskopie wird nur von den Eingabedateien erstellt.

Sicherheitskopie beim Speichern: Vor dem Speichern wird von der letzten Version Sicherheitskopie erstellt. Der Name der Sicherheitskopie ist: Modellname.~AX .

Vorherige Überarbeitungen des Modells speichern

Bei Auswahl dieser Option werden vorherige Versionen des Modells gespeichert.



Klicken Sie auf das Symbol, um zum Einstellungsdialog zu gelangen

Siehe ... *3.1.2 Vorherige Überarbeitungen*

Derivative Resultate werden gespeichert

Falls diese Auswahlbox aktiviert ist, werden Resultate von Spannungen, Umhüllenden, Extremwerten und Bemessungsresultaten gespeichert.

Wiederherstellung (Undo)

Die Anzahl der wiederherstellbaren Befehle kann hier zwischen 1-99 eingestellt werden. Wenn die Wiederherstellung in Gruppe Funktion inaktiv ist, sind die geometrischen Objekte, die mit einem Konstruktionsbefehl erstellt wurden, als einzelne Linien wiederherzustellen.

Der vorherige Stand kann von der Festplatte oder vom Arbeitsspeicher wiederhergestellt werden. Es wird empfohlen, bei grossen Modellen und/oder wenn der Arbeitsspeicher begrenzt ist, die Wiederherstellung von der Festplatte zu machen (ein wenig langsamer).

Die *Gruppen Undo* Option erlaubt mit in einem Klick viele Schritte gleichzeitig rückgängig zu machen. Die Wiederherstellung erfolgt auch hier über Festplatte oder über den Arbeitsspeicher. Im Arbeitsspeicher ist die schnellere Variante, auf der Festplatte bleibt mehr Arbeitsspeicher für das Modell über.

Wiederherstellung in Gruppe

Die GruppenUndo-Funktion erlaubt es eine Reihe von Befehlen in einem Schritt zurückzunehmen. Undo-Daten können im Arbeitsspeicher oder auf der Festplatte gespeichert werden.

Die erste Option ist schneller, die zweite Option überlässt dem Programm mehr Speicher (dies ist bei der Berechnung von grossen Modellen wichtig).

Auf lokalen Kopien von Netzwerkdateien arbeiten

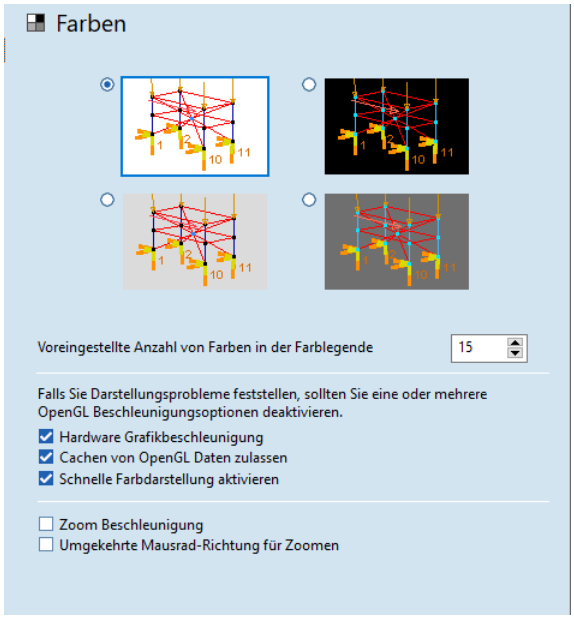
Falls Modelle auf einem Netzlaufwerk geöffnet werden, kann die limitierte Datenübertragungsgeschwindigkeit die Leistung von AxisVM beträchtlich reduzieren. Dieser Effekt kann vermieden werden indem lokale Kopien dieser Dateien zugelassen werden. Lokale Kopien werden in dem Verzeichnis angelegt, in welchem die temporären Dateien während der Berechnung gespeichert werden (s. Grundeinstellungen- Berechnung) – ausgenommen dann, wenn dieses Verzeichnis dasjenige der Modelldatei ist. In diesem Fall werden die Dateien im Standardverzeichnis für temporäre Dateien gespeichert. Die Originaldateien werden nach jeder Speicheroperation aktualisiert.

Netzwerk time-out

Verwenden Sie einen Netzwerk-Dongle und wird die eingestellte Zeit überschritten, so wird die Benutzung des AxisVM abgebrochen.

Die Abmeldung kann auch erfolgen, wenn Sie z.B. ein Telefongespräch führen und zwischenzeitig ein Netzwerk-timeout erfolgt. Falls dann ein anderer Anwender AxisVM startet wird diesem eine Lizenz zugewiesen und Sie erhalten, wenn Sie wieder mit AxisVM arbeiten möchten eine Fehlermeldung und das Programm stoppt bei der nächsten Eingabe.

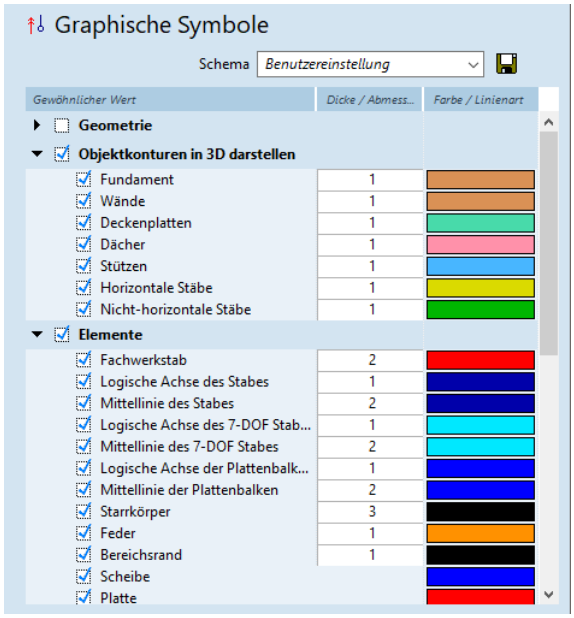
3.3.11.2. Farben



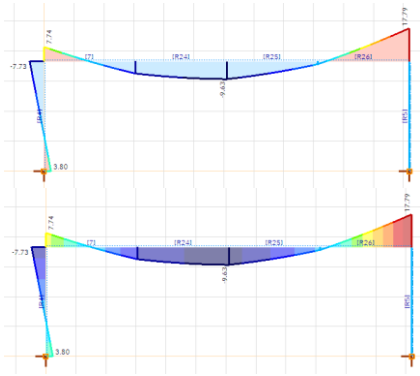
Hier kann die Hintergrundfarbe des Hauptfensters ausgewählt werden (Weiss, Hellgrau, Dunkelgrau oder Schwarz). Die Farbe der Beschriftungen, Symbole, Elemente usw. richten sich nach der Hintergrundfarbe.
Standardanzahl der Farben im Fenster der Farblegende: Legen Sie die Anzahl der Farben fest, die im Fenster der Farblegende angezeigt werden (**siehe...** *2.19.4 Farbskala*)
Grafikkartenbeschleunigung einschalten für schnellere und flüssigere Drehung des Modells – wenn die Grafikkarte und der Treiber diese Funktion unterstützen. Schalten Sie die Funktion aus, falls diese das Programm merklich verlangsamt.
Schnelle Farbdarstellung aktivieren ist eine Methode in OpenGL.

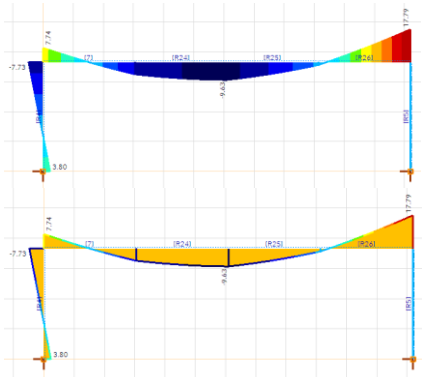
Zoom Beschleunigung verbirgt Beschriftungen und andere nicht-skalierende Teile.
Falls eine dieser Beschleunigungen Probleme verursacht, sollte der Grafikkartentreiber aktualisiert werden oder die Funktion deaktiviert werden.
Umgekehrte Mausrad-Richtung zum Zoomen: wenn deaktiviert, hat das Mausrad das Standardverhalten: Das Drehen des Rads nach oben vergrössert die Ansicht, das Drehen des Rads nach unten verkleinert sie

3.3.11.3. Graphische Symbole

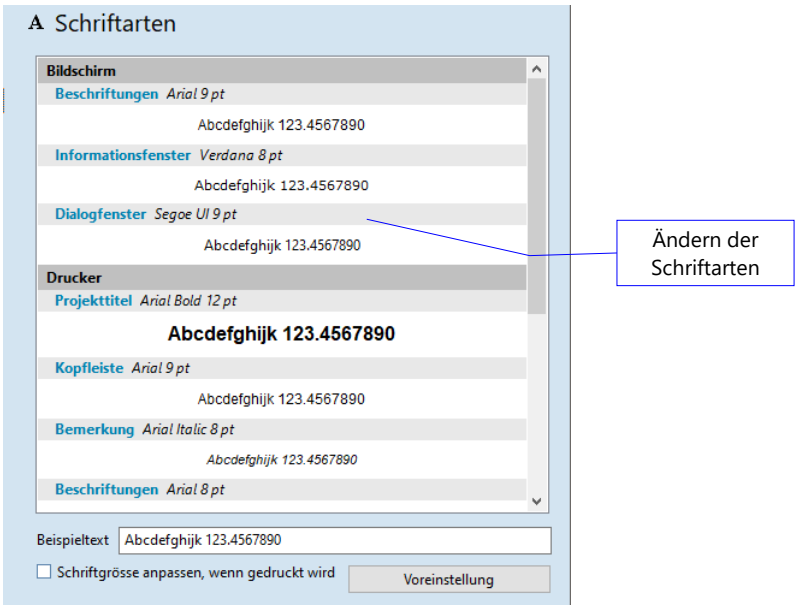


Die Farbe und die Linienstärke von grafischen Symbolen sowie die Farbe und die Grösse von Beschriftungen kann eingestellt werden. Weiter kann auch die Farbe und die Dicke von exzentrischen Achsen von Trägern und Rippen festgelegt werden.
Wenn die Checkbox in der ersten Spalte nicht angewählt ist, wird der Standardwert genommen, ansonsten wird die benutzerdef. Einstellung gewählt. Eine eigene Darstellung kann mit „Speichere das aktuelle Schema“ gesichert werden und ab dann zukünftig über die Dropdown-Liste ausgewählt werden.
Ab Version X4 können Liniendicken und Farben der lokalen Systemachsen und Resultatdiagramme ebenfalls verändert werden.





3.3.11.4. Schriftarten



Diese Liste ermöglicht es, die auf dem Bildschirm und in der Druckausgabe verwendeten Schriften zu ändern. Bewegen Sie sich in der Liste mit den Pfeiltasten oder durch Anklicken von Elementen. Doppelklicken Sie auf die ausgewählte Zeile oder drücken Sie die Eingabetaste, um die Schriftart zu ändern.
Der Beispieltext kann verändert werden.
Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf einen Eintrag, um das Popup-Menü anzuzeigen.

Ändern... : Schriftart ändern
Standardschrift: Die gewählte Schrift auf Standard zurücksetzen

Klicken Sie auf Standardeinstellungen, um alle Schriften auf den Standard zurückzusetzen.

Bildschirm

Beschriftungen — Schriftart, die für die Nummerierung und Beschriftung von Modellzeichnungen verwendet wird. Bemassungslinien und Textfelder haben eine eigene Schriftart, **siehe...** *2.16.11 Bemassung, Symbole und Texte.*

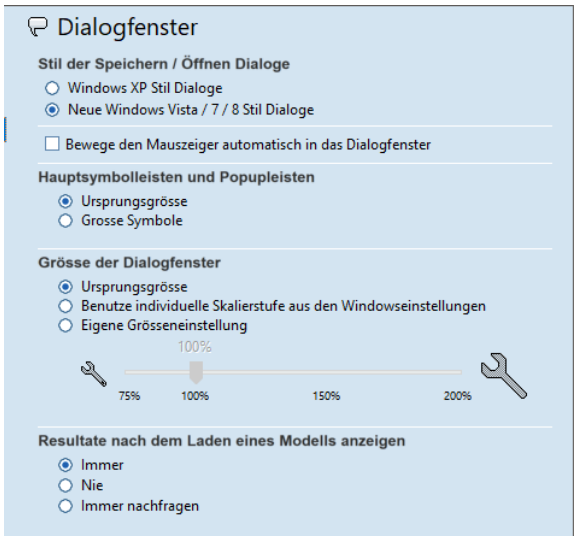
Informationsfenster — Schriftart, die für Informationsfenster auf dem Bildschirm verwendet wird (Farblegendenfenster, Infofenster, Koordinatenfenster).
Siehe... *2.19 Informationspalette*

Dialogfenster — Schriftart für Dialogfenster.

Drucker	*Projekttitel* *Kopfzeile* *Kommentar*	Schriften, die für den gedruckten Seitenkopf verwendet werden. **Siehe...** *3.1.10 Kopfzeile*
	Beschriftungen	Schriftart, die für die Nummerierung und Beschriftung von gedruckten Modellzeichnungen verwendet wird. Bemassungslinien und Textfelder haben eine eigene Schriftart.
	Informationsfenster	Schriftart, die für Informationsfenster (Fenster mit Farblegende, Infofenster) beim Drucken verwendet wird.
Bericht	*Tabellentitel*	Schriftart für Titel von gedruckten Tabellen.
	Oberste Tabellenzeile	Schriftart, die für die erste (Kopf-)Zeile der Tabellen verwendet wird.
	Tabellenzeilen	Schriftart, die für den Rest der Tabelle verwendet wird.

Aufgrund der unterschiedlichen Auflösung von Bildschirm und Drucker ist das Verhältnis von Beschriftungsgröße und Darstellung auf beiden Geräten unterschiedlich, insbesondere bei Textfeldern. Aktivieren / deaktivieren Sie die Option Schriftgröße beim Drucken anpassen, wenn Sie mit dem Ergebnis nicht zufrieden sind.

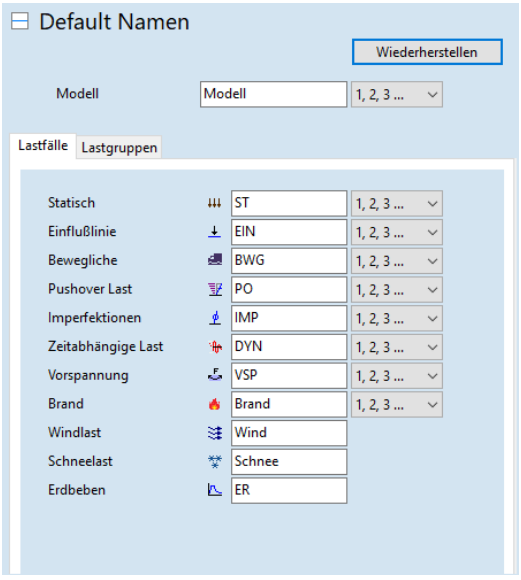
3.3.11.5. Dialogfenster

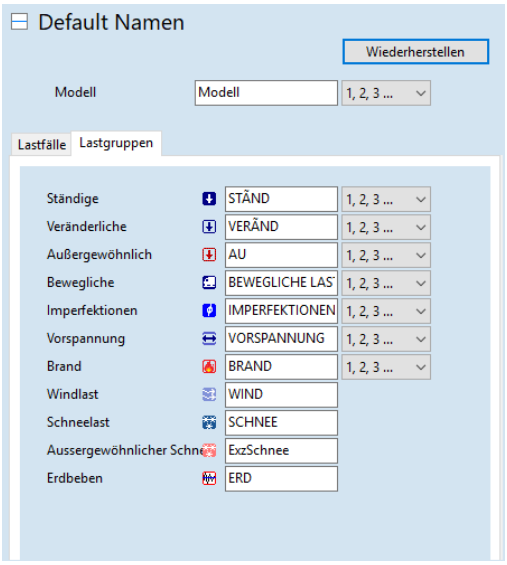


Wenn das verwendete Betriebssystem Windows Vista oder neuer ist, kann unter „Stil des Speichern/Öffnen Dialoge" das Aussehen dieses Dialogs verändert werden. Unter Windows XP ist nur die erste Funktion verfügbar.
Falls die 2. Option ausgewählt wurde, muss für die Vorschau eine erfolgreiche Registration der Vorschau Bibliothek durchgeführt werden (diese DLL ist Teil des AxisVM Pakets). Wenn AxisVM mit Administrationsrechten installiert wurde, wird diese Bibliothek automatisch registriert. Ohne Administrationsrechte schlägt dieses Fehl und die Modellvorschau ist nicht möglich.
Die Vorschaubibliothek kann nachträglich durchgeführt werden, wenn man *„!REGISTER_PreviewLib.BAT"* im AxisVM Programm Ordner ausführt. *Bewege den Mauszeiger automatisch in das Dialogfenster* positioniert den Mauszeiger über den OK Button eines Windows Fensters. Verschiedene Maustreiber bringen diese Funktion auch ohne AxisVM.

Bei Verwendung von hochauflösenden Monitoren (z.B. UHD) wird empfohlen die Dialogfenster, die Symbolleisten und den Cursor zu vergrössern. **Hauptsymbolleisten und Popupleisten** bietet zwei Grössen an. Wird **Grosse Symbole** ausgewählt, werden auch einige Cursor vergrössert. **Grösse der Dialogfenster** erlaubt eine Vergrösserung zwischen 75% und 200% auszuwählen. Windows Einstellungen in der Systemsteuerung/Anzeige können auch verwendet werden. Das Öffnen grosser Modelle mit einer riesigen Ergebnisdatei kann das Laden erheblich verlangsamen. Die Option *Ergebnisse nach dem Laden eines Modells anzeigen* steuert, was passiert, wenn ein Modell mit Ergebnissen geöffnet wurde. Mögliche Auswahlen sind *immer / nie / immer nachfragen* (es erscheint ein Dialog zur Bestätigung der Ergebnisanzeige).

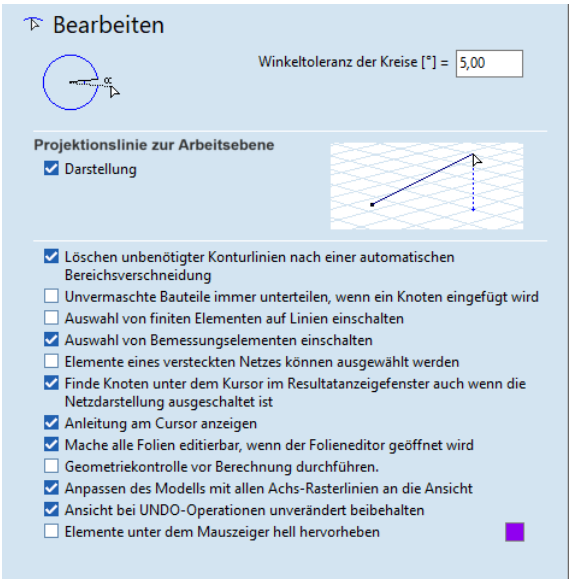
3.3.11.6. Default namen





Ändern Sie *Modell,* um den Standardnamen für ein neues Modell zu ändern. Wählen Sie den Stil des angehängten Postfixes (1, 2, 3... oder A, B, C, ...), um einen eindeutigen Namen zu erzeugen.
Standardnamen und Postfix-Stile neuer Lastfälle oder Lastgruppen können auf die gleiche Weise bearbeitet werden.
Durch Klicken auf *Zurücksetzen* werden alle Namen und Stile auf die Standardeinstellungen zurückgesetzt.

3.3.11.7. Bearbeiten



Winkeltoleranz der Kreise

Parametereinstellung zum Zeichnen von Kreisbögen. Falls der Zentrumswinkel eines Kreisbogens kleiner als diese Winkeltoleranz oder der Oeffnungswinkel näher bei 360° ist, wird ein Vollkreis gezeichnet.

Projektionslinie zur Arbeitsebene

Die Anzeige von Projektionslinien kann ein- oder ausgeschalten werden. Diese zeigen den Abstand von der aktuellen Arbeitsebene.

Löschen unbenötiger Konturlinien nach einer automatischen Bereichsverschneidung

Werden zwei oder mehrere Bereiche miteinander verschnitten, löscht das Programm automatisch die nicht mehr benötigten Konturlinien, sofern diese Option angehakt ist.

Unvermaschte Bauteile immer unterteilen, wenn ein Knoten eingefügt wird
Standardmässig benutzt AxisVM strukturelle Gruppen. Das sind Linienelemente die aus einem oder mehreren Finite Elementen bestehen.
Unvermaschte Bauteile beinhalten nur ein Finite Element. Wird ein neuer Knoten in eine unvermaschte Gruppe eingefügt oder eine Linie wird geteilt, bleibt die Konstruktionsgruppe bestehen, aber beinhaltet nun mehrere Finite Elemente. Wird eine Konstruktionsgruppe selektiert, werden alle zugehörigen Finite Elemente zur Gruppe markiert. Dieses Verhalten kann verändert werden durch anwählen der Funktion. Dann werden die Konstruktionsgruppen beim Einsetzen neuer Knoten aufgeteilt. Um bestehende Konstruktionsgruppen aufzubrechen, wählt man die Funktion „Editieren/Konstruktionselemente aufbrechen".

Selektion von Finite Elementen auf Linien einschalten
Eingeschaltet können die einzelnen Finite Elemente auf Linien selektiert werden. Ansonster wird nur das gesamte Konstruktionselement selektiert.

Selektion von Bemessungsgliedern aktivieren
Aktiviert können die Bemessungsglieder anstelle des Konstruktionselements selektiert werden. Bemessungsglieder bestehen aus einer Gruppe von Linien mit den selben Bemessungsparametern, die als eine Einheit für Stahl oder Holzbemessung behandelt werden.

Elemente eines versteckten Netzes können ausgewählt werden.
Wenn die Netzdarstellung deaktiviert wurde, können die Elemente dennoch mit dieser Funktion selektiert werden. Die Funktion bewirkt darüber hinaus, ob die Punkte/Linien/Flächen in Tabellen erscheinen oder nicht.

Anleitung am Cursor anzeigen
Zeigt ein Tooltip Fenster beim Cursor mit Anleitung des nächsten Editierschritts. Nicht ausgewählt erscheint die Nachricht in der Fusszeile vom AxisVM Fenster.

Mache alle Folien editierbar wenn Folieneditor geöffnet wird
Wenn der Folieneditor geöffnet wird, werden alle gesperrten Folien entsperrt.
Siehe... *2.16.12 Hintergrundfolie editieren*.
Andere gesperrte Folien müssen manuel entsperrt werden *2.12 Folienmanager* und *2.18 Schnellschalter*

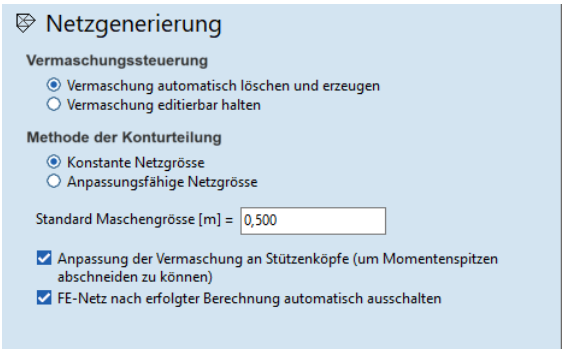
Geometriekontrolle vor der Berechnungs
Falls aktiviert wird vor jeder Berechnung automatisch eine Geometriekontrolle durchgeführt.
Siehe... *4.8.19 Geometrie kontrollieren*

Passt das Modell mit allen Achs-Rasterlinien in die Ansicht
Ist Haken gesetzt, wird für die Zoomfunktion „Alles zeichnen im Fenster" auch die Rasterlinien in betracht gezogen.

Ansicht bei UNDO-Operationen unverändert beibehalten.
Wenn aktiviert, bleibt die Modellansicht unverändert bei UNDO. Wenn nicht aktiviert, werden auch Zoom, drehen, schieben der Modellansicht rückgängig gemacht.

Elemente unter dem Cursor hervorheben
Elemente unter dem Mauszeiger werden hervorgehoben. Klicken Sie auf das Farbmuster, um die Hervorhebungsfarbe anzupassen.

3.3.11.8. Netzgenerierung



Vermaschung

Eine der beiden folgenden Vermaschungssteuerungmethoden kann gewählt werden:

Vermaschung automatisch löschen und erzeugen
Jedes geometrische Aendern eines Bereiches löscht automatisch dessen aktuelle Vermaschung. Beim Neustart einer Berechnung wird die Vermaschung automatisch, basierend auf den Vermaschungsparametern des Bereiches, neu regeneriert.

Vermaschung editierbar halten
Die Vermaschung kann manuell editiert werden.

Methode der Konturaufteilung

Konstante Netzgrösse
Die Vermaschung wird aufgrund der benutzerdefinierten mittleren Maschengrösse generiert, ohne die Geometrie des Bereiches zu berücksichtigen.

Anpassungsfähige Netzgrösse
Berücksichtigt die geometrischen Unstetigkeiten des Bereiches und generiert eine bessere Vermaschung, indem automatisch eine dichtere Vermaschung erfolgt, wo dies notwendig ist.

Default Maschengrösse

Der zuletzt zugewiesene Wert wird für den entsprechenden Bereich automatisch wieder vorgeschlagen, wenn er erneut vermascht werden soll.

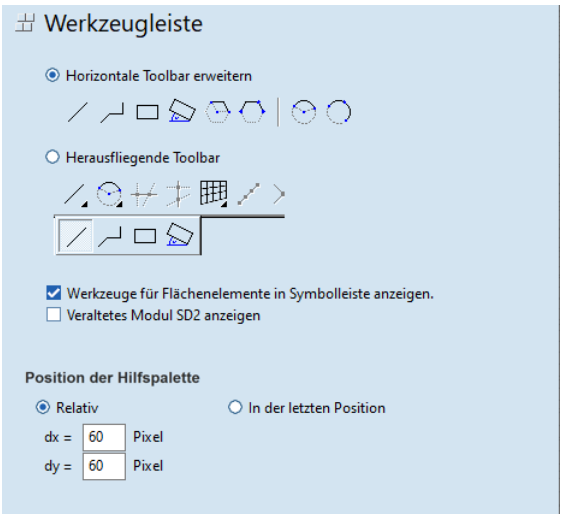
Anpassung der Vermaschung an Stützenköpfe

Das Ein- Ausschalten dieser Funktion setzt den Standardstatus der Netzgenerierungsparameter.
Siehe... *4.11.1.2 Netzgenerierung von Bereichen*

FE-Netz nach erfolgter Berechnung automatisch ausschalten

Das Anwählen sorgt dafür, dass das Netz nach einer Berechnung automatisch nicht sichtbar geschaltet wird.

3.3.11.9. Werkzeugleiste



Anzeige der Toolbars

Falls Horizontale Toolbar eweitern gewählt ist, erscheinen alle Icons in einer Reihe. Vertikal Trennungslinienen zwischen den verschiedenen Funktionsgruppen erleichtern die Uebersicht.
Falls Herausfliegende Toolbar gewählt ist, werden die verschiedenen Funktionsgruppen von jeweils einem Icon repräsentiert. Klickt man auf das kleine schwarze Dreieck unten rechts,werden die weiteren zu dieser Gruppe gehörenden Icons angezeigt.

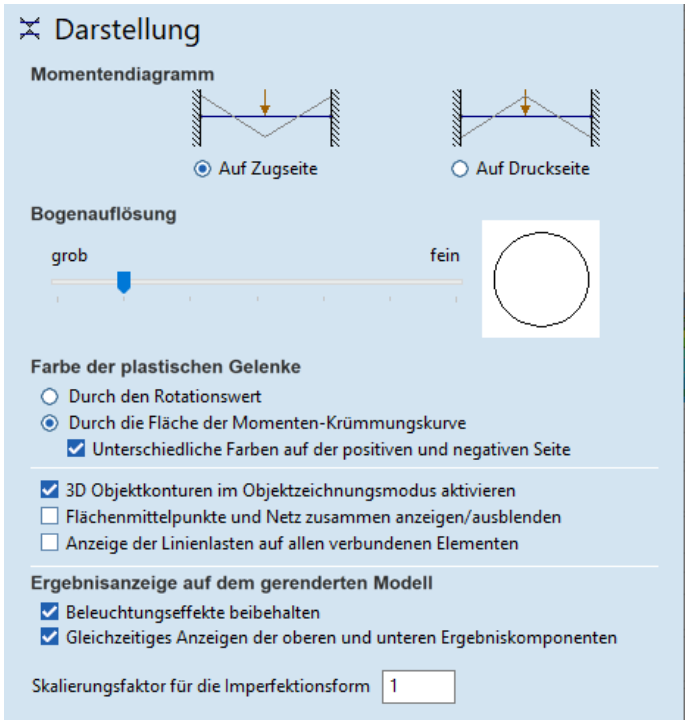
Die Verwendung von Bereichen und automatischen Netzen macht es unnötig, einzelne Flächenelemente zu erstellen und Lasten darauf zu platzieren. Aus Kompatibilitätsgründen werden die zugehörigen Funktionen nicht entfernt, aber verborgen gehalten. Ihre Sichtbarkeit wird durch die Option *Veraltete Werkzeuge für Flächenelemente in Symbolleiste anzeigen* gesteuert.

Das SC1-Modul wird für die Bemessung von geschraubten Stahlverbindungen empfohlen. Unabhängig von der Modulkonfiguration kann hier weiterhin das obsolete SD2-Modul aktiviert werden.

Position Hilfspalette

Die Position der Hilfspalette kann sein:
Relativ: In einem horizontal (dx) und vertikalen (dy) Abstand bezüglich der letzten Operation in pixel.
In der letzten Position

3.3.11.10. Darstellung



Momenten-diagramm

Wahl ob das Diagramm auf der Zug- oder Druckseite gezeichnet werden soll.

Bogenauflösung

Kreisbögen werden als Polygone dargestellt. Hier kann die Auflösung für die Feinheit der Anzeige definiert werden. Dieser Parameter hat nur Einfluss auf die Darstellung, nicht aber auf die Genauigkeit der Berechnung.

Farben plastische Gelenke

Diese Einstellungen bestimmen die Farbcodierung von plastischen Gelenken. Die erste Einstellung ist die Gelenke entsprechend Ihres Rotationswertes darzustellen. Die zweite Einstellung stellt die Fläche der Momentenkrümmungskurve farbig dar. Es können die Farben auf der positiven und negativen Seite unterschiedlich dargestellt werden.

Schalter

Aktivieren die 3D-Gittermodell-Ansicht beim Objekt zeichnen

Zeigt das 3D-Drahtmodell von Objekten beim Zeichnen (**siehe...** *4.9.4 Objekte direkt erstellen*), sogar dann wenn der gerenderter Modus für die aktive Ansicht nicht eingeschaltet ist.

Anzeigen/Ausblenden der Flächenmittelpunkte und Netz gleichzeitig

Wenn ausgewählt, dann werde beim Ein/Ausschalten des Netzes automatisch die Flächenmittelpunkte dargestellt.

Anzeige der Linienlasten auf allen verbundenen Elementen

Wenn eine Randlast dort angesetzt ist, wo sich eine Wand und zwei Platten treffen sich und Details eingeschaltet sind (**siehe...** *2.16.14 Detail*), wird die Last entsprechend dieser Einstellung angezeigt. Wenn diese Option eingeschaltet ist, wird die Last angezeigt, wenn ein aktives Detail irgendeins dieser drei Elemente enthält.

Wenn diese Option ausgeschaltet ist, wird die Last nur dann angezeigt, wenn ein aktives Detail die Elemente enthält, denen die Lasten ursprünglich zugewiesen waren. Dies ist nützlich, um das lokale System der Lastkomponenten zu überprüfen.

Ergebnisse auf gerendertem Modell darstellen

Wenn die Darstellungsoption *Volumenmodell* gewählt wird (*6.1 Statik*), wird die Oberfläche von gerenderten Elementen in einer Farbe dargestellt, welche dem lokalen Wert der aktuell gewählten Resultatkomponente entspricht.

Lichteffekte behalten

Bei Renderings, welche Schatten enthalten, kann die Farbe auf der Oberfläche dunkler oder heller erscheinen als erwartet. Um die exakt gleichen Farben wie in der Legende zu erhalten, sollten die Lichteffekte ausgeschaltet werden.

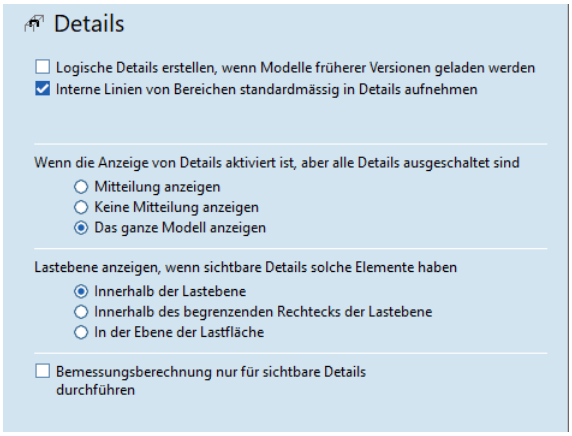
Obere und untere Ergebnisse gleichzeitig darstellen

Die Darstellungsoption *Volumenmodell* stellt Elemente mit ihrer physischen Dicke dar. So ist es bei Flächenelementen möglich, Ergebnisse auf der Oberseite und der Unterseite gleichzeitig darzustellen (bspw. Spannungen oder erforderliche Bewehrungsgehalte).

Skalierungsfaktor für die Imperfektionsform

In einem Lastfall, der eine globale Imperfektion oder eine aus einer Knickfigur berechneten Imperfektionsform darstellt, wird die vorverformte Struktur angezeigt. Hier kann die Skala zur Darstellung der Impefektionen eingestellt werden.

3.3.11.11. Details



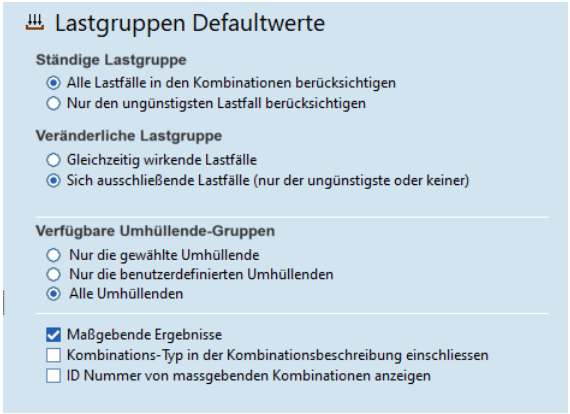
Logische Details erstellen wenn Modelle früherer Versionen geladen werden
Wird ein Modell einer früheren Version geöffnet, in der logische Details noch nicht unterstützt wurden, werden die Logischen Details automatisch erzeugt.

Interne Linien von Bereichen standardmässig in Details aufnehmen
Aktiviert werden interne Linien von Bereichen in den Details mit dargestellt.

Wenn die Anzeige von Details aktiviert ist aber alle Details ausgeschaltet sind, wird eine der nachfolgenden Aktionen durchführen (*Mitteilung anzeigen / Keine Mitteilung anzeigen / Das ganze Modell anzeigen).*

Lastebene anzeigen, wenn nur Details angezeigt werden kann hier kontrolliert werden

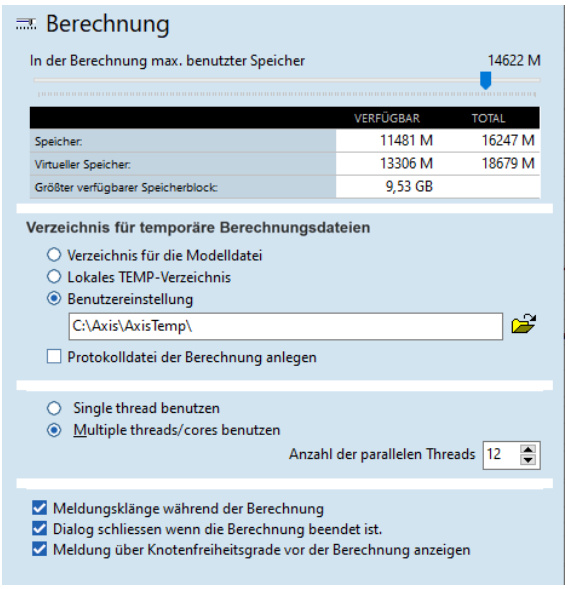
3.3.11.12. Lastgruppen



Hier werden die Standardwerte für die Lastgruppen definiert
Einstellungen für die Umhüllende und Kombination sind ebenfalls vorhanden.
Der Inhalt der Lastgruppen und Kombinationen in der Dropdown Liste (Ergebnis und Bewehrungsregister) kann hier beinflusst werden. AxisVM erlaubt verschiedene Gruppen von Umhüllenden zu erstellen (siehe Ergebnisdarstellung in *6.1 Statik*.

Wenn die erste Option ausgewählt ist, wird nur die selektierte Umhüllende aufgelistet. Wenn die zweite Option angewählt wird, wird nur die benutzerdefinierte Umhüllende angezeigt. Bei der dritten Option werden alle (standard und benutzerdefinierten) Umhüllenden aufgelistet.
Eine Beschreibung des Kombinations-Typs kann in der Kombinationsbeschreibung mit aufgenommen werden (ULS oder SLS).
Kritische Resultate: Auswählen, um das Auffinden kritischer Kombinationen aktivieren. Wenn nicht ausgewählt, sind nur Ergebnisse für Lastfälle / Kombinationen und deren Hüllkurven verfügbar.
Fügen Sie den Kombinationstyp in die Beschreibung der Kombinationen ein: Die Beschreibung der Kombinationen kann erweitert werden, um den Kombinationstyp (ULS- oder SLS-Typen) anzuzeigen.
ID-Nummer der kritischen Kombinationen anzeigen: Um den Vergleich kritischer Kombinationen zu erleichtern, kann die ID der kritischen Kombination als Präfix angezeigt werden.

3.3.11.13. Berechnung



Am Beginn einer Berechnung teilt AxisVM das Gleichungssystem in Blöcke auf, abhängig vom verfügbaren physischen (RAM) und virtuellen Speicher des Rechners. Dies beschleunigt die Berechnung, kann aber andere gleichzeitig laufende Programme erheblich verlangsamen. Die Größe des virtuellen Speichers, den AxisVM nutzen darf, kann hier eingestellt werden.

Erweiterten Arbeitsspeicher aktivieren (AWE)

Sind mehr als 4 GB Arbeitsspeicher verfügbar mit einem 32Bit Betriebssystem, ermöglicht es diese Option, mehr Speicher zur Berechnung zu erhalten. Wenn diese Option deaktiviert ist, bedeutet dies, dass die Speicherseiten nicht gesperrt sind. **Siehe...** *2.1 Systemanforderungen* für Einzelheiten

Ordner für temporäre Dateien während der Berechnung: Sie können den Ort der Speicherung von temporären Dateien während der Berechnung festlegen.
Wählen Sie eine der folgenden Optionen :

- *Ordner in welcher sich die Modell-Datei befindet*
- *Lokaler Temp Ordner*
- *Benutzerdefinierter Ordner*

Berechnungs-Protokolldatei anlegen
Wenn die option eingeschaltet ist, werden technische Details der Berechnung protokollier und in der Textdatei *modelname_log.txt.* gespeichert.

Benutzung eines einzelnen Threads / Benutzung mehrerer Threads

Verwendung mehrerer Threads lässt AxisVM eine Analyse mehrerer Threads durchführen. Zur Optimierung dieser Option sollten Sie einen Prozessor mit HT-Hyperthread- oder DualCore-Technologie verwenden**.**
Multi-Threading steigert die Berechnungsgeschwindigkeit. Eine Verbesserung ist von dem verfügbaren Speicherplatz und der Modellgrösse abhängig. Lineare Analysen werden 1,5 Mal schneller ausgeführt, während Vibrationsanalysen 4 Mal schneller verarbeitet werden können.
Einstellung für die Anzahl der parallelen Threads ermöglicht, die Software und die vorhandene Hardware anzupassen.

Meldungsklänge während Berechnung

Wenn diese Funktion aktiv ist, ertönt ein Signal am Ende der Berechnung oder im Falle einer Fehlermeldung. Eine Soundkarte und Lautsprecher sind dazu erforderlich.

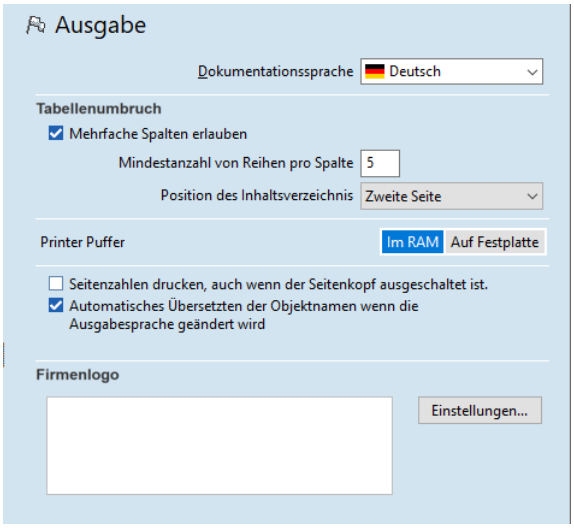
Dialog schliessen wenn die Berechnung beendet ist

Lassen Sie diese Option deaktiviert, um Berechnungsparameter, Größe der Gleichungen oder Laufzeit nach der Berechnung anzuzeigen.

Meldung über Knotenfreiheitsgrade vor der Berechnung anzeigen

AxisVM prüft vor der Berechnung, ob die Knotenfreiheitsgrade mit der Geometrie und den Lasten der Struktur übereinstimmen, und gibt bei Bedarf eine Nachricht aus mit der Option, die Freiheitsgrade zu ändern (**siehe**... *4.9.21 Freiheitsgrade*). Die Meldung zeigt auch das Kontrollkästchen *Diese Meldung für dieses Modell nicht anzeigen* an. Das Programm merkt sich die aktuellen Antworten und zeigt die Frage nicht erneut an. Wenn Sie möchten, dass die Meldung wieder angezeigt wird, können Sie sie hier aktivieren.
Wenn Sie die Meldung hier ausschalten, prüft und ändert das Programm ohne Vorankündigung die Freiheitsgrade und speichert die Änderung im Modell.

3.3.11.14. Ausgabe



Ausgabensprache

Die zur Auswahl stehenden Sprachen sind: Englisch, Deutsch, Französisch, Italienisch, Niederländisch, Ungarisch, Portugiesisch, Spanisch, Rumänisch, Serbisch und Russisch.

Tabellenumbruch

Falls *Mehrfache Spalten erlauben* aktiviert ist, werden Tabellen eng gedruckt um Platz zu sparen.
Die *Mindestanzahl von Reihen pro Spalte* kann hier festgelegt werden, um Spaltenumbrüche bei kurzen Tabellen zu vermeiden. Die Position des Inhaltsverzeichnisses in Berichten kann von einer Liste ausgewählt werden *(Titelseite, zweite Seite, dritte Seite)*.

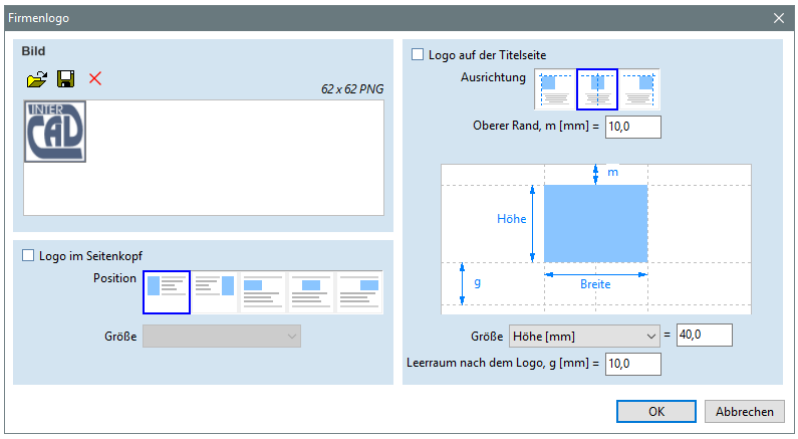
Printer Puffer

Wenn eine Ausgabe sehr viele Bilder enthält, verbraucht die Ausgabe im Arbeitsspeicher so viel Systemressourcen, die ein Druckproblem verursachen können. In diesem Fall sollten Sie den Printerpuffer auf die Option *Auf Festplatte* setzen.

Drucke Seitenzahlen obwohl Seitenkopf ausgeschaltet ist
Mit dieser Option werden Seitenzahlen gedruckt, obwohl das Drucken des Seitenkopfes ausgeschaltet ist.

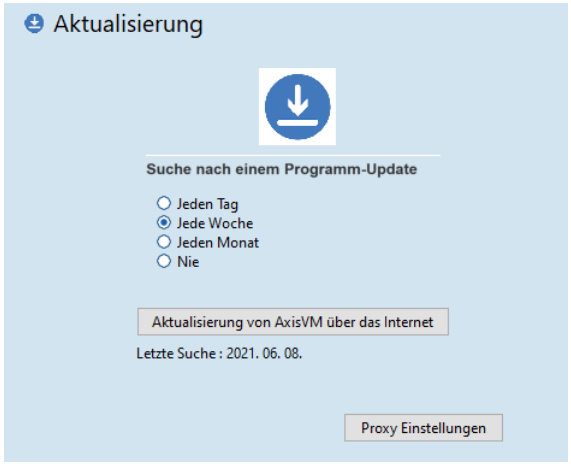
Übersetze automatisch die Namen der Objekte, wenn die Ausgabesprache geändert wird.
Wenn diese Option eingeschaltet ist, werden die von AxisVM generierten Namen der Zeichnungsbibliothek und Ausgabeelemente automatisch übersetzt.

Firmenlogo



Ein eigenes Firmenlogo kann eingelesen, gespeichert, gelöscht werden. Das Bild erscheint dann in der Kopfzeile von gedruckten Zeichnungen, Tabellen, der Ausgabe und auf dem Titelblatt (entsprechend der Einstellungen für die Position, der Größe und der Ränder. Die Einstellungen haben keinen Einfluss auf den RTF Export, da dieser auf einer RTF Vorlage basiert. **Siehe...** *2.10.2 Ausgabe*

3.3.11.15. Aktualisierung

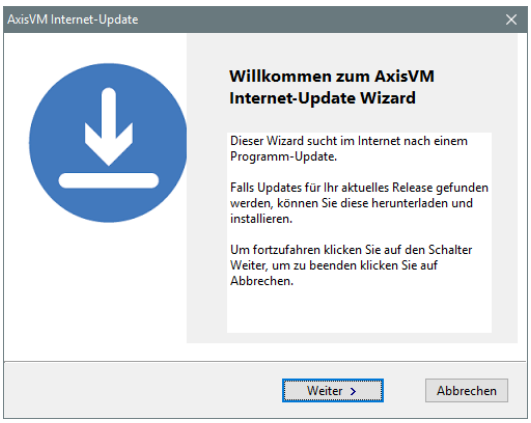


Nach Updates suchen

AxisVM überprüft regelmässig, ob eine Programmaktualisierung im Web verfügbar ist. Die Häufigkeit der Aktualisierungsüberprüfungen kann gesteuert werden. Wenn *Nie* gewählt wird, kann ein Aktualisierungsprozess gestartet werden, indem man *Aktualisierung AxisVM über das Internet* anklickt. Das Datum der letzten Suche wird angezeigt. Wenn der Internetanschluss über einen Proxy-Server läuft, müssen die Proxy Einstellungen festgelegt werden, indem man auf die entsprechende Schaltfläche klickt.

Aktualisierung von AxisVM über das Internet

Klicken Sie auf diese Schaltfläche, um zum AxisVM Internet-Update Wizard zu gelangen, der Sie durch den Downloadvorgang führt. Wenn der Download abgeschlossen ist und die Option *Programm aktualisieren* auf der letzten Seite aktiviert ist, wird das Programm beendet und die Installation der neuen Version gestartet.

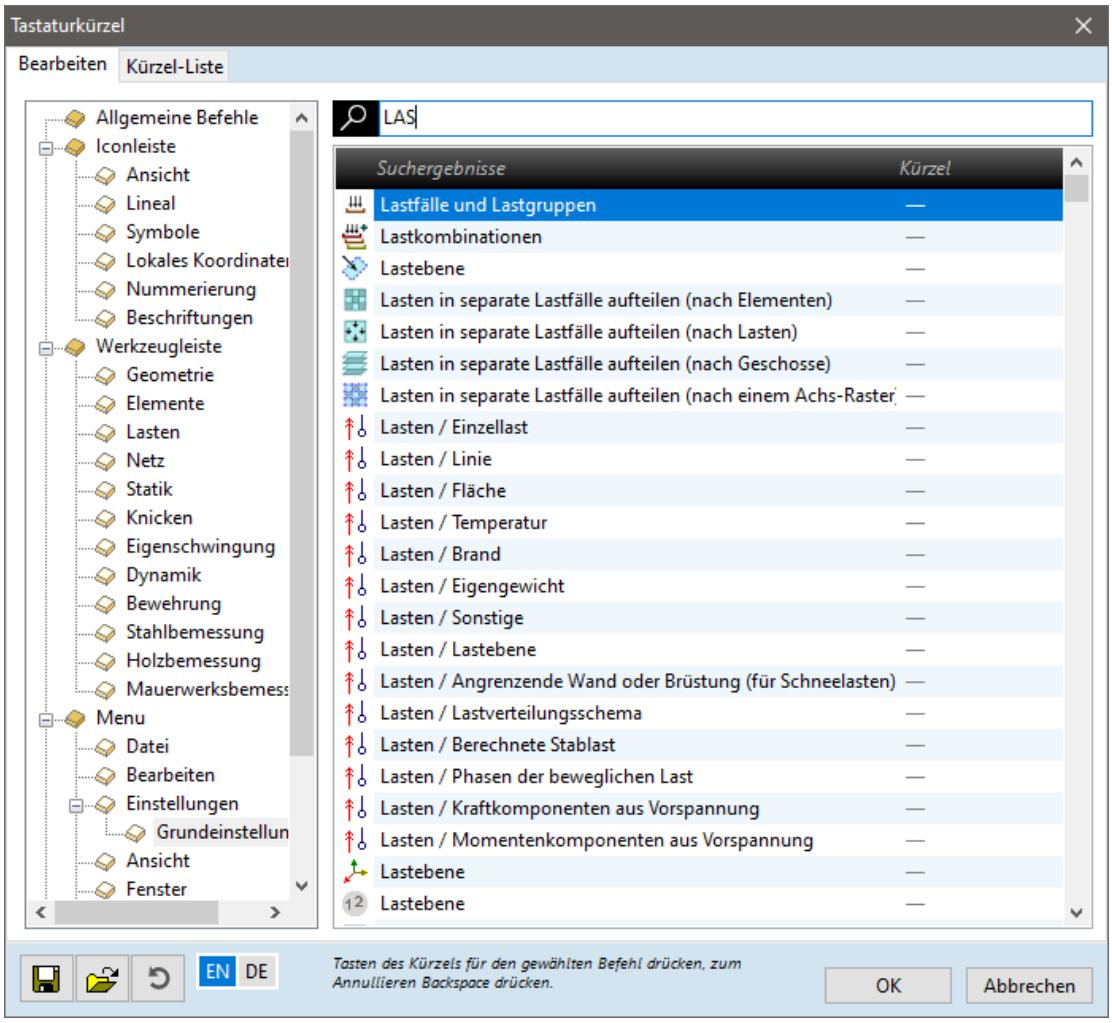


Proxy Einstellungen: Wenn das Netzwerk mit einem Proxy läuft, dann können hier alle nötigen Einstellungen vorgenommen werden (Name, Port, User, Passwort).

3.3.12. Tastaturkürzel

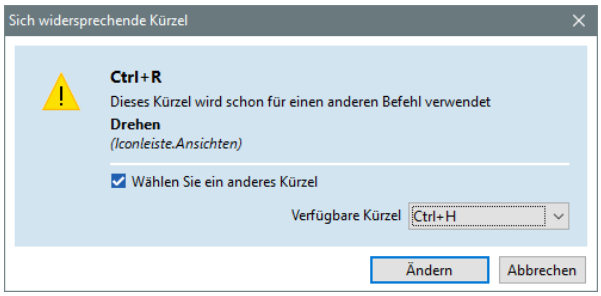
Tastaturkürzel können individuell angepasst werden.

Bearbeitung



Das Verzeichnis auf der linken Seite zeigt die verfügbaren Befehlskategorien. Auf der rechten Seite einen Befehl auswählen um ein Tastaturkürzel einzustellen.

Ist ein Kürzel schon in Verwendung, erscheint ein Warnhinweis.



Die Nachricht zeigt das in Konflikt stehende Tastaturkürzel.

Wenn *Einen anderes Tastaturkürzel wählen* erscheint, kann das Tastaturkürzel aus einer Liste von verfügbaren (unbenutzen) Kürzeln ausgewählt werden.

Wird die Option nicht angewählt, kann mit *Ändern* die vorherige Zuordung gelöscht und der neue Befehl zugeordnet werden.

☞ ***Dieselben Tastaturkürzel können gleichzeitig verschiedenen Werkzeugleistenknöpfen zugewiesen werden.***



Speichert die aktuellen Tastaturbefehle in eine *.axsc Datei.



Lädt die vorher gespeicherten Tastaturbefehle von einer *.axsc Datei

Standardmässig werden die Tastaturbefehle im Ordner

`C:\Users\UserName\AppData\Roaming\AxisVM\14\Shortcuts`

gespeichert. Die Standard-Tastaturbefehle können im Ordner `AxisVMX4Default.axsc` geladen werden.

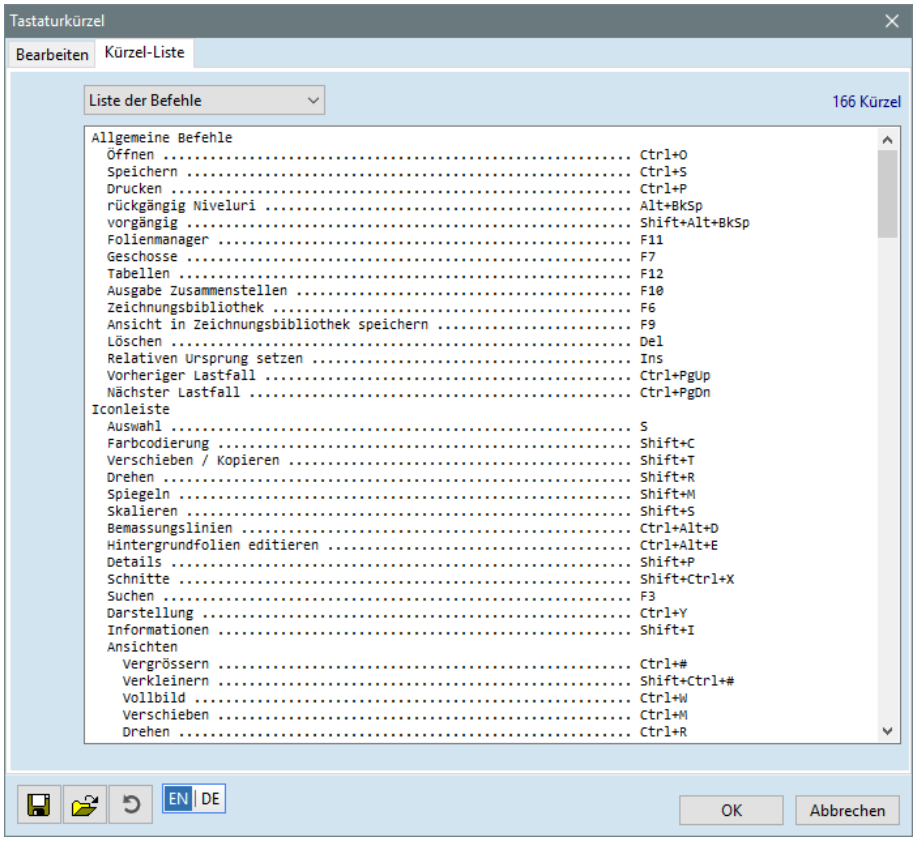


Tastaturbefehle werden in die Standardeinstellung zurückgestellt.



Wechseln zwischen Englischen und Deutschen Tastaturbefehlen in der Liste.

Kürzel-liste



Die Kürzelliste listet alle verfügbaren Tastaturbefehle als Kürzelliste oder als Befehlsliste auf. Für die vollständige Liste der Standardbefehle **siehe...** *2.6 Tastaturkürzel.*

3.3.13. Sprache



Das Einstellen der Sprache ist Teil des Basispakets von AxisVM.
Sprache legt die Sprache der Benutzeroberfläche fest.
Benutzerdefinierte Breiten von Combobox- und Bearbeitungsfeld auf den Nachbearbeitungs-registerkarten werden auf den Standard zurückgesetzt.

3.3.14. Dokumentationssprache

Das Einstellen der Dokumentensprache ist Teil des Basispakets von AxisVM.
Dokumentationssprache legt die Sprache der im Ausdruck fest.

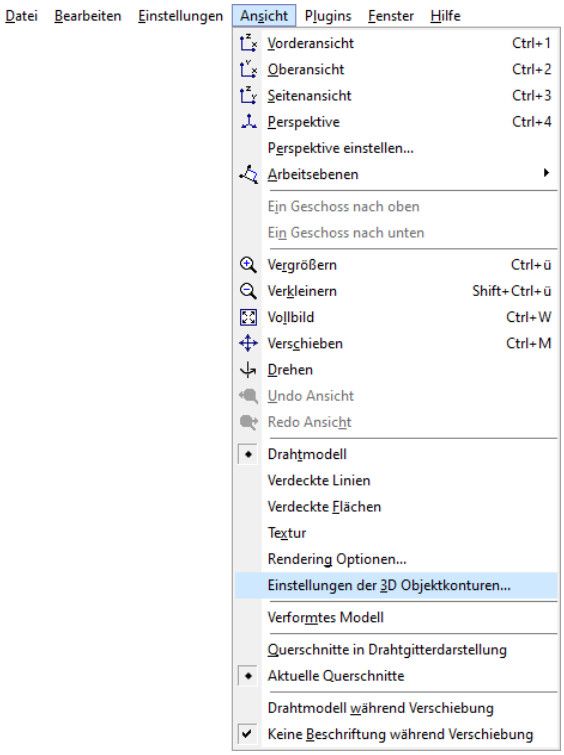
3.3.15. Werkzeugleisten in Standardposition Setzen

Alle benutzerplatzierten Iconleisten werden an Ihre Standardposition (wie nach einer Neuinstallation) zurückgesetzt. **Siehe...** *6.1 Statik*

3.3.16. Dialogfenster in Standardposition

AxisVM merkt sich die letzte Position von Dialogen. Wenn Probleme mit der Darstellung von Dialogen auftreten, kann das Wiederherstellen der Standardposition helfen.

3.4. Ansichten



Vorderansicht



[Ctrl]+ [1]

Siehe... *2.16.3 Ansichten*

Draufsicht



[Ctrl]+ [2]

Siehe... *2.16.3 Ansichten*

Seitenansicht



[Ctrl]+ [3]

Siehe... *2.16.3 Ansichten*

Perspektive



[Ctrl]+[4]

Siehe... *2.16.3 Ansichten*

Einstellung der Perspektive

Siehe... *2.16.3 Ansichten*

Arbeitsebenen



Siehe ausführlich... *2.16.7 Arbeitsebenen*

Ein Geschoss hoch / Ein Geschoss runter

Ist die Geschossdargestellung aktiv, ist das der schnellste Weg, um die Geschosse zu wechseln.

Vergrössern



[Ctrl]+ [/], [+]

Siehe ausführlich... *2.16.2 Vergrößern, Verkleinern*

Verkleinern



[Ctrl]+[Shift]+[/], [-]

Siehe ausführlich... *2.16.2 Vergrößern, Verkleinern*

Vollbild



[Ctrl]+ [W]

Siehe ausführlich... *2.16.2 Vergrößern, Verkleinern*

Verschieben



Siehe ausführlich... *2.16.2 Vergrößern, Verkleinern*

Drehen



Siehe ausführlich... *2.16.2 Vergrößern, Verkleinern*

Ansicht Undo



Siehe ausführlich... *2.16.2 Vergrößern, Verkleinern*

Ansicht Redo



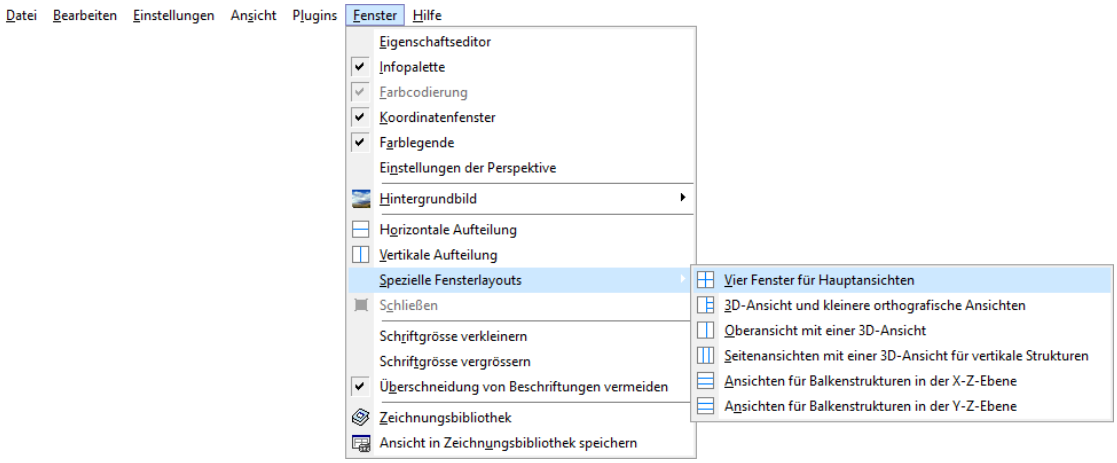
Siehe ausführlich... *2.16.2 Vergrößern, Verkleinern*

Gitternetz	**Siehe ausführlich...** *2.16.4 Darstellungen*
Verdeckte Linien	**Siehe ausführlich...** *2.16.4 Darstellungen*
Verdeckte Flächen	**Siehe ausführlich...** *2.16.4 Darstellungen*
Textur	**Siehe ausführlich...** *2.16.4 Darstellungen*
Querschnitte in Drahtgitterdarstellung	Im gerenderten Modus werden dünnwandige Querschnitte nur mit ihren Mittelebenen dargestellt.
Aktuelle Querschnitte	Im gerenderten Modus werden dünnwandige Querschnitte fotorealistisch mit ihrer effektiven Form dargestellt
Drahtmodell während Änderung	Wenn aktiv so wird während eine Änderung nur das Drahtmodell angezeigt. Ist die Änderung abschlossen wird die Darstellung automatisch umgestellt.
Rendering-Optionen...	**Siehe ausführlich...** *2.16.4 Darstellungen*
3D Objektkonturein-stellungen...	**Siehe ausführlich...** *2.16.4 Darstellungen*
Nicht sichtbare Teile grau darstellen	**Siehe...** *2.16.4 Darstellungen*
Verformtes Modell	Wie bei der Einstellung *unverformt* oder *verformt* im Dialog *Darstellungsparameter*. **Siehe...** *6.1 Statik*
Keine Folien während der Auswahl	Falls diese Option aktiviert ist, werden Beschriftungen beim Drehen oder Verschieben des Modells nicht angezeigt.

3.5. Plugins

Wenn Anwendungen von Drittanbietern im Ordner Plugins installiert sind, erscheinen sie im Menü Plugins. Im AddOns-Ordner installierte Add-ons erscheinen nicht als Menüpunkte, sondern erstellen zusätzliche Schaltflächen in der Symbolleiste.

3.6. Fenster



3.6.1. Eigenschaftseditor

Der Eigenschaftseditor ist die schnellste Methode, um Eigenschaften von ausgewählten Knoten, Elementen oder Lasten zu ändern. Alle Aenderungen werden unmittelbar ausgeführt und grafisch angezeigt. Falls die aktuelle Auswahl verschiedene Elementtypen enthält sind nur diejenigen Eigenschaften änderbar, welche in allen Elementen vorkommen.
In gewissen Feldern können Werte auch durch mathematische Ausdrücke definiert werden.

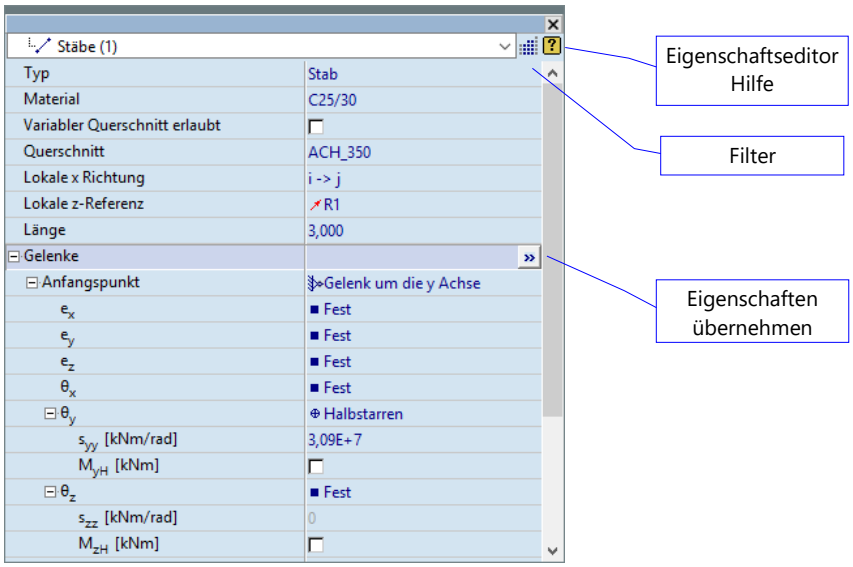
Folgende Operatoren und Funktionen sind verfügbar:

(,), SIN, COS, TAN, EXP, LN, LOG10, LOG2, SINH, COSH, TANH, ARCSIN, ARCCOS, ARCTAN, ARCSINH, ARCCOSH, ARCTANH, INT, ROUND, FRAC, SQR, SQRT, ABS, SGN.
Einige schnelle Operators:

++8 addiert 8 zum aktuellen Wert
- - 8 subtrahiert 8 vom aktuellen Wert

In solchen Ausdrücken ersetzt # den aktuellen Wert (z. Bsp. *#/3* dividiert den aktuellen Wert durch 3). Der ?-Knopf zeigt Hilfeinformationen. Bei gewissen Last-Typen beziehen sich die Variablen auf verschiedene Lastkomponenten. Bei Knoten- oder Punktlasten beziehen sich die die Variablen *Fx, Fy, Fz, Mx, My, Mz* auf Last- und Momentenkomponenten. Bei verteilten Stablasten beziehen sich *px1, py1, pz1, m1, px2, py2, pz2, pz2, m2* auf Lastkomponenten. Variablennamen sind neutral bezüglich Gross- oder Kleinschreibung.
***Beispiel**:* Falls Sie selektierte verteilte Windlasten mit unterschiedlichen X-Komponenten in entsprechende Y-Komponenten umwandeln möchten , geben Sie den Variablennamen *px1* ins Feld *py1* ein und den Variablennamen *px2* ins Feld *py2* ein.Geben Sie dann noch den Wert Null in die Felder *px1* und *px2* ein.

Eigenschaften werden in einer baumartigen Struktur dargestellt. Durch Klicken eines [+] oder [–] Symbols dem Eigenschaftsnamen werden Listen von weiteren Untereigenschaften ein- oder ausgeschalten.
Falls der (...) Knopf erscheint, kann die entsprechende Eigenschaft mittels eines separaten zusätzlichen Dialogs geändert werden.



>> Falls der (>>) Knopf erscheint, kann durch Anklicken eines schon vorhandenen Elementes dessen Eigenschaft übernommen werden.

Der Eigenschaftseditor kann eingesetzt werden um Daten zu ändern aber auch um Elemente zu selektieren und Elemente mit gleichen Eigenschaften zu filtern.

Eigenschaftsfilter Durch Selektieren einer Eigenschaft und Klicken des Filter-Knopfes können alle Element mit der gleichen Eigenschaft selektiert werden.

Beispiel: Austauschen eines vorhandenen Querschnittes überall im Modell. Selektieren der Querschnittseigenschaft eines Stabelementes und Klicken des Filter-Knopfes selektiert alle Stäbe mit diesem Querschnitt. Eine Änderung des Querschnittes wird dann auf alle selektierten Stäbe angewandt.

Lastkomponenten können auf eine ähnliche Art gefiltert werden. Wählen Sie eine Last, wählen Sie anschliessend eine Lastkomponente im Eigenschafteditor und klicken Sie anschliessend auf die Schaltfläche *Filter*. Auf diese Art ist es möglich, sämtliche Lasten mit derselben Komponente zu auszuwählen.

3.6.2. Infopalette / Koordinatenpalette / Farbskalapalette

Ein-/Ausschaltung der Darstellung von Info-, Farbcodierung, Koordinaten-, Farbskalapalette.

Siehe ausführlich... *2.18 Schnellschalter, 2.19 Informationspalette*

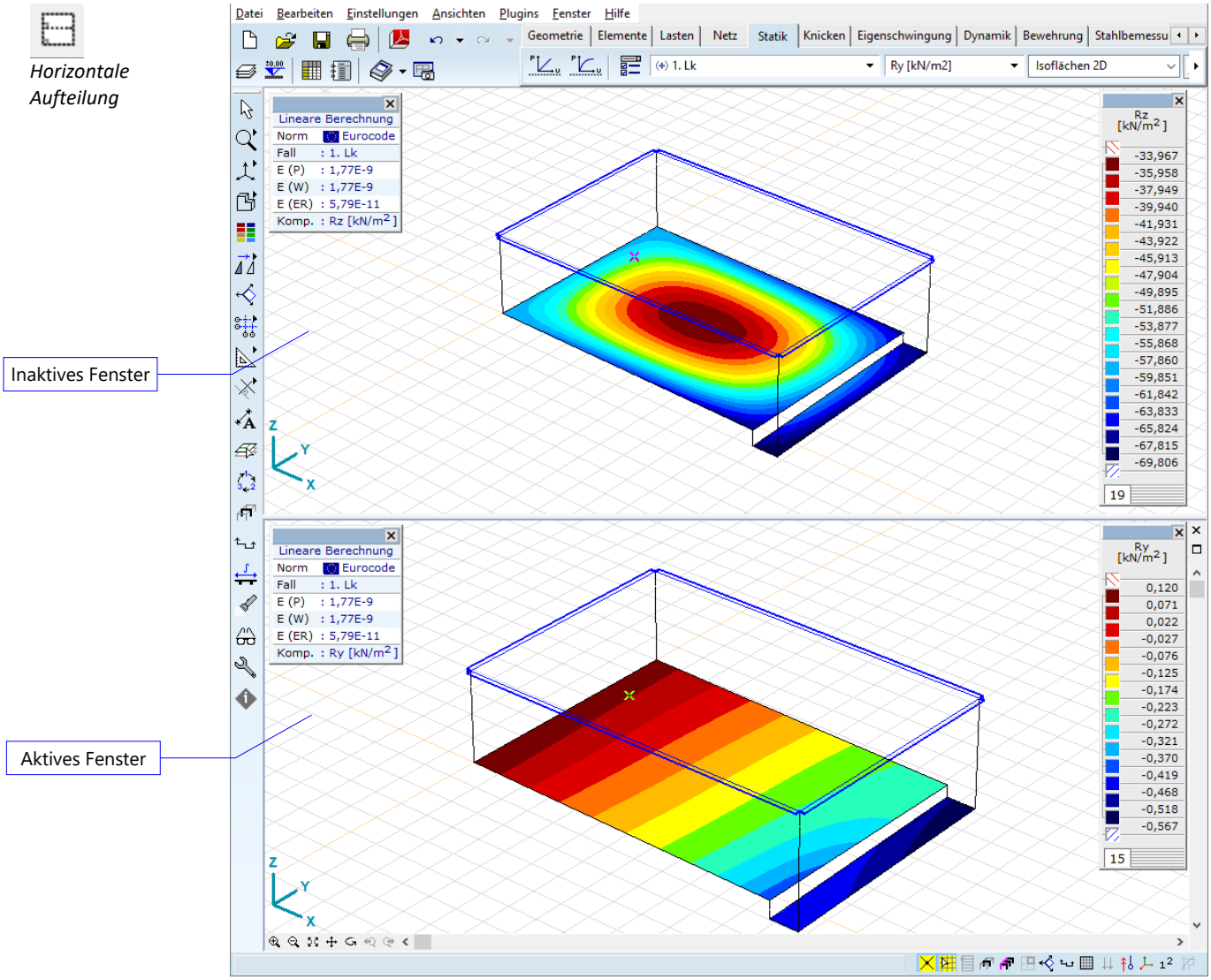
3.6.3. Hintergrundbild

Das Untermenü offeriert diverse Optionen. Ein automtisch eingepasstes Hintergrundbild kann in das Hauptfenster geladen werden um das AxisVM-Modell in seiner zukünftigen Umgebung darstellen zu können.
Das *Hintergrunbild laden...* Untermenü oder **[Ctrl]+[B]** öffnet einen Datei-Explorer Dialog.
Letzte Hintergrundbilder listet die zuletzt benutzten Hintergrundbilder zur Auswahl aus. In der Mehrfenstertechnik kann jedem Fenster ein eigenes Hintergrundbild zugewiesen werden.
Das Hintergrundbild im aktiven Fenster kann ein-oder ausgeschalten werden über das *Fenster-Menü* oder durch **[Ctrl]+Alt+[B].** *Hintergrundbild speichern* speichert das Bild des aktiven Fensters in eine Datei.

Falls die Proportionen des Bildes von denen des Bildschirms abweichen kann durch *Hintergrundbild schieben* das Bild an einen beliebigen Ort verschoben werden. *Hintergrundbild löschen entfernt das Bild im aktiven Fenster.* Hintergrundbilder werden in der AxisVM-Modelldatei (.axs) gespeichert.

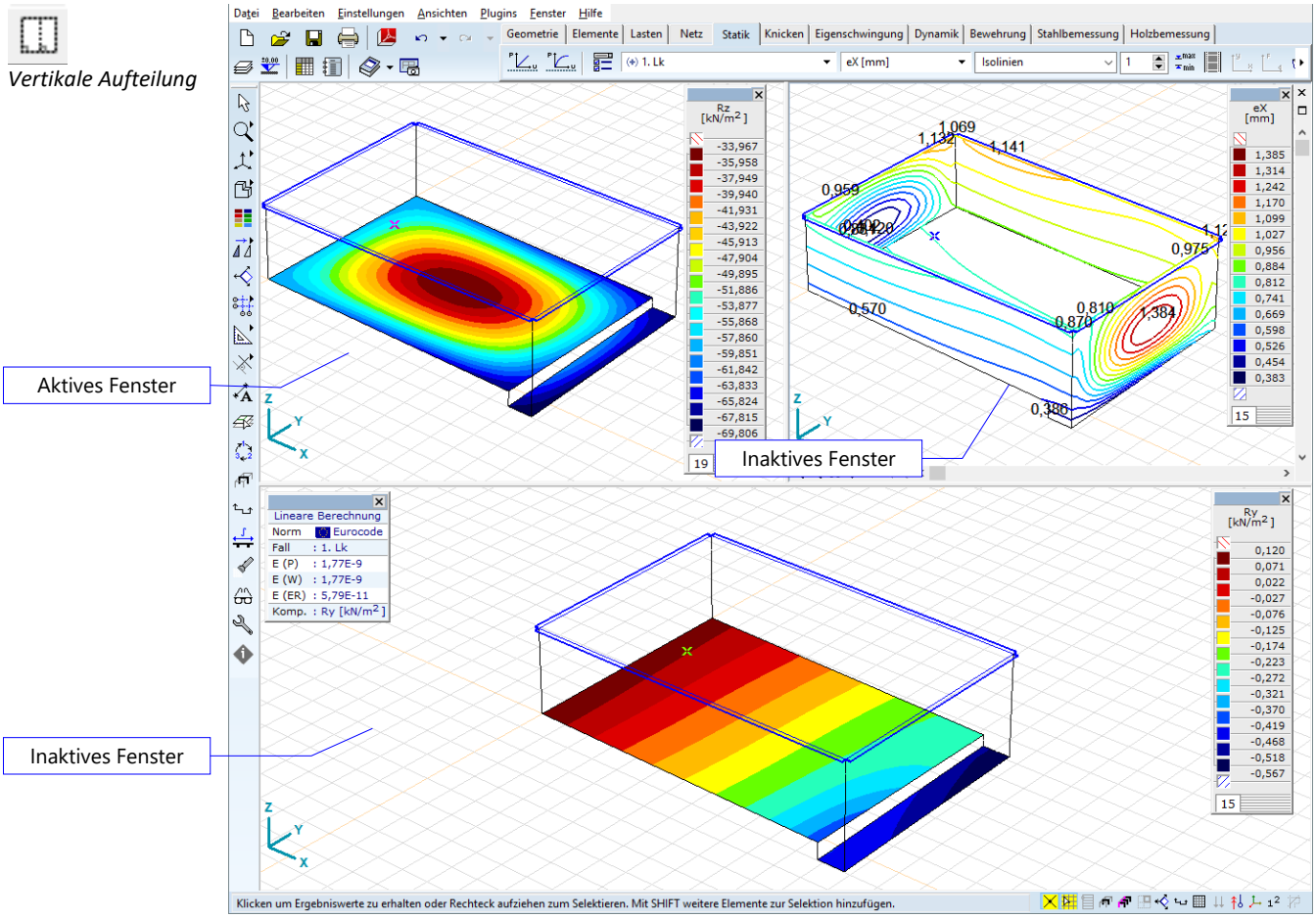
Nach dem Laden eines Hintergrundbildes kann das Modell mit beliebigen Funktionen (drehen, verschieben etc.) in beliebiger Perspektive an die gewünschte Stelle positioniert werden.

3.6.4. Horizontale Aufteilung



Teilt das aktive Fenster horizontal auf.
In den somit entstandenen zwei Fenstern sind die Darstellungsparameter einzeln einzustellen.
In ein Fenster klicken um es zu aktivieren. Dies ist sehr vorteilhaft beim Konstruieren der Geometrie, bei der Auswertung der Ergebnisse und beim Dokumentieren. Für jedes Fenster können verschiedene Lastfälle oder Kombinationen selektiert werden.
Das aktive Fenster kann mit dem Symbol in der rechten Ecke auf Vollbild vergrößert werden oder auf die ursprüngliche Größe verkleinert werden.

3.6.5. Vertikale Aufteilung



Teilt das aktive Fenster vertikal auf. In den somit entstandenen zwei Fenstern sind die Darstellungsparameter einzeln einzustellen. In ein Fenster klicken um es zu aktivieren. Dies ist sehr vorteilhaft beim Konstruieren der Geometrie, bei der Auswertung der Ergebnisse und beim Dokumentieren. Für jedes Fenster können verschiedene Lastfälle oder Kombinationen selektiert werden. Das aktive Fenster kann mit dem Symbol in der rechten Ecke auf Vollbild vergrößert werden oder auf die ursprüngliche Größe verkleinert werden.

3.6.6. Weitere Aufteilungen

Dieses Submenu bietet weitere Möglichkeiten, wie das Fenster aufgeteilt werden kann.

Aufteilung in vier Fenster

In vier, gleich grossen Teilfenstern ist die Frontansicht (X-Z), die Seitenansicht (Y-Z), die Ansicht von oben (X-Y) und die Ansicht aus er Perspektive zu sehen (von links nach rechts und von oben nach unten). So kann sich ein Überblick über das gesamte Modell verschafft werden.

3D-Ansicht und kleinere orthografische Ansichten

Im grösseren Teilfenster auf der linken Seite ist eine perspektifische Ansicht zu sehen. In den kleineren Teilfenstern auf der rechten Seite ist die Ansicht von oben (X-Y), die Frontansicht (X-Z) und die Seitenansicht (Y-Z) (von unten nach oben) zu sehen. So kann sich ein Überblick über das gesamte Modell verschafft werden.

Ansicht von oben mit 3D-Ansicht

Im grösseren Teilfenster auf der linken Seite ist die Ansicht von oben zu sehen (X-Y). Im Teilfenster auf der rechten Seite ist die perspektifische Ansicht zu sehen.

Seitenansichten und 3D-Ansicht für vertikale Strukture
In drei Teilfenstern gleicher Grösse mit einer vetikalen Unterteilung ist die Frontansicht (X-Z), die Seitenansicht (Y-Z) und die perspektifische Ansicht zu sehen.

Ansicht für Balkenstrukturen in der X-Z-Ebene
In drei Teilfenstern gleicher Grösse mit einer horizontalen Unterteilung ist die Frontansicht (X-Z), die Seitenansicht (Y-Z) und die perspektifische Ansicht zu sehen.

Ansicht für Balkenstrukturen in der Y-Z-Ebene
In drei Teilfenstern gleicher Grösse mit einer horizontalen Unterteilung ist die Seitenansicht (Y-Z), die Ansicht von oben (X-Y) und die perspektifische Ansicht zu sehen.

3.6.7. Schliessen

Schliesst das aktive Fenster.

3.6.8. Beschriftungsgrösse ändern

Vergrössern/ Verkleinern der Beschriftung

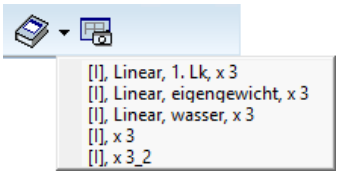
Mit diesen beiden Menüpunkten kann die Schriftgrösse verändert werden.

3.6.9. Überschneidung von Beschriftungen vermeiden

Bei Aktivierung verhindert das Programm Überschneidungen von Beschriftungen, indem weniger wichtige Beschriftungen verschoben oder versteckt werden. Im zweiten Fall kommen bem Einzoomen immer mehr Beschriftungen zum Vorschein. Bei grosser Anzahl Beschriftungen nimmt diese Option ev. viel Zeit in Anspruch.
Diese Einstellung kann auch unter Optionen/Darstellung bearbeitet werden.
Siehe... *2.16.18 Darstellung*

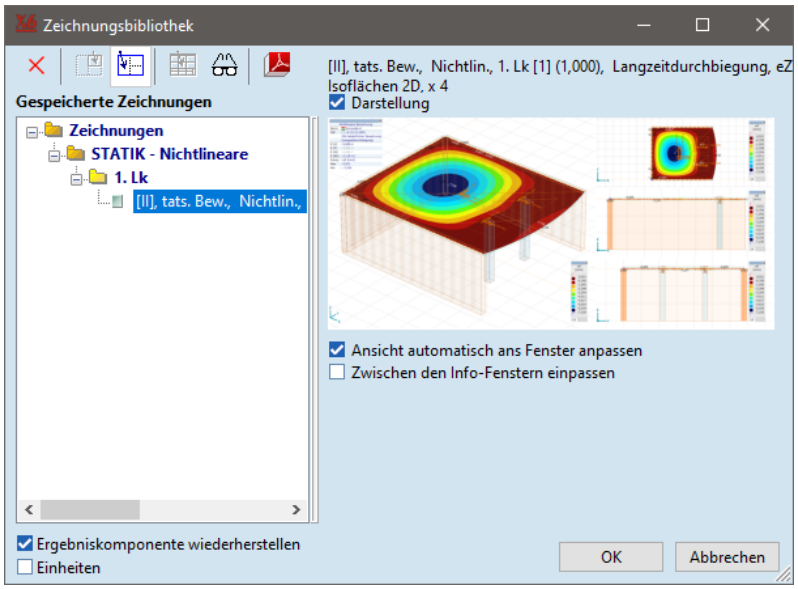
3.6.10. Zeichnungsbibliothek

Die Zeichnungsbibliothek enthält die vom Programm gespeicherten Zeichnungen. Zeichnungen sind nicht etwa gespeicherte Bilder, sondern Instruktionen, wie eine solche Zeichnung jederzeit vom Programm mit allen ursprünglichen grafischen Informationen neu rekonstruiert werden kann. Zeichnungen können jederzeit neu mit aktualisiertem Inhalt geladen werden. Zeichnungen, welche in einem Ausgabereport integriert sind, werden nach einer Änderung des Modells und nach dessen Neuberechnung wie Tabellen automatisch aktualisiert!
Die Zeichnungsbibliothek kann Verdrängung, Kraft, Stressdiagramme von Linienelementen, Diagramme für Stahl- und Verschraubungsgelenkdesigns, Stanzanalysen, Prüfungen für verstärkte Betonsäulen und Balkendesign assoziativ ausführen.



Nach Klicken des Pfeils neben dem Icon kann eine gespeicherte Zeichnung aus der erscheinenden Liste gewählt und mit aktualisierten Parametern angezeigt werden.

Nach dem Klicken des Zeichnungsbibliothek-Icons erscheint folgender Dialog.



Dieser Dialog erlaubt die Uebersicht, Unterhalt und Neuladen von gespeicherten Zeichnungen.



Löscht eine Zeichnung aus der Zeichnungsbibliothek.



Lädt eine gewählte Zeichnung in das aktive Fenster.
(nur im Mehrfenster-Modus verfügbar)



Lädt eine gewählte Zeichnung in das aktive Fenster.



*Zeigt einen Diagramm-Dialog an Dieser Knopf ist verfügbar wenn ein Stab-Resultat oder ein Bemessungsdiagramm ausgewählt ist. (**siehe...** 6.1.9 Stab/Fachwerkstab - Schnittkräfte oder 6.6.1 Stahlbemessung nach Eurocode 3 – SD1 Modul z.B.). Er lässt den Anwender im entsprechenden Dialogfenster Änderungen machen. Nach dem Schliessen des Dialogs kann die Zeichnung aktualisiert werden oder das geänderte Diagramm kann als neues Element in der Bibliothek gespeichert werden.*



Grafische Symbole
Die Darstellung von grafischen Symbolen kann in dem Fenster angepasst werden. Die einzelnen Optionen können zum Aktivieren angeklickt werden. Der Ein gemischte Status an- und ausgeschaltete Symbole, wird gegraut dargestellt.



Exportiert Elemente der Zeichnungsbibliothek als 3D PDF Datei.
Siehe... 3.6.10.1 Export von Zeichnungen als 3D PDF Datei – PDF Modul

Ergebniskomponente wiederherstellen
Falls diese Option aktiviert ist werden nach Laden einer früher gespeicherten Zeichnung die in in der Zeichnung dargestellten Resultate automatisch aktualisiert.
Falls diese Option nicht aktiviert ist werden nach Laden einer früher gespeicherten Zeichnung die in in der Zeichnung dargestellten Resultate NICHT aktualisiert.

Ansicht automatisch im Fenster anpassen
Aktiviert passt sich das Fenster automatisch an die Modellgrenzen an.

Zwischen Infofenstern einpassen
Passt das Fenster mit dem Modell zwischen die Infofenster.

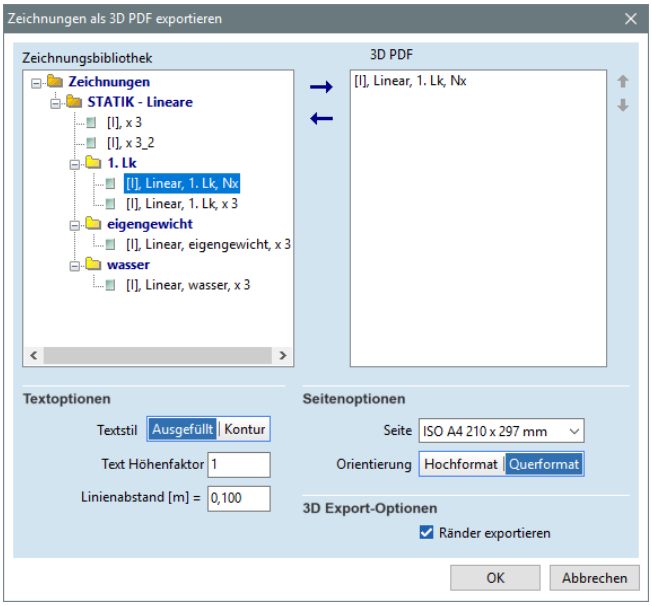
OK Speichert die Aenderungen und lädt die ausgewählte Zeichnung.

Abbrechen Aenderungen werden nicht gespeichert.

3.6.10.1. Export von Zeichnungen als 3D PDF Datei – PDF Modul



Elemente der Zeichnungsbibliothek können als mehrseitige 3D PDF Dateien exportiert werden. Um die interaktiven 3D-Bilder zu betrachten muss der Adobe Acrobat Reader (Version 8.1 oder neuer) benutzt werden.
Elemente der Bibliothek in der linken Baum-Ansicht können mit dem Pfeil nach rechts in die 3D PDF Liste eingetragen werden. Mit dem Pfeil nach links können Elemente aus der Liste entfernt werden. Jedes Element wird auf einer separaten Seite des PDFs ind Reihenfolge der Liste gerendert. Elemente in der Liste können mit Pfeil auf und ab sortiert werden. Es können sowohl 2D und 3D Ansichten exportiert werden. 2D Zeichnunge erscheinen als normale Bilder, 3D Ansichten können mit Acrobat Reader gezoomt und rotiert werden.



Textoptionen Textgröße und Erscheinungsbild können eingestellt werden

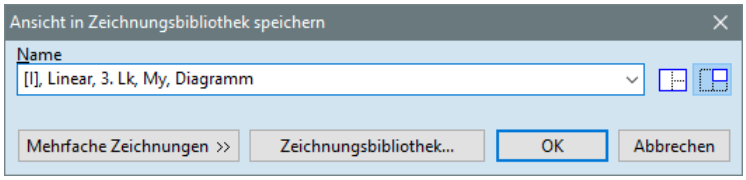
Seitenoptionen Größe und Ausrichtung der PDF Dokumentseiten können eingestellt werden

3D Export-Optionen Schalter, ob Ränder mit exportiert werden sollen.

3.6.11. Ansicht in Zeichnungsbibliothek speichern



Ansicht in der Zeichnungsbibliothek speichern



Durch Klicken dieses Knopfes können eine oder mehrere Zeichnungen gespeichert werden.
Der *Mehrfache Zeichnungen* Knopf öffnet zusätzliche Optionen. Lastfälle, Lastkombinationen (und Resultatkomponenten, sofern momentan Resultate angezeigt werden) können ausgewählt werden. AxisVM kreiert alle Kombinationen (z. Bsp. alle ausgewählten Resultatkomponenten in allen ausgewählten Lastfällen) und speichert diese in der Zeichnungsbibliothek mit allen aktuellen Ansichtsparametern.
Wenn mehrere Modellansichten durch aufteilen des Fensters erstellt worden sind, stehen zwei Optionen zur verfügung:



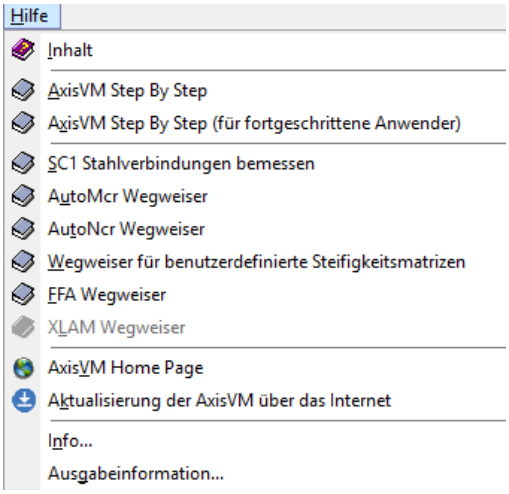
Speichert die gesamte Ansicht mit allen Fenstern.



Speichert nur die Zeichnung des aktiven Fensters.

Wenn Sie auf die Schaltfläche *Zeichnungsbibliothek* klicken, öffnet sich der Dialog der Zeichnungsbibliothek.

3.7. Hilfe



Das Hilfesystem fasst die Informationen zur Benutzung des Programms zusammen. Im Programm wurde auch eine kontext-sensitive Hilfe eingebaut. Wenn Sie die **[F1]-**Taste drücken, wird sofort die entsprechende Hilfeseite angezeigt.

3.7.1. Inhalt



[F1]

Öffnet das aktuelle Benutzerhandbuch im PDF-Format. AxisVM X4 führt kontextbasierte Hilfe wieder ein: Wenn sie bei geöffneten Dialogfenstern F1 drücken, wird der entsprechende Abschnitt des Benutzerhandbuches geöffnet.

3.7.2. Wegweiser



Wegweiser bieten Einblick in einige der in AxisVM verwendeten Bemessungsmethoden. *SC1 Steel Connection Design* erklärt, wie das **SC1**-Modul verwendet werden sollte. Der *AutoMcr Wegweiser* fasst die Berechnungsmethode für den Widerstand gegen Biegedrillknicken im **SD1**-Stahlkonstruktionsmodul zusammen. Der *AutoNcr Wegweiser* erläutert die Methode zur Ermittlung der Knicklänge im gleichen Modul, zeigt den Anwendungsbereich sowie die korrekte Verwendung an.
Der Benutzerdefinierte Steifigkeitsmatrix-Leitfaden erklärt den theoretischen Hintergrund der Berechnung von Elementen einer benutzerdefinierten Steifigkeitsmatrix, die einem Bereich zugeordnet werden können.
Siehe... *4.9.6.6 Bereich mit benutzerdefinierter Steifigkeitsmatrix*
Der *FFA Wegweiser* befasst sich mit dem theoretischen Hintergrund der im **FFA**-Modul implementierten Schrittanalyse.
Der *XLAM Wegweiser* behandelt den theoretischen Hintergrund der im XLM-Modul implementierten Analyse.

3.7.3. AxisVM Home Page



Startet das eingestellte Internet-Browser-Programm und öffnet automatisch die folgende Internet-Seite: *www.axisvm.de*. Auf dieser Seite befinden sich aktuelle Informationen über das Programm und es können Upgrades heruntergeladen werden. Support ist unter der hier angegebenen E-Mail-Adressen und Telefonnummern zu erhalten.

3.7.4. AxisVM Update



Verbindet den Internet Explorer mit der Webseite von *www.axisvm.de* wo immer aktuelle Informationen vorhanden sind.
Startet den AxisVM-Internet Update Wizard.
Siehe... *3.3.11 Grundeinstellungen...*

3.7.5. Info über AxisVM

Zeigt Informationen über AxisVM wie Versionsnummer, Konfiguration, Registrierung, Seriennummer, ggf. Ablaufdatum an. Die verfügbaren Module werden schwarz, die anderen grau angezeigt.



3.7.6. Release-Informationen...

Neueste Release-Informationen und Verlauf für Fixes und neue Entwicklungen.

3.8. Hauptsymbolleiste





Siehe... *3.1.1 Neues Modell*



Ctrl]+[O]

Siehe... *3.1.3 Öffnen*



Ctrl]+[S]

Siehe... *3.1.4 Speichern*



[Ctrl]+[P]

Siehe... *3.1.12 Drucken*



[Ctrl]+[Z]

Siehe... *3.2.1 Rückgangig (Undo)*



[Shift]+[Ctrl]+[Z]

Siehe... *3.2.2 Vorgängig (Redo)*



[F11]

Siehe... *3.3.3 Folienmanager*



[F7]

Siehe... *3.3.4 Stockwerke*



[F12]

Siehe... *2.9 Tabellen*



[F10]

Siehe... *2.10 Ausgabezusammenstellung*



Siehe... *3.6.10 Zeichnungsbibliothek*



Siehe... *3.6.11 Ansicht in Zeichnungsbibliothek speichern*

3.8.1. 3D PDF Erstellen – PDF Modul



Durch aktivieren ***U3D behalten*** kann die U3D Zwischendatei für späteren Gebrauch gesichert werden.
Export der Ränder kann ebenfalls ein-oder ausgeschaltet werden.
Mehr Informationen im Kapitel *3.6.10.1 Export von Zeichnungen als 3D PDF Datei – PDF Modul*

4. Dateneingabe

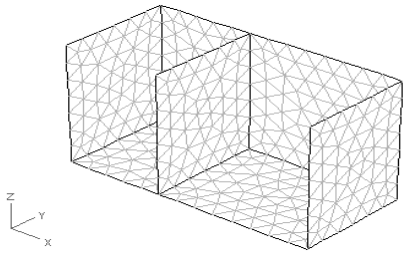
Der Preprozessor ermöglicht es, die Geometrie des Modells zu erstellen und zu ändern; und dies komplett visuell. Die fortschrittlichen visuellen Modellierfunktionen erlauben ein schnelles und zuverlässiges Modellieren und Zeichnen.
Dieses Kapitel stellt die AxisVM Modellier-Befehle vor (Geometriegenerierung, Element-/ Netzgenerierung und Lastfall-/Lastkombination-Definition).

4.1. Geometrie

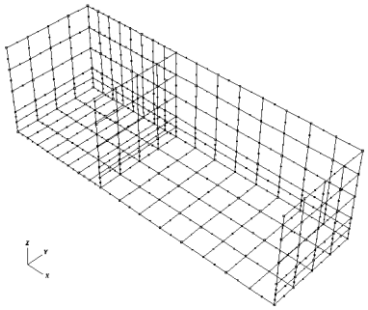
Die geometrische Konstruktionsfläche dient - visuell leicht verfolgbar – zum definieren oder modifizieren der Konstruktionsgeometrie. Dabei wird das finite Elementenetz des Modells erstellt, auf dem im Weiteren finiten Elemente definiert werden.

Die Vernetzung bedeutet bei den Platten-, Scheiben- und Schalenkonstruktionen ein, in der geometrischen Mittelebene der Elemente liegende, zusammenhängendes Dreiecks- bzw. Viereckснetz.

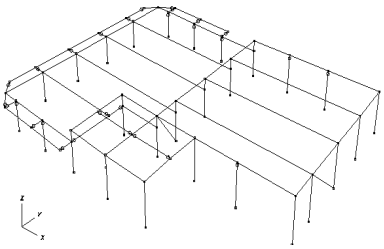
Automatisch generiertes Dreiecksnetz



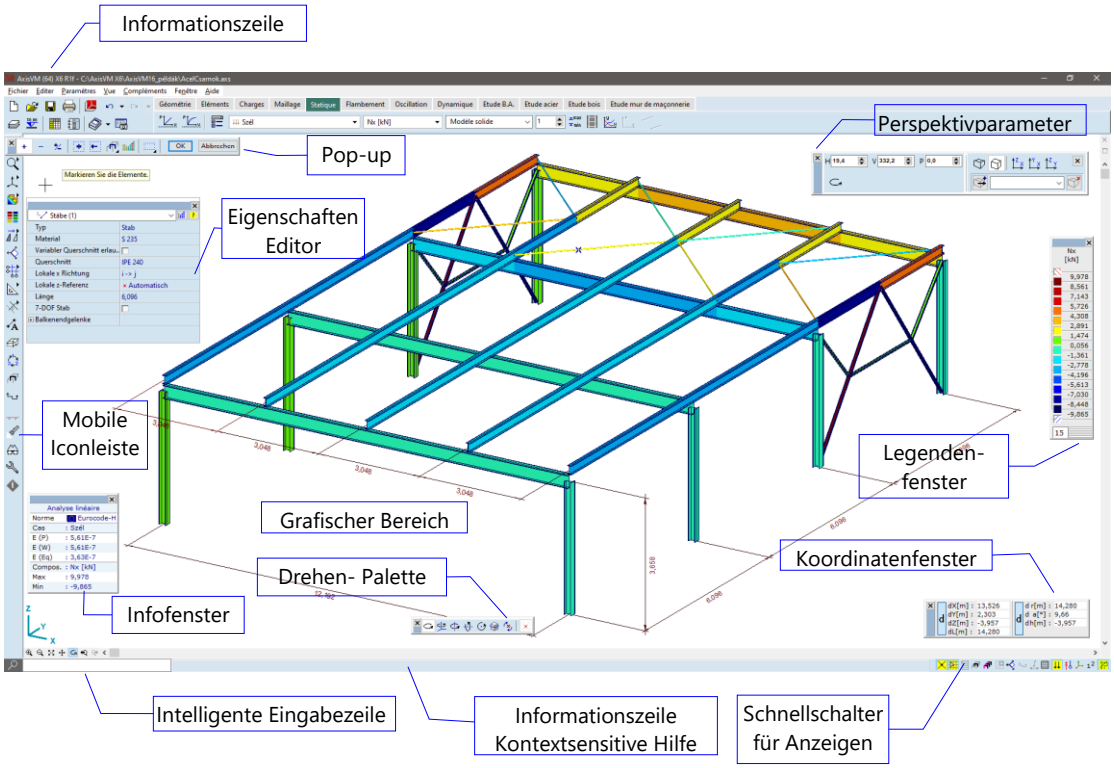
Konstruiertes/Editiertes Viereckснetz



Bei Stabwerken bilden die Netzlinien die Achsen der einzelnen Stäbe, die Knotenpunkte sind mit den Verbindungen der Stäbe identisch.



4.2. Das Eingabefenster



Beim Programmstart wird automatisch das Geometrie-Konstruktionsmodul aktiv. Im Falle eines neuen Modells kann eine X-Y, X-Z oder perspektivische Ansicht als Startansicht gewählt werden. Bei einem vorhandenen Modell wird die zuletzt benutzte Ansicht geladen.
Die geometrische Konstruktionsfläche ist ein räumliches Koordinatensystem, das mit seinen Koordinatenebenen oder als eine beliebige perspektivische Abbildung auf dem Bildschirm erscheint. Das bedeutet im Falle eines neuen Modells die X-Z Ebene, und im Fall eines vorhandenen Modells die letzte geöffnete Ansicht. Auf dem oberen Bildschirmteil, über dem Editionsfenster befinden sich die geometrischen Editionsbefehle. Sie helfen beim Erzeugen des neuen Modells. Darüber wird **im Punkt** *4.8*. ausführlich diskutiert.
Die Darstellungsparameter der aktuellen Zeichnung können mit den Befehlen der linken Symbolleiste eingestellt werden.
Siehe ausführlich... *2.16 Die Symbolpalette*

4.2.1. Aufteilung der Arbeitsfläche in mehrere Fenster

Bei komplizierten Konstruktionen ist es notwendig, die Konstruktion während der Arbeit aus verschiedenen Richtungen zu sehen. Im Interesse der effektiven Arbeit – um häufiges Wechseln zwischen den Ansichten zu vermeiden – ist es möglich, mehrere Ansichten des Modells gleichzeitig auf dem Bildschirm darzustellen.

Diese Funktion ist im Menüpunkt *Hauptmenü/Fenster* erreichbar, und bietet die folgenden Möglichkeiten an:

Horizontale Aufteilung Das aktuelle Fenster wird horizontal in zwei gleiche Fenster aufgeteilt. Das obere Fenster bleibt aktiv.
Siehe ausführlich... *3.6.4 Horizontale Aufteilung*

Vertikale Aufteilung Das aktuelle Fenster wird vertikal in zwei gleiche Fenster aufgeteilt. Das linke Fenster bleibt aktiv.
Siehe ausführlich... *3.6.5 Vertikale Aufteilung*

Schliessen Das aktuelle Fenster verschwindet.

Das aktuelle Fenster ist immer das Fenster, das zuletzt angeklickt wurde.

Die Fensterbedienungsfunktionen sind nur beim aktuellen Fenster erreichbar. In jedem weiteren Fenster kann eine beliebige Ansicht eingestellt werden.
Das Ergebnis der Konstruktion erscheint während der Arbeit in jedem Fenster sofort.

Jedes Teilfenster ist ein vollwertiges Konstruktionsfenster, also alle in dem geometrischen Konstruktionsmenü verfügbaren Funktionen können benutzt werden. Ausserdem können Sie alle Befehle in einem Teilfenster beginnen und in einem anderen beliebigen Fenster fortsetzen bzw. beenden.

☞ ***Während des Befehls kann die Ansicht des aktuellen Fensters verändert werden.***
Einige Konstruktionsfunktionen können in der perspektivischen Darstellung nicht oder nur beschränkt benutzt werden.

4.3. Koordinatensysteme

Das Konstruktionsmodell wird auch bei Flächenmodellen in ein räumliches, orthogonales Koordinatensystem gelegt. Jeder Punkt der Konstruktion ist mit 3 Koordinaten (X,Y,Z) definiert. Zum Definieren der finiten Elemente können an finite Elemente gebundene, lokale oder an Referenzrichtungen gebundene, relative Koordinatensysteme angewendet werden.
Zur Erleichterung der geometrischen Dateneingabe haben Sie die Möglichkeit, Zylinder- bzw. Kugel-Koordinatensysteme zu benutzen.

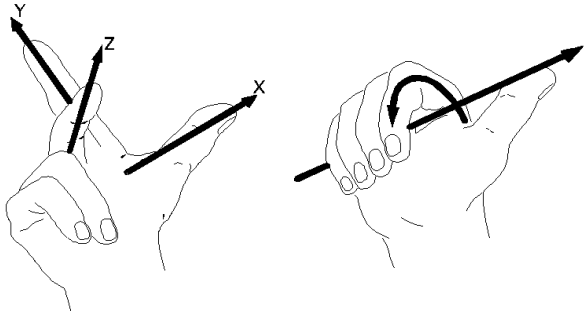
Siehe ausführlich... *4.3.2 Hilfs- (Zylinder, Kugel) Koordinatensysteme*

4.3.1. Grund- (Orthogonales) Koordinatensystem

Grund- (Orthogonales) Koordinatensystem

Das Programm benutzt ein rechteckiges (orthogonales), rechtsdrehendes (rechtshändiges), räumliches Koordinatensystem. In diesem System sind die geometrischen und andere Eigenschaften der Konstruktion zu bestimmen.

Die Bildebenen, die man zur Darstellung der Konstruktion wählen kann, sind auch im Grund-Koordinatensystem zu verstehen. Die folgende Abbildung zeigt die Lage der Achsen und das Verschieben und Verdrehen im positiven Sinn (Rechte-Hand-Regel).



Auch das Grundsystem des geometrischen Editiermoduls ist das oben bereits beschriebene orthogonale Koordinatensystem.

Globaler und relativer Ursprung

Ein neues Modell benutzt die im Menü *Neues Modell* gewählte Ansicht (**siehe...** *3.1.1 Neues Modell*). Der Koordinatenursprung wird durch ein blaues X angezeigt.
AxisVM unterscheidet zwei Ursprungstypen. Der globale Ursprung ist fix und gibt den Anfangspunkt des Hilfsnetzsystems ein. Die globalen Koordinaten können auf der linken Seite des Koordinatenfensters beim inaktiven ***Delta*** Schalter jederzeit abgelesen werden. Ein blaues X bezeichnet die Position des relativen Ursprungs. Während der Konstruktion kann der relative Ursprung mit dem Drücken der **[Alt]+[Shift]** -Tasten oder der **[Insert]** -Taste in die aktuelle Position des Cursors jederzeit verschoben werden. Dadurch wird ein lokales Koordinatensystem definiert, dessen Mittelpunkt der verschobene Ursprung ist.

Mit seiner Hilfe können Sie die Abstände von einem beliebigen Punkt ablesen, oder bei der Eingabe eines neuen Elements die Werte von dem in einen beliebigen Bildschirmpunkt verschobenen relativen Ursprung eingeben. Auch beim Benutzen gebundener Richtungen wird die Definition eines beliebigen Anfangspunkts ermöglicht. Beim Erzeugen eines neuen Netzelements wird der relative Ursprung in die aktuelle Position automatisch verschoben.

Beim Anschalten beiden ***Delta*** Schalter ist die Position des relativen Ursprungs und die des globalen Ursprungs gleich. Das ist z.B. der Fall beim Definieren eines neuen Modells.

☞ ***In der X-Y und der Y-Z Bildebene zeigt die dritte Achse senkrecht zur Bildschirm, aus der Bildebene heraus, deshalb nähert sich das Objekt zu uns beim Verschieben in positiver Richtung. In der X-Z Ebene zeigt die dritte Achse in die Gegenrichtung, von der Bildebene nach innen, so entfernt sich das Objekt von uns beim Verschieben in positiver Richtung.***

Die globalen Achsen sind mit grossen Buchstaben, die lokalen mit kleinen Buchstaben bezeichnet.

Siehe noch... *4.9.22 Referenzen*

4.3.2. Hilfs- (Zylinder, Kugel) Koordinatensysteme

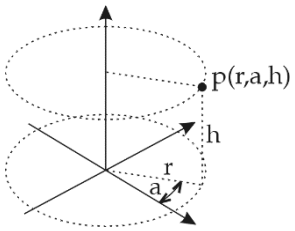
Bei einigen Modelltypen ist es eine Hilfe, wenn die Geometrie der Konstruktion nicht nur mit den drei orthogonalen Richtungen (X,Y,Z) angegeben werden kann. In diesen Fällen stehen die Zylinder- bzw. Kugel-Koordinatensysteme zur Verfügung. Neben dem Grund-Koordinatensystem kann entweder das eine oder das andere aktuell sein. Sie können mit den Radioknöpfen der *Einstellungen/Editieren/Polare Koordinaten* eingestellt werden.

Zylinder-Koordinatensystem

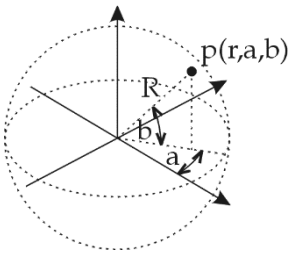
Wenn das Zylinder-Koordinatensystem eingeschaltet wird, erscheinen die drei zugehörigen Eigenschaften an der rechten Seite des Koordinatenfensters. Die Achse des Zylinder-Koordinatensystems ist die ***h*** Achse, die zu der Bildebene jederzeit vertikal ist. Die positive Richtung der Achse stimmt mit der positiven Richtung der orthogonalen dritten Achse überein. Dadurch können Sie den Abstand eines Punktes von der Achse des Zylinders mit dem ***r*** Parameter und den Richtungswinkel der Linie, die den Punkt mit dem Ursprung verbindet, mit dem ***a*** Parameter eingeben.

Kugel-Koordinatensystem

Zu dem Kugel-Koordinatensystem gehören drei Parameter. R bedeutet den Abstand des Punktes vom Ursprung, der a Parameter den auf der Bildebene gemessenen Winkel der Linie, die den Punkt mit dem Ursprung verbindet, und der b Parameter den Winkel zwischen der Bildebene und der den Punkt mit dem Ursprung verbindenden Linie. Das Vorzeichen des b Parameters ist gleich mit dem Vorzeichen der Tiefe-Koordinate.



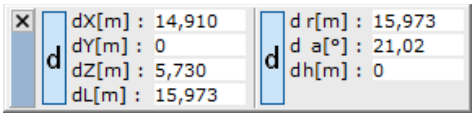
Zylinder-Koordinatensystem



Kugel-Koordinatensystem

4.4. Koordinatenpalette

Mit Hilfe der Koordinatenpalette kann man sich über die momentane Position des Cursors in dem globalen oder dem lokalen Koordinatensystem informieren. Auf der linken Seite der Palette ist der Koordinatenwert des orthogonalen Koordinatensystems, auf der rechten Seite sind die Werte des Hilfs-(Zylinder oder Kugel) Koordinatensystems zu finden. Mit dem Einschalten des ***Delta*** Schalters, der sich neben den Koordinatenwerten befindet, können die Koordinaten des lokalen Oregos dargestellt werden. Die neben den Koordinaten erscheinenden kleinen ***d*** Buchstaben zeigen, dass die Funktion aktiv ist.



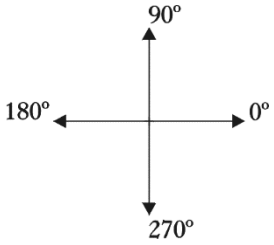
Während der Eingabe kannin das Koordinatenfenster mit den Tastaturkürzeln gewechselt werden. Die Standardbelegung der Tastaturbefehle kann geändert werden, **siehe...** *3.3.12 Tastaturkürzel*

Tastaturbefehl	**Kürzel**
X	**X**
Y	**Y**
Z	**Z**
L	**Shift+Ctrl+L**
r	**Shift+Ctrl+R**
a	**Shift+Ctrl+A**
h	**Shift+Ctrl+H**
b	**Shift+Ctrl+B**
Temporäre Arbeitsebene	**Shift+Ctrl+W**
X gesperrt	**Ctrl+Alt+X**
Y gesperrt	**Ctrl+Alt+Y**
Z gesperrt	**Ctrl+Alt+Z**
L gesperrt	**Ctrl+Alt+L**
r gesperrt	**Ctrl+Alt+R**
a gesperrt	**Ctrl+Alt+A**
h gesperrt	**Ctrl+Alt+H**
b gesperrt	**Ctrl+Alt+B**
Relative / globale Koordinaten (Delta Wechsel)	**Shift+D**
Relative / globale Polarkoordinaten coordinates	**Shift+E**

☞ ***Das Einschalten des** Delta **Schalters hat Einfluss auf die Wirkungsweise der gebundenen Richtungen.***

Siehe ausführlich... *4.7.4 Gebundene Richtungen*

Die positiven Werte des α Winkels:



☞ ***Sie können auch Ausdrücke und Funktionen im Editierfeld eingeben (z. B.: 12.927+23.439, cos(45), sin(60)).***

4.5. Hilfsnetz- (Grid) System

In dem Editierfenster kann ein Hilfsnetz beim Auswählen der Bildebene dargestellt werden, das bei der visuellen Orientierung hilft.

Siehe ausführlich... *2.16.19.1 Punktraster & Cursor*

4.6. Cursorschrittweite (Snap)

Siehe ausführlich... *2.16.19.1 Punktraster & Cursor*

4.7. Editorzubehör

Siehe ausführlich... *2.16.19.2 Bearbeiten*

4.7.1. Umgebungskreis (Aura)



Diese Funktion hilft Ihnen beim ***fangen*** charakteristischer Punkte (z.B. Knotenpunkte, Elementmittelpunkte) mit dem Cursor. Die Linien und die charakteristischen Punkte ziehen den Cursor in einem einstellbaren Abstand an sich.

Dieser Abstand (die Auragrösse), innerhalb dessen die Anziehungskraft wirkt, ist im *Einstellungen / Editieren / Aura–Fenster* einstellbar.
Die Cursorform zeigt an, was für ein Element in der gegebenen Position identifiziert wurde.
Die Größe des Umgebungskreises kann über *Einstellungen / Service / Bearbeiten/ Umgebungskreis* angegeben werden.
Die Cursorformen sind die folgenden:

Knotenpunkt 

Halbierungspunkt 

Auflager 

Randgelenk 

Netzunabhängige Einzellasten 

Linienlast 

Mittelpunkt eines Kreises 

Kreisbogen 

Tangente 

Bézierkurve 

Referenz 

Linie 

Fläche 

Starrkörperelement 

ARBO-Element 

CRET-Element 

Schnittpunkt 

Vertikale 

Lineale 

Achsrasterlinie 

Bereich 

Bemassungslinie 

Für Uebernehmen-Funktionen 

Textbox 

Kante, Ecke eines Fussfundaments 

Kante, Ecke eines Streifenfundaments 

Bewehrungsbereich, AirDeck Massivzone 

SC1 Schraubverbindung 

Virtueller Träger oder Streifen 

In dem Fall, wo mehrere verschiedene Elemente an einer Stelle gefunden werden, werden sie nach der vorigen Priorität dargestellt. Das Programm zeigt immer das Zeichen des Elements an, dessen laufende Nummer in der vorigen Liste die kleinste ist.

Mit doppeltem Symbol bezeichnet das Programm, wenn mehrere gleiche Elemente auf einer Stelle in Verdeckung gefunden werden.

☞ ***Sie können im Koordinatenfenster ablesen, welches Element von den in Verdeckung liegenden Elementen (z.B. Punkte) den Cursor an sich gezogen hat.***

Hintergrund- erkennung Der Cursor kann so eingestellt werden, dass er Linien von Architektur-Folien erfasst.

4.7.2. Die numerische Eingabe eines Koordinatenwertes

Beim Editieren eines Modells werden die Koordinaten eines Punktes so eingegeben, dass die Koordinatenwerte direkt in die Koordinaten-Palette eingeschrieben werden.
Das Einschreiben in das Koordinatenfeld kennt zwei Arten:

1. Man drückt die Buchstabentaste der gewünschten Koordinate (z. Bsp. X) , dann schreibt man den Wert in das aktivierte Eingabefeld.

2. Man klickt mit dem Cursor das gewünschte Feld an, dann schreibt man den Wert hinein.

Die in dieser Weise eingegebenen Koordinaten gelten beim eingeschalteten ***Delta*** Schalter als die lokalen Koordinaten, beim ausgeschalteten ***Delta*** Schalter als die globalen Koordinaten. Bei der Eingabe mehrerer miteinander widersprüchlicher Koordinatenwerte ist immer der als letzter eingegebene Wert gültig.

☞ ***Sie können auch Ausdrücke im Editierfeld eingeben:***
(z. B.: 12.927+23.439, cos(45), sin(60))

Während des Editierens kann der lokale Orego jederzeit in die beliebige Position verschoben werden. Dafür sind z.B. der Anfangs- und Endpunkt einer Linie mit den von zwei verschiedenen Punkten gemessenen Koordinaten einzugeben.

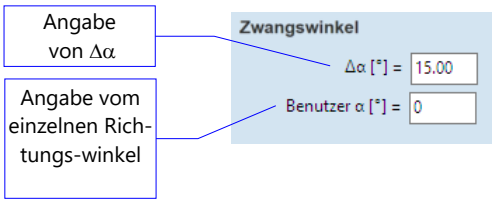
☞ ***Es ist leicht, von einem vorhandenen Punkt einen eingegebenen Abstand in der eingegebenen Richtung abzumessen, wenn der lokale Orego über den bereits vorhandenen Punkt positioniert wird. Zu der d a[°] Koordinate müssen den der Richtung entsprechenden Winkel und zu der d r[m] Koordinate den Abstand eingegeben werden.***

4.7.3. Abstandmessung

Man sieht den Abstand vorhandener Punkte, wenn man den Orego bei eingeschaltetem ***Delta*** Schalter auf den einen Punkt verschiebt und den Cursor über den anderen positioniert. Dann kann man den Abstand beim dL Wert ablesen.
Der Abstand zwischen zwei Punkten oder die Länge einer Linie kann gemessen werden, indem man den relativen Ursprung auf den ersten Punkt bewegt und dann den zweiten Punkt identifiziert, indem man den Cursor über ihn positioniert. In diesem Fall ist der Wert von **dL** im Koordinatenfenster der Abstand zwischen den Punkten.
Der Cursor kann relativ zu einem Referenzpunkt zu einem Ort verschoben werden, indem man den relativen Ursprung auf den Referenzpunkt bewegt, dann den Winkel im Eingabefeld **da** und dem Abstand im Eingabefeld **dr** eingibt.

4.7.4. Gebundene Richtungen

Erzwungene Cursorbewegungsparameter lassen sich im *Einstellung / Service / Bearbeiten* Dialog definieren. Während des Editierens lässt sich jederzeit – sogar während irgendeiner Editionsfunktion – die Richtung der Cursorbewegung mit dem Drücken der **[Shift]** - Taste fixieren. Das Benutzen der gebundenen Richtungen gründet auf zwei Winkelwerten:



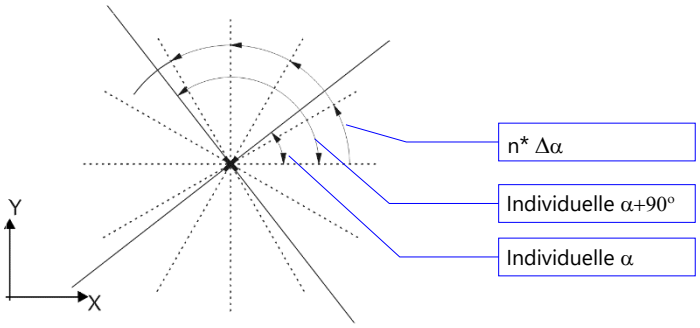
Δα

Während des Drückens der **[Shift]** -Taste bewegt sich der Cursor auf einer aus dem lokalen Ursprung gezogenen Linie. Der Richtungswinkel der Linie ist n*Δα , der n Wert ist der von der Cursorposition abhängige nächste Wert. Der Grundwert ist 15°.

Benutzer α

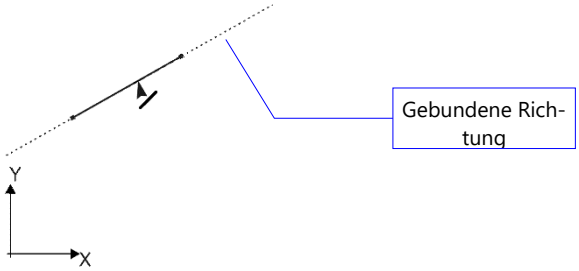
Während des Drückens der **[Shift]** -Taste bewegt sich der Cursor auf einer aus dem lokalen Ursprung gezogenen Linie, deren Richtungswinkel der individuelle α oder α+n*90° ist.

Beim Benutzen von Δα bzw. Individuellem α gibt es zwei Ursprungstypen: in dem Fall, wenn beide ***Delta*** Schalter auf der Koordinaten-Palette ausgeschaltet sind, gilt der globale Ursprung als der Mittelpunkt der Richtungsfixierung. Ist aber irgendein ***Delta*** eingeschaltet, wird der lokale Ursprung als der Mittelpunkt der Richtungsfixierung gelten.



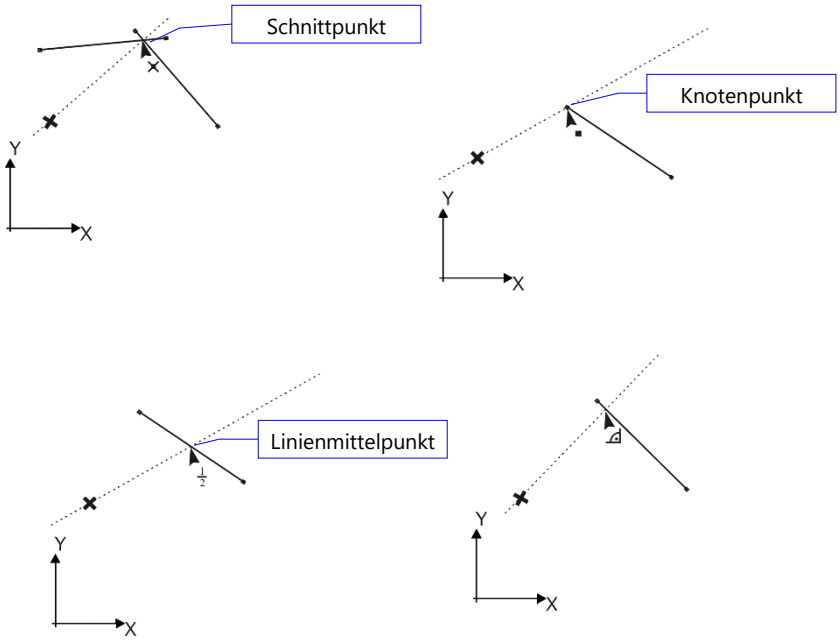
Die Richtung der Cursorbewegung kann auch in den folgenden Weisen fixiert werden:

Steht der Cursor auf einer Linie, bewegt er sich infolge des Drückens der **[Shift]** -Taste nur in der Richtung, die von der Linie festgelegt wird.

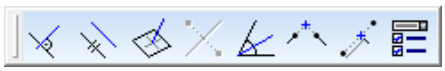


Steht der Cursor auf einem bevorzugtem Bildschirmpunkt, bewegt er sich infolge des permanenten Drückens **[Shift]** -Taste auf der Linie, die den relativen Orego mit dem bevorzugtem Punkt verbindet.

Wenn der Cursor einen Bereich oder ein Flächenelement erkannt hat bleibt der Cursor beim Verschieben und gleichzeitg gedrückter **[Shift]** –Taste in dieser Ebene.



Geometrie-Werkzeuge



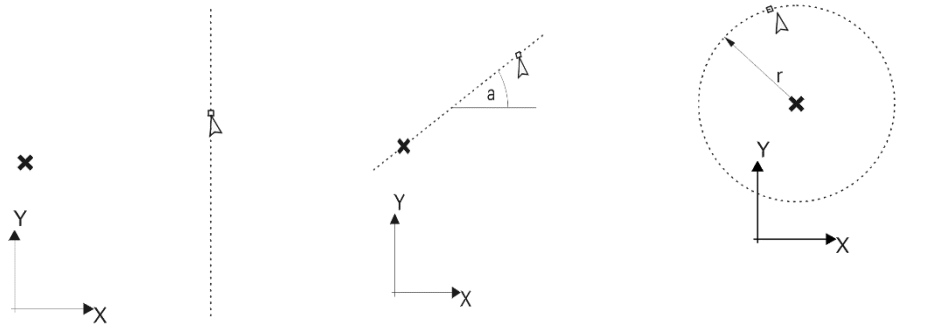
Die Icons der Geometriewerkzeuge erlauben das Festlegen einer gewünschten Richtung einer zu zeichnenden Linie.

Siehe... *2.16.10 Geometriewerkzeuge*

4.7.5. Koordinaten Sperren

Mit diesem Befehl werden die Daten der Koordinaten-Palette auf einem gewünschten Wert fixiert. Der Wert verändert sich infolge der Cursorbewegung nicht. Das Ein- und Ausschalten dieser Funktion erreicht man durch das gleichzeitige Drücken des Zeichens des Koordinatenwertes (z.B. X oder a oder r) und der **[Alt]** -Taste.

Fixierter X – Koordinate *Fixierter Winkel* *Fixierter Radius*



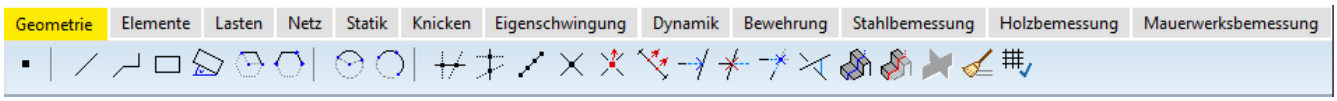
4.7.6. Automatisches Trimmen

Ist das **automatische Trimmen** aktiv, wird ein Knotenpunkt in dem Schnittpunkt der Linien beim Erzeugen eines neuen Netzelements automatisch erstellt und die Elemente werden in zwei Teile geteilt.

Das Aktivieren und das Ausschalten der Funktion geschieht im *Einstellungen / Editieren / Automatisch / Schneiden* Menü.

Die Flächenelemente werden in Flächenelemente geteilt. Wenn man Elemente schneidet, die schon als finite Elemente definiert sind, werden alle ursprüngliche Eigenschaften sowie Lasten auf die neuen Elemente übertragen.

4.8. Befehle im Geometrie Editor



Diese Funktionen kreieren neue Geometrieobjekte oder ändern vorhandene.

☞ ***Wenn man in Detailansichten arbeitet, werden beim Erzeugen eines neuen Elementes die eingeschalteten Details mit den neuen Elementen automatisch ergänzt, falls die Einstellung der automatischen Detailaktualisierung aktiv ist (Service / Edition / Automatisch / Detailbedienung).***

4.8.1. Knotenpunkt



Mit dieser Funktion lässt sich der Knotenpunkt, ein Grundelement des finiten Elementmodells generieren.

Die Eingabe eines Knotenpunktes kann in den folgenden Weisen passieren:

1. Mit dem Anklicken der linken Maustaste wird ein Knoten bei der aktuellen Position des Cursors erzeugt

2. Auf der Koordinaten-Palette generieren Sie einen Knoten mit der numerischen Koordinatenangabe.

Ein neuer Knoten kann auch an vorhandenen Linien definiert werden.

Ist das automatische Trimmen aktiv, wird die Linie durch den neuen Knoten automatisch in zwei Teile geteilt. Ist das Trimmen inaktiv, wird ein Knotenpunkt erzeugt der von der Linie unabhängig ist. Ein neuer Knotenpunkt, welcher innerhalb oder am Rand von Flächenelementen oder in der Ebene des Elements erzeugt wird, teilt das Flächenelement in mehrere kleine Elemente auf, falls das automatische Trimmen aktiv geschaltet ist. Wenn die ausgewählten Elemente bereits finite Elements- und Lastzuordnung haben, werden diese Eigenschaften auf die neuen Elemente übertragen.

☞ ***Falls Knoten erzeugt werden, welche zu andern bereits definierten Knoten näher als zu dem im Menü Einstellungen/Service/Bearbeiten/Toleranz definierten Minimalabstand liegen, werden diese zu einem Knoten verschmolzen.***

4.8.2. Linie





Mit diesem Befehl kann das andere Grundelement des finiten Elementmodells, die Linie, erzeugt werden. Die Linie dient bei der Definition der finiten Elemente als Stabelement, Starrkörper oder Kante eines Flächenelements.

Mit dem permanenten Drücken der linken Maustaste über dem Funktionssymbol kann man unter den folgenden Möglichkeiten wählen:

Linie

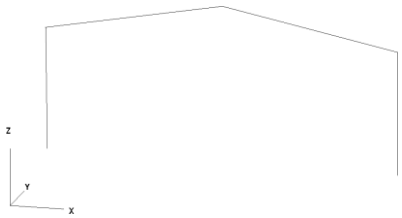


Erzeugt eine Linie, die mit ihren Endpunkten angegeben wird. Die Endpunkte können durch Bewegen des Cursors über die gewünschte Position oder mit der Koordinaten-Palette durch die Eingabe der entsprechenden Koordinaten angegeben werden. Die Eingabe kann durch die **[Esc]**-Taste oder die rechte Maustaste abgebrochen werde.
In der Perspektive werden Linien in der Default-Eben Z=0 gezeichnet. Um Linien in anderen Ebenen zu zeichnen sollten entsprechende Arbeitsebenen verwendet werden. **Siehe...** *2.16.7 Arbeitsebenen*

Polygon



Dient zum Erzeugen eines durch die Endpunkte angegebenen Polygonzuges. Der Endpunkt der zuletzt gezeichneten Linie ist automatisch der Anfangspunkt der nächsten Linie.



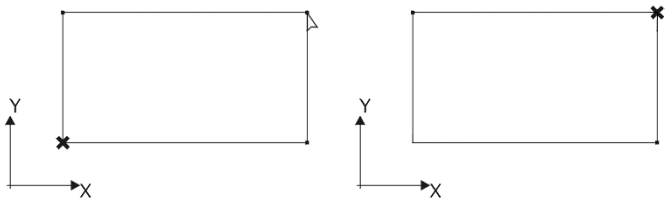
Das Zeichnen des Polygonzuges **kann folgenderweise abgebrochen werden**:

1. Das Einzeldrücken der **[Esc]-**Taste bricht den gerade gezeichneten Polygonzug ab
2. Nach dem zweiten Drücken der **[Esc]-**Taste wird die Polygonzeichnenfunktion geschlossen.
3. rechte Maustaste *Schnellmenü\Abbrechen*
4. durch das erneute Klicken an den Endpunkt des Polygonzuges

Rechteck



Erzeugt einen rechteckigen Netzbereich durch Anklicken der gegenüberliegenden Eckpunkte (die Diagonale). Die Seiten sind parallel zu den Koordinatenachsen.

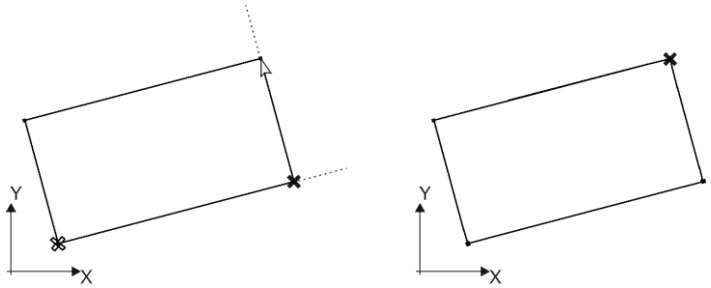


Nach der Eingabe des ersten Eckpunktes kann die Funktion mit der **[Esc]** -Taste abgebrochen werden. In der perspektivischen Darstellung ist diese Methode nicht anwendbar.

Gedrehtes Rechteck



Dient zum Erzeugen eines durch zwei Seiten eingegebenen Rechtecks.
Der Winkel zu den Koordinatenachsen ist beliebig.



Nach der Eingabe des ersten Eckknotens oder der ersten Seite kann die Funktion durch die **[Esc]** -Taste abgebrochen werden.

Vieleck



Es muss die Anzahl der Polygonseiten eingegeben werden. Das Polygon wird anschliessend durch Klicken des Zentrums und 2 Polygonpunkten gezeichnet.

Vieleck



In einem Dialog muss die Anzahl der Seiten festgelegt werden. Das Polygon selber wird durch die Eingabe von 3 Punkten auf dem Bogen definiert.

4.8.3. Kreisbogen

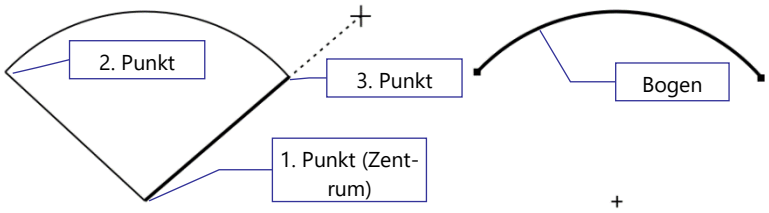




Zeichnet einen Bogen oder Vollkreis. Bögen und Kreise werden als Polygone angezeigt, mit einer Bogenauflösung, welche unter *Einstellungen/Grundeinstellungen/Darstellung* festgelegt werden kann.
[Esc] bricht den Befehl ab.

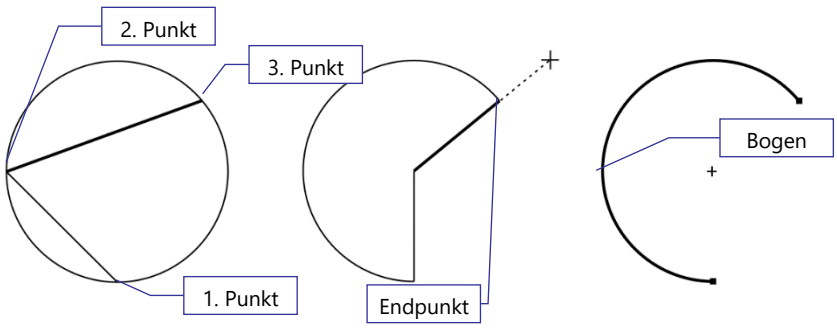


Definition eines Kreisbogens mit Mittelpunkt, Radius und Mittelpunktswinkel.





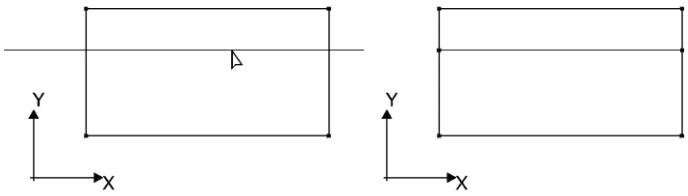
Definition eines Kreisbogens mit drei Punkten. Die Funktion ist auch in der perspektivischen Ansicht aktiv.



4.8.4. Horizontale Aufteilung



Diese Funktion erzeugt eine durch die Cursorposition verlaufende horizontale Teilungslinie.
Diese Linie liegt in einer Ebene parallel zu der X-Y, X-Z oder Y-Z Ebene, abhängig von der aktuellen Ansicht (oder parallel zur Arbeitsebene falls eine solche aktiv ist). An den Schnittpunkten werden neue Knoten generiert. Falls finite Elemente geteilt werden, übernehmen die neu generierten Elemente die Eigenschaften und Lasten des Originalelementes.

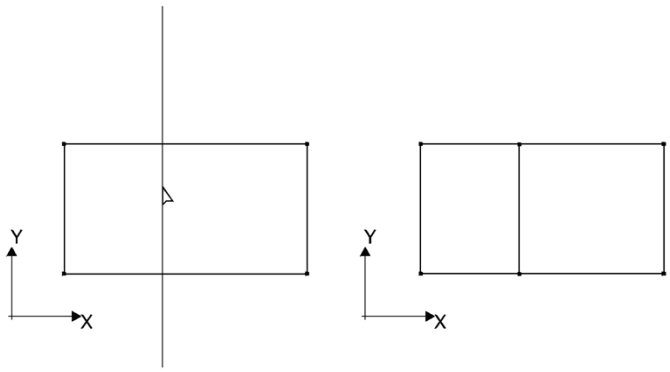


Drehen vorhandener Elemente: *2.16.6.2 Drehen*

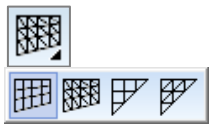
4.8.5. Vertikale Aufteilung



Diese Funktion erzeugt eine durch die Cursorposition verlaufende vertikale Teilungslinie.
Diese Linie liegt in einer Ebene parallel zu der X-Y, X-Z oder Y-Z Ebene, abhängig von der aktuellen Ansicht (oder parallel zur Arbeitsebene falls eine solche aktiv ist). An den Schnittpunkten werden neue Knoten generiert. Falls finite Elemente geteilt werden, übernehmen die neu generierten Elemente die Eigenschaften und Lasten des Originalelementes.



4.8.6. Viereck- und Dreieckaufteilung



Die Anzeige dieser Symbole wird über die Option *Einstellungen/Grundeinstellungen/Werkzeugleiste/ Veraltete Werkzeuge für Flächenelemente in Symbolleiste anzeigen* gesteuert.
Die Funktion generiert Vierecks-, Dreiecks- oder gemischte Netze. Dieser Befehl dient zum Generieren des finiten Elementnetzes der Flächenkonstruktionen. Durch anklicken von *Flächen erstellen* werden Flächenelemente aus Drei- oder Vierecken erstellt. Durch das Einführen von Bereichen und automatischer Netzerstellung wurde diese Methode als veraltet eingestuft.

Viereckaufteilung I.

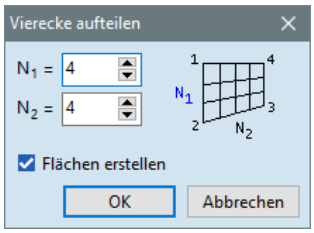


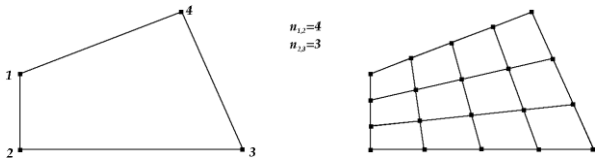
Erzeugt ein lineares Viereckknetz unter 4 beliebigen Raumpunkten.
Die vorhandenen Verbindungslinien zwischen den Punkten werden nach der entsprechenden Aufteilung auch aufgeteilt. Die Anzahl der Felder kann für die beiden Richtungen separat eingestellt werden.



Während des Zeichnens wird es mit roter gestrichelten Linie dargestellt, wenn sich der Cursor in einer Position befindet, in der kein Netz konstruiert werden kann (z. B. konkaves Viereck).
Mit grauer gestrichelter Linie werden die Cursorpositionen bezeichnet, über denen nur ein verzerrtes Netz generiert werden kann.

Verzerrte Elemente sind Vierecke mit einem Innenwinkel kleiner als 30° oder grösser als 150°.



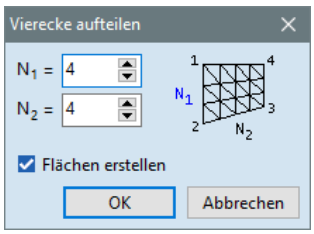


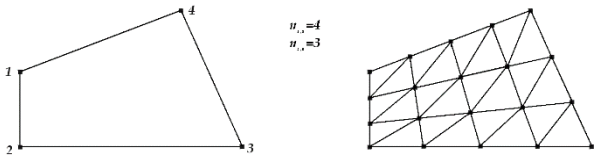
Viereckaufteilung II.

Dieser Befehl funktioniert, wie die vorige ***Viereckaufteilung I***. Funktion, hier wird aber auch Diagonale generiert. Das Ergebnis ist ein Netz aus Dreieck-Elementen. Zum Erreichen der optimalen Form werden immer die kürzeren Diagonalen generiert.

Während des Zeichnens wird es in roter Strichlinie dargestellt, wenn sich der Cursor in einer Position befindet, in der kein Netz konstruiert werden kann (z. B. konkaves Viereck).
Mit grauer gestrichelter Linie werden die Cursorpositionen bezeichnet, über denen nur ein verzerrtes Netz generiert werden kann.

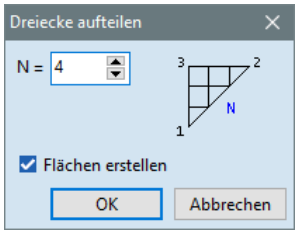
Verzerrte Elemente sind die Dreiecke mit Innenwinkeln kleiner als 15° oder grösser als 165°.

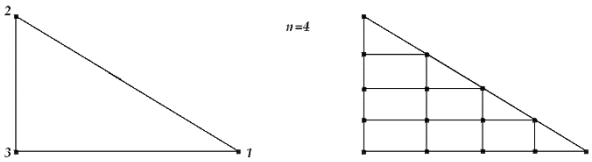




Dreieckaufteilung I.

Erzeugt ein lineares Viereckenetz unter 3 beliebigen Raumpunkten. Das Netz enthält auch Dreiecknetz-Elemente bei der als erstes gezeichneten Seite.
Die vorhandenen Verbindungslinien werden entsprechend aufgeteilt.
Nach dem Aufrufen der Funktion erscheint ein Fenster, in dem die Anzahl der Felder einstellbar ist. Während des Zeichnens wird es in roter Strichlinie dargestellt, wenn sich der Cursor in einer Position befindet, in der kein Netz konstruiert werden kann. In grauer Strichlinie erscheinen die Cursorpositionen, über denen nur noch ein Netz mit verzerrten Elementen dargestellt werden kann. Das Netz ist parallel zu den Seiten, die mit dem als dritten eingegebenen Knoten verbunden sind.
Verzerrte Viereckelemente sind die Elemente mit einem Innenwinkel kleiner als 30° oder grösser als 150°.
Verzerrte Dreieckelemente sind die Elemente mit einem Innenwinkel kleiner als 15° oder grösser als 165°.

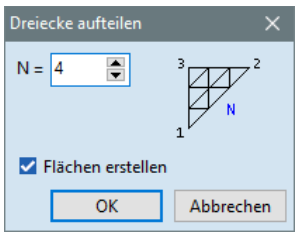


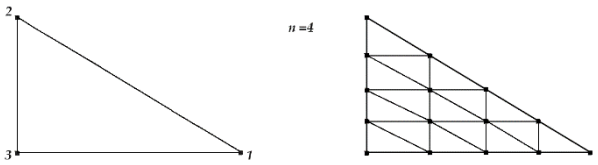


Dreieckaufteilung II.

Dieser Befehl funktioniert wie die vorige ***Dreieckaufteilung I.*** Funktion, hier wird aber auch die Diagonale der Vierecke generiert. Das Ergebnis ist ein Netz aus Dreieck-Elementen. Die Diagonalen sind parallel zu der als erste eingegebenen Dreieckseite.
Verzerrte Elemente sind die Dreiecke mit einem Innenwinkel kleiner als 15° oder grösser als 165°.

Während des Zeichnens wird es in roter Strichlinie dargestellt, wenn sich der Cursor in einer Position befindet, in der kein Netz konstruiert werden kann (z. B. konkaves Viereck).
In grauer Strichlinie erscheinen die Cursorpositionen, über denen nur noch ein Netz mit verzerrten Elementen dargestellt werden kann.
Verzerrte Elemente sind die Dreiecke mit Innenwinkeln kleiner als 15° oder grösser als 165°.





4.8.7. Linienaufteilung



Diese Funktion erstellt neue Knoten auf der vorhandenen Linie. Die Netzlinie wird automatisch in zwei oder in mehrere Strecken aufgeteilt. Nach der Markierung der aufzuteilenden Elemente erscheint ein Fenster, in dem die folgenden Möglichkeiten auszuwählen sind:

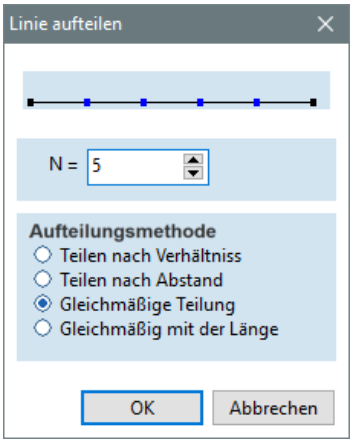
Nach Verhältnis: teilt die Linie in zwei Teilstrecken auf und man kann das Verhältnis der Aufteilung angeben.

Nach Abstand: teilt die Linie in zwei Teilstrecken auf und man kann den Abstand des Teilungspunktes von dem ***i*** Endpunkt angeben

Gleichmässig: Unterteilt die Linie in *N* gleiche Teile. Die Anzahl der Teilstücke N ist einzugeben.

Gleichmässig mit Länge: Unterteilt die Linie in gleiche Teile. Die Anzahl der Teilstücke ergibt sich aus der Länge d einer Teillänge die einzugeben ist.

Wenn die ausgewählten Linien bereits finite Element- und Lastzuordnung haben, werden diese Eigenschaften auf die neuen Teilstrecken übertragen.





Vor der Aufteilung



Nach der Aufteilung

☞ ***Bei der Randlinienaufteilung von definierten Flächenelementen verliert das Element die zugeordneten Eigenschaften.***

Die aufzuteilenden Elemente können auch vor dem Aufrufen der Funktion markiert werden.

4.8.8. Schnittpunkt



Mit *Einstellungen / Service / Bearbeiten / Automatisch / Schnitt* werden Geometrieobjekte automatisch miteinander geschnitten. Der Schnittpunkt kann nach Elementtypen im Dialog gefiltert werden.
Wenn die *automatische Schnittpunktgenerierung* inaktiv ist, kann man die Schnittpunkte der vorhandenen Linien mit diesem Befehl erzeugen. In den Schnittpunkten der markierten Linien werden Knotenpunkte generiert und die betreffenden Linien entsprechend aufgeteilt. Wenn die ausgewählten Elemente bereits finite Element- und Lastzuordnung haben, werden diese Eigenschaften auf die neuen Elemente übertragen. Ist nur für Linienelemente gültig.

☞ ***Die Elemente zur Schnittpunkterstellung können vorher selektiert werden.***

4.8.9. Knoten entfernen



Entfernt die ausgewählten Knoten am Schnittpunkt von Linien. Es erleichtert es, Stabwerke zu konstruieren, die sich kreuzen aber nicht miteinander schneiden oder unnötige Teilungspunkte entlang einer Linie zu entfernen.

☞ ***Schnittpunktknoten können nur entfernt werden, wenn die Anzahl der verbundenen Linien gerade und die Linien verbunden werden können.***

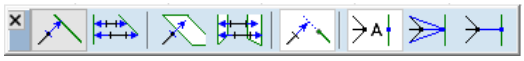
4.8.10. Zwischenknoten entfernen



Entfernt unnötige Zwischenknoten auf Linien. Knoten mit zwei sich berührenden Linien können entfernt werden, sofern diese verbunden werden können.

4.8.11. Linien bis zu anderen Linien verlängern





Verlängert bestehende gerade Linien oder Bögen, um andere gerade Linien, Bögen oder Flächen zu treffen.

Verlängerungsmodi



Linie bis zur anderen Linie verlängern
Der erste Schritt besteht darin, die Grenze festzulegen: Klicken Sie auf eine bestehende Linie oder einen Bogen oder geben Sie zwei Punkte einer imaginären Grenzlinie ein. Klicken Sie auf Linien in der Nähe ihres Endpunktes, um diese zu verlängern.



Linie verlängern um mehr al seine Linie zu treffen
Der erste Schritt besteht darin, auf mehrere Linien zu klicken, die die Grenze definieren. Klicken Sie in der Auswahlsymbolleiste auf OK oder drücken Sie Enter. Wählen Sie die zu verlängernden Linien aus. Klicken Sie in der Auswahlsymbolleiste auf OK oder drücken Sie Enter. Beide Enden der Linien werden bis zur jeweiligen Grenze verlängert.



Linien verlängern um Ebene zu erreichen
Der erste Schritt ist die Definition der Begrenzungsebene: Klicken Sie auf einen vorhandenen Bereich oder geben Sie drei Punkte einer imaginären Begrenzungsebene ein, welche nicht auf einer Linie liegen. Klicken Sie auf Linien in der Nähe ihres Endpunktes, um sie zu verlängern.



Linien verlängern damit sie mehr als eine Ebene schneiden
Der erste Schritt besteht darin, auf mehrere Bereiche zu klicken, die die Grenze definieren sollen. Klicken Sie in der Auswahlsymbolleiste auf OK oder drücken Sie Enter. Wählen Sie die zu verlängernden Linien aus. Klicken Sie in der Auswahlsymbolleiste auf OK oder drücken Sie Enter. Die Linie wird beidseitig bis zur jeweiligen Grenze verlängert..

Einstellungen



Linien verlängern obwohl es keinen Schnittpunkt gibt
Dies ist eine Schaltfläche mit zwei Zuständen. Wenn sie gedrückt ist (ihr Hintergrund wird weiss), werden die Linien verlängert, auch wenn der Schnittpunkt nicht zwischen dem Start- und Endpunkt der Grenzlinie liegt. Ist die Schaltfläche nicht gedrückt (ihr Hintergrund ist blau) werden Linien nur verlängert, wenn der Schnittpunkt auf der Grenzlinie liegt.

Die letzten drei Schaltflächen kontrollieren das Verhalten von Linien, welche mit dem verlängerten Punkt verbunden sind.



Freie Enden verschieben, Verbindungslinie falls weitere Elemente vorhanden sind
Das Programm wählt automatisch aus den beiden unten aufgeführten Optionen. Wenn keine Linien mit dem erweiterten Punkt verbunden sind, wird die erste Option gewählt, andernfalls die zweite.



Linienende immer verziehen
Der Knoten des erweiterten Punkts wird zum Schnittpunkt bewegt. Die Richtung der mit diesem Knoten verbundenen Linien ändert sich.



Linienende immer verbinden
Der Knoten des erweiterten Punkts wird nicht verschoben. Ein neuer Knoten wird am Schnittpunkt erstellt und eine neue Linie wird zwischen den beiden Knoten eingefügt. Verbundene Linien bleiben unverändert.

4.8.12. Linien schneiden um andere Linien zu erreichen





Schneidet bestehende, gerade Linien oder Bögen, um andere gerade Linien, Bögen oder Ebenen zu treffen.

Schneidmodi



Linien schneiden um andere Linien zu erreichen
Als Erstes muss die Schnittlinie definiert werden: klicken Sie auf eine bestehende Linie oder einen Bogen oder geben Sie zwei Punkte einer imaginären Schnittlinie ein. Klicken Sie auf die zu entfernenden Liniensegmente.



Linien schneiden um mehr als eine Linie zu erreichen
Zuerst werden mehrere Linien angeklickt, welche die Schnittlinien definieren. Klicken Sie OK auf der Auswahlleiste oder drücken Sie Enter. Wählen Sie die zu schneidenden Linien. Klicken Sie OK auf der Auswahlleiste oder drücken Sie Enter. Klicken Sie auf die Seite der Schnittlinien, auf welcher die Liniensegmente enfernt werden sollen.



Linien schneiden um eine Ebene zu erreichen
Als Erstes muss die Schnittebene definiert werden: Klicken Sie auf einen bestehenden Bereich oder geben Sie drei Punkte einer imaginären Schnittebene ein, welche sich nicht auf einer Linie befinden. Wenn die Schnittfläche mit den Linien schneidet, klicken Sie auf die zu entfernenden Liniensegmente.



Linien schneiden um mehr als eine Ebene zu erreichen
Zuerst werden mehrere Bereiche angeklickt, welche die Schnittebenen definieren. Klicken Sie OK auf der Auswahlleiste oder drücken Sie Enter. Wählen Sie die zu schneidenden Linien. Klicken Sie OK auf der Auswahlleiste oder drücken Sie Enter. Klicken Sie auf die Seite der Schnittebenen, auf welcher die Liniensegmente enfernt werden sollen.

Einstellungen



Linien schneiden auch wenn eigentlich kein Schnittpunkt vorhanden ist
Dies ist eine Schaltlfäche mit zwei Zuständen. Wenn sie gedrückt ist (ihr Hintergrund wird weiss), werden die Linien geschnitten auch wenn der Schnittpunkt nicht auf zwischen Start- und Endpunkt der Grenzlinie. Ist sie nicht gedrückt (Hintergrund ist blau) werden sie nur geschnitten, wenn sich der Schnittpunkt auf der Grenzlinie befindet.

Die letzten drei Schaltflächen steuern das Verhalten von Linien, welche mit den Endpunkten geschnittener Linien verbunden sind. Die geschnittenen Linien erhalten immer einen Endpunkt am Schnittpunkt.



Freie Enden verschieben, Liniensegment löschen falls weitere Elemente vorhanden sind
Das Programm wählt automatisch zwischen den zwei untenstehenden Optionen. Sind die Linien mit dem verlängerten Punkt verbunden, wird die zweite Option gewählt.



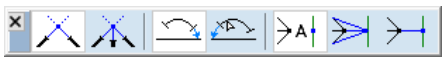
Linienende immer verschieben
Der Endpunkt verbundener Linien wird zum neuen Endpunkt verschoben. Der alte Endpunkt wird gelöscht.



Liniensegment immer löschen
Der originale Endpunkt und die verbundenen Linien bleiben unverändert.

4.8.13. Linien bis Schnittpunkt verlängern/schneiden





Modi



Zwei Linien bisch Schnittpunkt verlängern/schneiden
Verlängert/schneidet ausgewählte Linienpaare, so dass sie an ihrem Schnittpunkt verbunden sind.



Ausgewählte Linien bis Schnittpunkt mit erster Linie verlängern/schneiden
Verlängert/schneidet ausgewählte Linien bis zum Schnittpunkt mit der ersten Linie.

Die nächsten zwei Schaltflächen steuern das Verhalten von Bögen, wenn es zwei mögliche Schnittpunkte gibt.

Einstellungen



Bogen am kürzesten Ende verlängern
Das Programm wählt immer jenes Ende, das dem jeweiligen Schnittpunkt am nächsten ist.



Zu verlängerndes Bogenende auswählen
Das zu verlängernde Ende kann durch Klicken in der Nähe des Endpunktes gewählt werden.

Die Letzten drei Schaltflächen steuern das Verhalten verbundener Linien gemäss obiger Beschreibung.

4.8.14. Kürzeste Verbindung



Erzeugt die kürzeste Verbindungslinie (lotrecht) zwischen zwei nicht in derselben Ebene liegenden Linien.

4.8.15. Modell mit Ebene schneiden



Nach der Definition der Schnittebene werden die Schnittlinien und Knoten dem Modell hinzugefügt. Bereiche, Stäbe und Plattenbalken werden geteilt.

4.8.16. Modell mit Ebene schneiden und eine Modellhälfte löschen

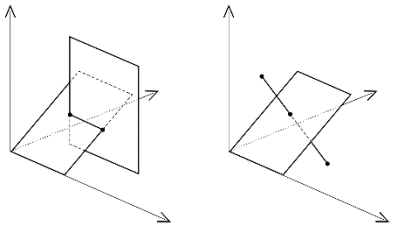


Diese Funktion ist der Funktion *Modell mit Ebene schneiden* ähnlich, jedoch kann nach der Festlegung der Ebene eine Modellhälfte ausgewählt werden. Elemente innerhalb dieser Hälfte werden gelöscht.

4.8.17. Bereichsknotenpunkte



Erstellt Schnittlinien von Bereichen und Linienelementen. Nach dem Anklicken der Werkzeug-Schaltfläche wählen Sie Bereiche aus, um deren Schnittstellen zu erstellen oder einen Bereich und eine Linie, um deren Knotenpunkt zu erstellen.



4.8.18. Nicht benötigte Linien und Knoten löschen



Diese Funktion entfernt Knoten, welche zu keinem Element (Linie, Bereich, Auflager, etc.) verbunden sind sowie Linien ohne zugeornete Elementeigenschaften. Es gibt folgende Optionen:

Von der Auswahl: Nur ausgewählte Knoten und Linien werden überprüft.

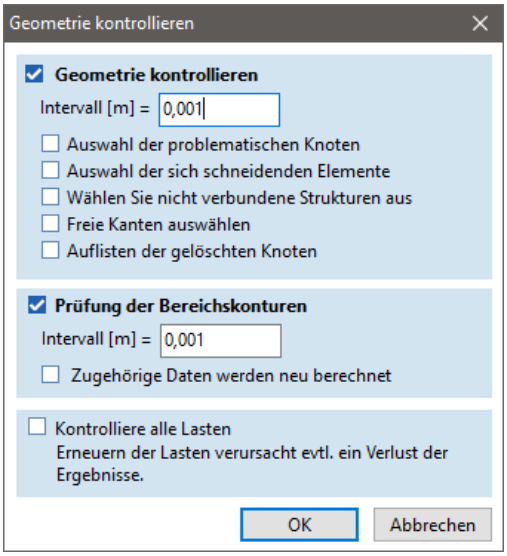
Auch Linien und Knoten innerhalb von Bereichen prüfen: Wenn netzunabhängige Lasten auf dem Bereich platziert werden, können zusätzliche Knoten und Linien innerhalb des Bereichs erstellt werden, um die Erstellung des Netzes zu steuern. Das Löschen des Netzes entfernt diese Knoten und Linien nicht. Da sie im Modell keine physische Rolle haben, werden solche Knoten und Linien vom Löschvorgang erfasst. Wenn Sie diese Option unaktiviert lassen, bleiben sie erhalten.

Auswählen aber nicht löschen: Unnötige Linien und Knoten werden ausgewählt aber nicht automatisch gelöscht.

4.8.19. Geometrie kontrollieren

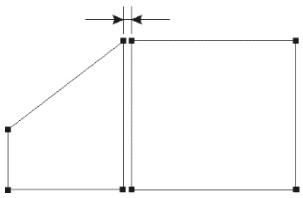


Diese Funktion markiert oder entfernt überflüssige Knoten und Linien innerhalb eines gegebenen Toleranzintervalls und bereinigt Bereichskonturen durch Erzwingen von in derselben Ebene gelegenen Kontursegmenten und
Anpassen von Kreisbögen falls der Radius am Anfangs- und Endpunkt unterschiedlich ist.
Findet freie oder duplizierte Knoten und Linien innerhalb der angegebenen Toleranz. Knoten, die näher als diese Entfernung sind, werden als Duplikate angesehen.
Wenn *Auswahl der problematischen Knoten* aktiviert ist, werden Knoten näher als der eingegebene Wert ausgewählt. Ist die Option deaktiviert, werden diese Knoten gelöscht und ein neuer Knoten mit gemittelten Koordinaten wird erstellt. Der Befehl gibt die Anzahl der zusammengeführten Knoten / Linien an.

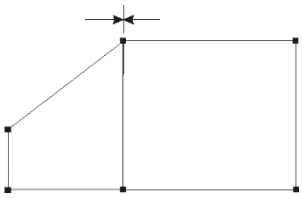


Wenn *ungebundene Strukturen auswählen* gewählt wird, wird eine Warnung ausgegeben, falls Linien oder Knoten vorhanden sind, welche nicht mit dem Rest der Struktur verbunden sind.
Der Befehl *Freie Kanten auswählen* wählt allen Kanten aus, welche nur mit einem Oberflächenelement verbunden sind. Mit dieser Auswahl können Kanten gefunden werden, bei welchen das Netz zweier Bereiche nicht verbunden ist.
Wenn *Auflisten der gelöschten Knoten* aktiviert ist, wird eine Liste gelöschter Knoten mit den ursprünglichen Knotennummern von *vor* dem Löschen angezeigt. Mit den Knoten verbundene Linien werden durch eine einzelne Linie zum neuen Knoten ersetzt.
Wenn *Auswahl der sich schneidenden Elemente* aktiviert ist, werden sich schneidende Elemente ausgewählt, bei denen sich kein Knoten am Schnittpunkt befindet.
Wenn *Freie Knoten und Linien auswählen* aktiviert ist, wird eine Warnung angezeigt, wenn freie Linien oder Knoten nicht mit dem Rest der Konstruktion verbunden sind.

Sie können die maximale Interval (Distanz) für zu verschmelzende Knoten festlegen.
Der Standardwert ist 0.001 [m].



Vor der Prüfung



Nach der Prüfung

Prüfung der Bereichskonturen

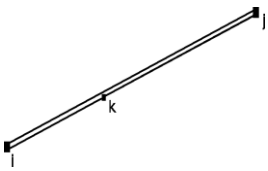
Wenn diese Option aktiviert ist, entfernt das Programm Zickzack-Formen aus nahezu geraden Segmenten von Bereichskonturen, wenn die Abweichung von der Linie unter der festgelegten Toleranz liegt.

Kontrolliere alle Lasten

Diese Funktion stellt alle Lasten wieder her, die von der Geometrie abhängen (wie z. B. Flächenbelastungen, die über Träger verteilt werden). Der Wiederaufbau von Lasten kann zu Verlusten von Ergebnissen führen.

☞ ***Die Netzkontrolle findet den folgenden Fehlertyp nicht. Eine Linie und ein zu dieser Linie paralleler Polygonzug verdecken sich einander, und die Anfangs- und Endpunkte der Linie und des Polygonzuges haben dieselben Koordinaten.***

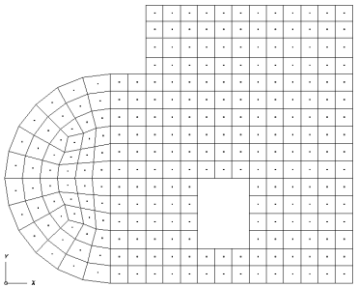
In diesem Fall benutzen Sie die Funktion ***Schnittpunkt***, damit in den sich kreuzenden Linien einen Schnittpunkt automatisch erzeugt wird.
Falls bei der Vernetzung Probleme mit zu nahe beieinander liegenden Knoten auftreten, sollte die Funktion ***Schnittpunkt*** aufgerufen und im Auswahlfenster (*=Alle) alle Geometrie-elemente ausgewählt werden.

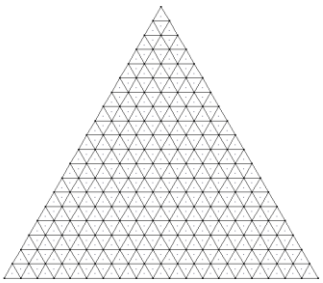


4.8.20. Fläche



Mit diesem Befehl werden die Netzteile markiert, auf denen im späteren finite Flächenelemente definiert werden. Wenn man Flächen (Platten, Scheiben, Schalen) modellieren will, muss man ein Netz konstruieren, das ein kontinuierliches Viereck- bzw. Dreiecknetz bildet. Die Fläche-Funktion sucht aus dem markierten Netzteil die mit vier oder drei Seiten begrenzten, konvexen und ebenen Flächen. Diese werden registriert und ihr Mittelpunkt wird mit einem weissen Punkt bezeichnet. Alle Netzlinien, die zu den zu modellierenden Flächen gehören, müssen – in einem Schritt oder in mehreren Schritten – markiert werden. Nur die so bestimmten Flächen können als Flächenelemente definiert werden.
Durch die Einführung von Bereichen und automatisch generierten Netzen wurde diese Option als veraltet eingestuft.





☞ ***Das Programm behandelt nur solche Viereckelemente als Ebenen, wo die maximale Abweichung von der Ebene, die von den drei anderen Punkten bestimmt wird, kleiner ist als der im*** *Einstellungen / Service / Editieren / Genauigkeit der Konstr.* ***vorgegebene Wert.***

4.8.21. Modifizieren, Transformieren

Dient zur Änderung der bereits definierten geometrischen Elemente.

Die Änderung der Lage eines/einer Knotenpunkts/Linie hat die folgenden Schritte:

1. Positionieren Sie den Cursor auf den/ die Knotenpunkt / die Linie /Flächenmittelpunkt
2. Während des permanenten Drückens der linken Maustaste, ziehen Sie den Knotenpunkt/ die Linie/ das Flächenelement weg.
3. Bewegen Sie den Knotenpunkt/ die Linie/ das Flächenelement in die neue Position oder schreiben Sie die neuen Koordinaten in Koordinatenpalette ein, dann drücken Sie eine Befehlstaste.

☞ ***Wenn es mehrere markierte Knotenpunkte und/oder Linien gibt verändert das Modifizieren die Lage aller Knotenpunkte/Linien.***

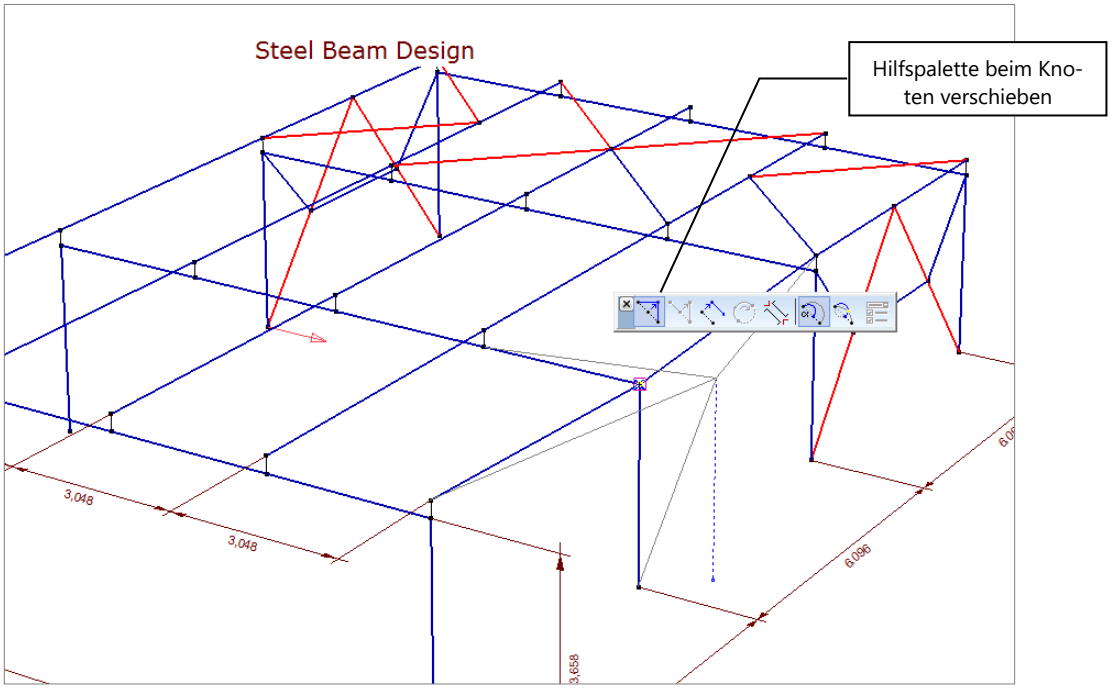
Schnell-Editor**:** Wenn Sie an einen Knoten anklicken, springen Sie sofort in die Tabelle, und Sie können dort die Koordinaten editieren. Wenn mehrere markierte Knoten vorhanden sind, können Sie in der Tabelle die Koordinaten aller Knoten editieren.

Mehrere Knotenpunkte können gleichzeitig in eine Ebene justiert werden, wenn die gewünschte Ebene parallel zu einer Koordinatenebene ist.
Die Schritte sind folgende:

1. Klicken Sie einen markierten Knoten an.
2. In der Tabelle markieren Sie die Spalte der gewünschten Koordinaten.
3. Aktivieren Sie das Menübefehlt *Editieren / Gleichen Wert setzen* in der Tabellenanwendung, und geben Sie den Koordinatenwert ein.

Hilfspaletten

Abhängig vom Typ des zu verschiebenden Elementes erscheinen entsprechende Hilfspaletten am Bildschirm. Ihre jeweilige Position am Bildschirm kann unter *Einstellungen/Grundeinstellungen /Werkzeugleiste* festgelegt werden.



Knoten verschieben




Angrenzende Linien werden mitgezogen


Selektierte Linien werden beim Verschieben des Knotens nicht mitgezogen.


Am Knoten hängende Linien werden parallel mitverschoben


Fase


Kehlnaht

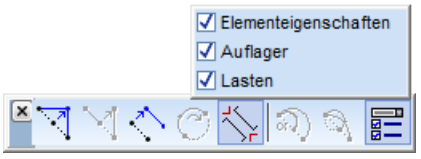

Angeschlossenen Kreisbögen werden verkürzt oder verlängert.


Eine Kopie des Knotens wird vom Original getrennt


Zentriwinkel eines am Knoten hängenden Bogens bleibt konstant


Der neue Bogen wird definiert durch den verschobenen Knoten, den Anfangspunkt und den Mittelpunkt des Originalbogens.


Wenn das Symbol Trennen (5. Element auf der Werkzeugleiste) aktiv ist, können Sie die Eigenschaften wählen, die von dem ausgewählten Knoten / Linie / Bogen getrennt werden.

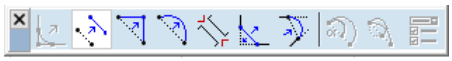


Koordinaten der Knoten angeben: an den Knoten klicken, erscheinen die Tabelle der Knoten, wo Sie seine Koordinaten modifizieren können. Nach der Auswahl des ein oder mehr Knoten, können Sie die Koordinaten der selektierte Knoten in dem Eigenschaftseditor modifizieren.

Beispiel*:* Knoten passen zu eine Flache parallel mit eine globale Koordinatenfläche.

1. Knoten selektieren.
2. Der wünschte Wert der Koordinate in dem Eigenschaftseditor angeben.

Linien verschieben




Kehlnaht


Die Linie parallel verschieben.


Aufbrechen der Line an der Cursorposition und Einfügen eines Zwischenknotens.


Einen Bogen aufziehen.


Ein Kopie der Linie vom Original trennen.


Eine abgeschnittene Linie parallel zur ursprünglichen Position verschieben.


Eine gerade Linie durch einen Kreisbogen ersetzen, der durch 2 Tangentenendpunkten festgelegt wird.


Siehe... *Knoten verschieben*

Bögen verschieben




Kehlnaht


Parallel verschieben.


Strecken des Bogen auf eine Linie.


Bogenradius ändern.


Vergrössern / Verkleinern des Bogens.


Eine Kopie des Bogens vom Original trennen.


Siehe... *Knoten verschieben*

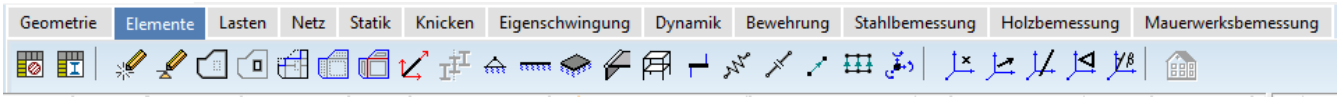
Objekte transformieren

Siehe... *2.16.6 Geometrische Objekt-Transformationen*

4.8.22. Löschen

[Del] **Siehe...** *3.2.9 Löschen*

4.9. Elemente



Definieren der Eigenschaften der finiten Elemente.
Die einzelnen finiten Elemente werden mit den folgenden Eigenschaften definiert:

Finites Element	*Material*	*Profil*	*Referenz*	*Steifigkeit*	*Fläche*
Fachwerkstab	•	•	**o**		
Stab	•	•	•	**o**	
Rippe	•	•	**o**		
Scheibe	•		•		•
Platte	•		•		•
Schale	•		•		•
Auflager			**o**	•	
Starrkörper					
Feder					
Kontaktelement			**o**	•	
Verbindungselement			**o**	•	
Randgelenk			**o**	•	

o: kann angegeben werden, aber nicht obligatorisch

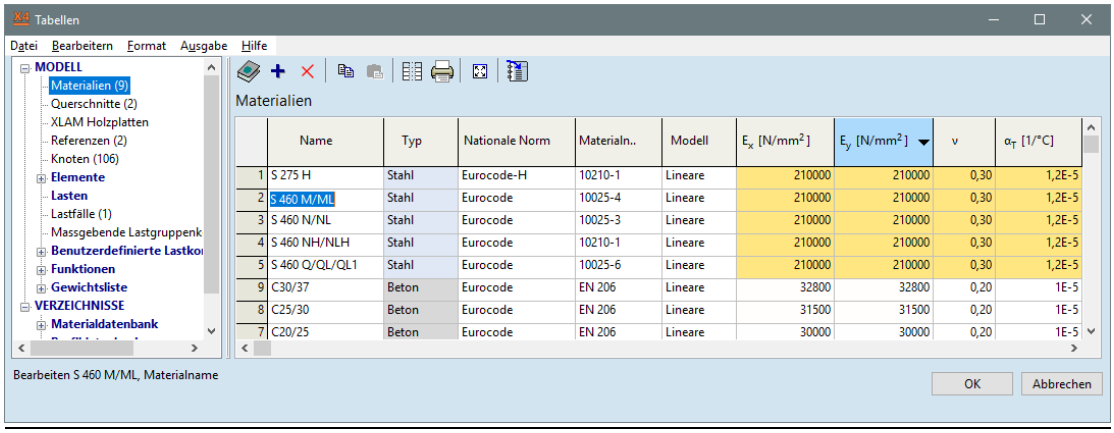
Mit diesen Funktionen können finite Elemente von verschiedenen Typen definiert werden. Beim Definieren müssen die notwendigen Eigenschaften angegeben werden. Im Folgenden werden die Funktionen in Zusammenhang mit den finiten Elementen erläutert.

Die schon definierten finiten Elemente werden mit kontinuierlichen Netzlinien dargestellt, die nichtdefinierten Elemente sind mit gestrichelten Linien bezeichnet.

4.9.1. Material

Material definieren





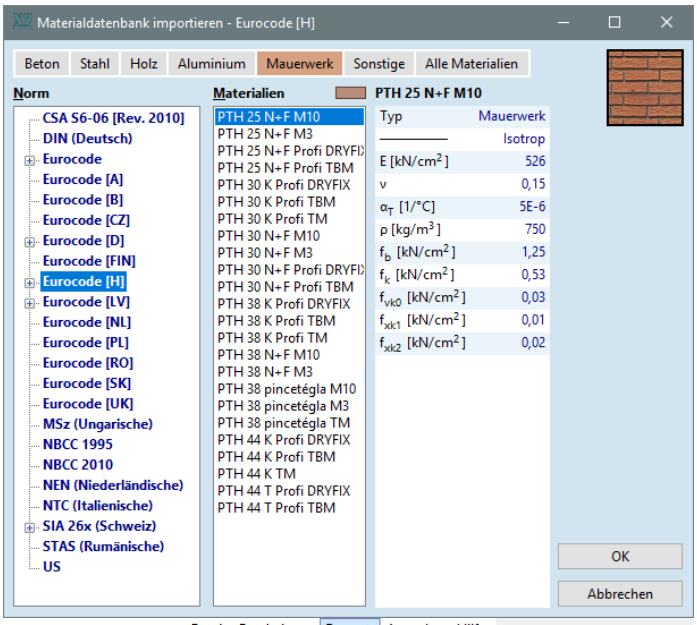
Für Farbkennzeichnung von Tabellenzellen Sortieren nach Spalten siehe *2.9 Tabellen*
Ermöglicht Materialien zu erstellen oder diese von der Materialbibliothek zu laden. Wird hier ein Material gelöscht, so werden auch alle Materialeigenschaften von den Elementen mit diesem Material entfernt.

Selektieren von der Datenbank



[Shift+Ctrl+M]

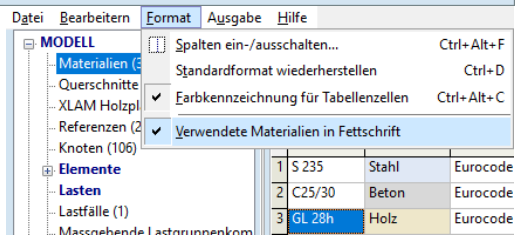
Die Materialdatenbank enthält die in der Praxis eines Statikers vorkommenden Materialkennwerte nach den Normen Eurocode, DIN, SIA und STAS. Die hier - in der Datenbank - definierten Materialien sind für alle Modelle anwendbar.
Siehe... *3.1.15 Materialdatenbank*



Wählen Sie eine Materialart aus der horizontalen Liste oben aus, um die Liste der verfügbaren Materialien zu filtern.

Klicken Sie auf *Hinzufügen*, um ein neues Material zur Tabelle der Materialien hinzuzufügen. Klicken Sie auf *Ersetzen*, um das Material der aktuellen Tabellenzeile zu ersetzen.

Format / Verwendete Materialien in Fettschrift hilft, um nicht ausversehen Materialien zu löschen, die verwendet werden.
Aufgeführte aber nicht verwendete Materialen können leicht gelöscht werden mit dem Befehl *Bearbeiten / Nicht verwendete Materialien löschen.*



☞ ***Wenn ein schon definiertes Material gelöscht wird, werden die Elemente, die mit diesem Material definiert wurden, auch gelöscht.***

Material-eigenschaften

Die einzelne finite Elemente werden mit den folgenden Materialeigenschaften definiert:

Finites Element	*E*	*ν*	*α*	*ρ*
Fachwerkstab	•		•	•
Stab	•		•	•
Rippe	•		•	•
Scheibe	•	•	•	•
Platte	•	•	•	•
Schale	•	•	•	•
Auflager				
Starrkörper				
Diaphragma				
Feder				
Kontaktelement				
Verbindungselement				

Anzeigen, Definieren und Aendern von Materialeigenschaften ist beschrieben unter *3.1.15 Materialdatenbank*

☞ ***Das Programm benutzt ein linear elastisches oder plastisches Materialgesetz (anhand des Hookeschen Gesetzes) und isotropes oder orthotropes Material zum Definieren der Fachwerkstäbe, Stäbe, Rippen-, Platten-, Scheiben-, Schalen-Elemente.***

Einige Elemente können nichtlineares elastisches Material (Fachwerkstab) oder nichtlineare Steifigkeiten (Auflager, Kontaktelement, Verbindungselemente, Federelemente) haben.

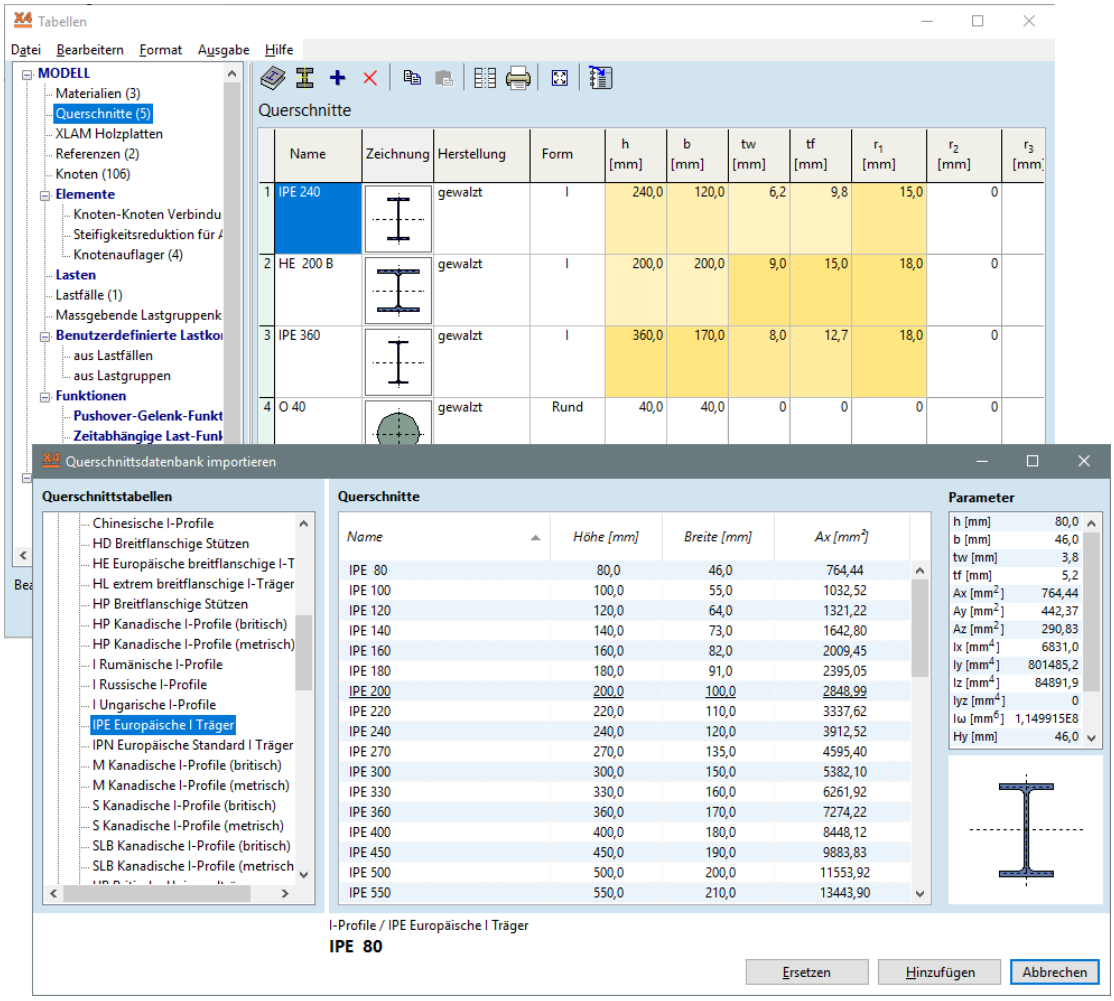
Das nichtlineare Materialmodell wird nur bei nichtlinearer Berechnung berücksichtigt.

In einer linearen Berechnung werden die Anfangssteifigkeiten für nichtlineare Elemente angesetzt.

4.9.2. Querschnitt

Querschnitte definieren





Für Farbkennzeichnung von Tabellenzellen Sortieren nach Spalten siehe *2.9 Tabellen*

Ermöglicht das Definieren und Speichern von Querschnitten oder das Laden von Querschnitten aus einer Profiltabelle (**siehe...** *4.9.2.1 Profiltabellen durchsuchen*). Die Träger-, Fachwerk- und Rippenelemente erfordern einen Querschnitt. Die Eigenschaften werden im lokalen Koordinatensystem des Elements interpretiert. Für Querschnittseigenschaften **siehe...** *3.1.16 Profildatenbank*

☞ ***Falls ein Querschnitt gelöscht wird, verlieren alle davon betroffenen Linienelemente ihre Querschnittsdefinition. Die Linien selber werden nicht gelöscht.***

Die Werte aller Eigenschaften müssen definiert werden.

Querschnittseigenschaften werden im lokalen Koordinatensystem der der Fachwerkstäbe, Stäbe oder Rippenelemente definiert.

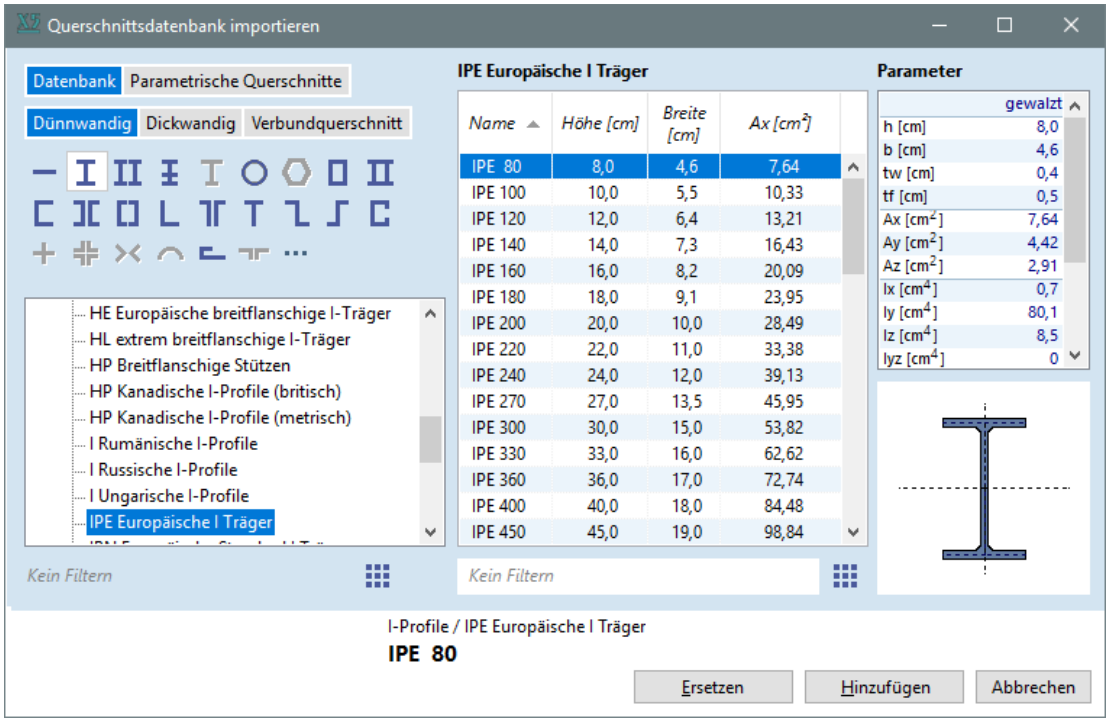
4.9.2.1. Profiltabellen durchsuchen

Ein Querschnitt kann aus der Profildatenbank importiert oder durch Eingabe geometrischer Parameter definiert werden, die parametrische Formen beschreiben.

Profildatenbank

Wählen Sie dünnwandige oder dickwandige Querschnitte und klicken Sie auf die gewünschte Form in der Werkzeugleiste. In der Baumstruktur auf der linken Seite werden die verfügbaren Tabellen für die ausgewählte Form aufgelistet.
Die Liste in der Mitte zeigt die Querschnitte der ausgewählten Tabelle. Durch Klicken auf die Spaltenüberschrift wird die Liste in aufsteigender / absteigender Reihenfolge nach dem jeweiligen Parameter sortiert: Name, Höhe, Breite, Ax (Querschnittsfläche). Ein oder mehrere Querschnitte können ausgewählt werden. Die Querschnittsparameter und eine Darstellung erscheinen auf der rechten Seite.
Für Querschnittseigenschaften **siehe...** *3.1.16 Profildatenbank*

☞ ***Wenn eine Schaltfläche deaktiviert ist, enthält die Datenbank keine Tabellen für die jeweilige Form. Wenn Sie eine benutzerdefinierte Profiltabelle mit diesem Querschnittstyp definieren und diesen Dialog öffnen, wird die Schaltfläche aktiviert.***

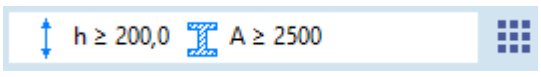


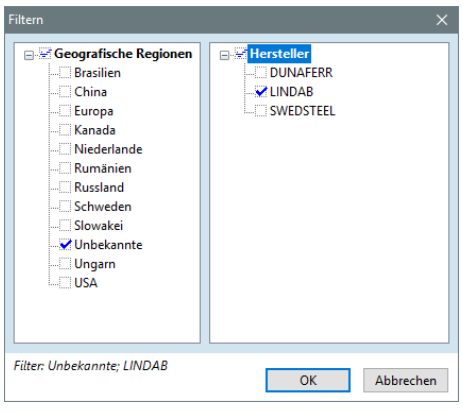
Klicken Sie auf die Schaltfläche *Ersetzen*, um die ausgewählte Zeile in der Profiltabelle durch die hier ausgewählte Option zu ersetzen. Klicken Sie auf die Schaltfläche *Hinzufügen*, um ausgewählte Elemente in die Profiltabelle zu integrieren. Wenn mehrere Querschnitte ausgewählt sind, wird *Ersetzen* deaktiviert.

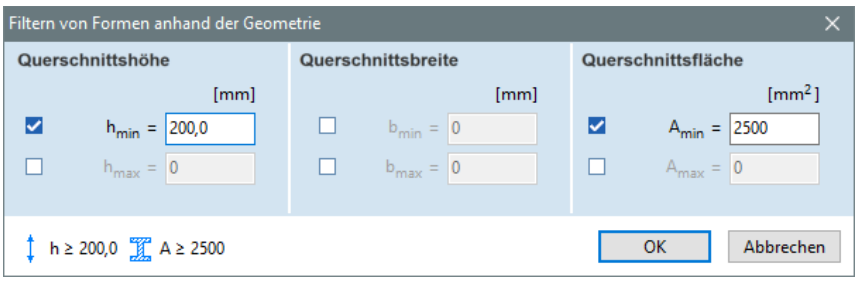
Filter

Die Liste der Querschnitte mit der ausgewählten Form kann nach geografischen Regionen und Herstellern gefiltert werden. Klicken Sie auf die Schaltfläche unten links, um den Filter zu konfigurieren.

Eine weitere *Filter*-Schaltfläche befindet sich unter der Querschnittsliste. Klicken Sie darauf, um die gewünschten Filterkriterien für die minimale / maximale Höhe, Breite oder Querschnittsfläche festzulegen.

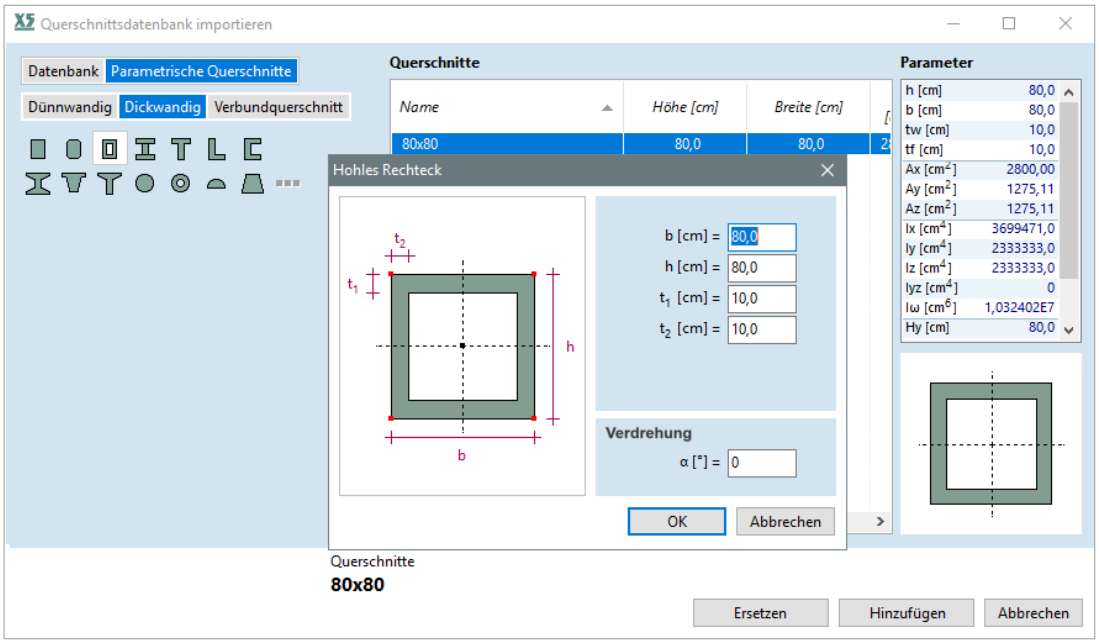






Parametrische Formen

Wählen Sie dünnwandige, dickwandige oder Verbund-Querschnitte und klicken Sie auf die gewünschte Form in der Werkzeugleiste, um einen Dialog zu öffnen. Legen Sie die Parameter fest, die die Geometrie beschreiben, und klicken Sie auf OK, um den Querschnitt der Liste der parametrischen Querschnitte mit einem generierten Namen hinzuzufügen. Sie können der Liste verschiedene parametrische Formen hinzufügen.
Doppelklicken Sie auf den Namen, um ihn zu bearbeiten. Drücken Sie Delete, um ausgewählte Querschnitte aus der Liste zu entfernen.



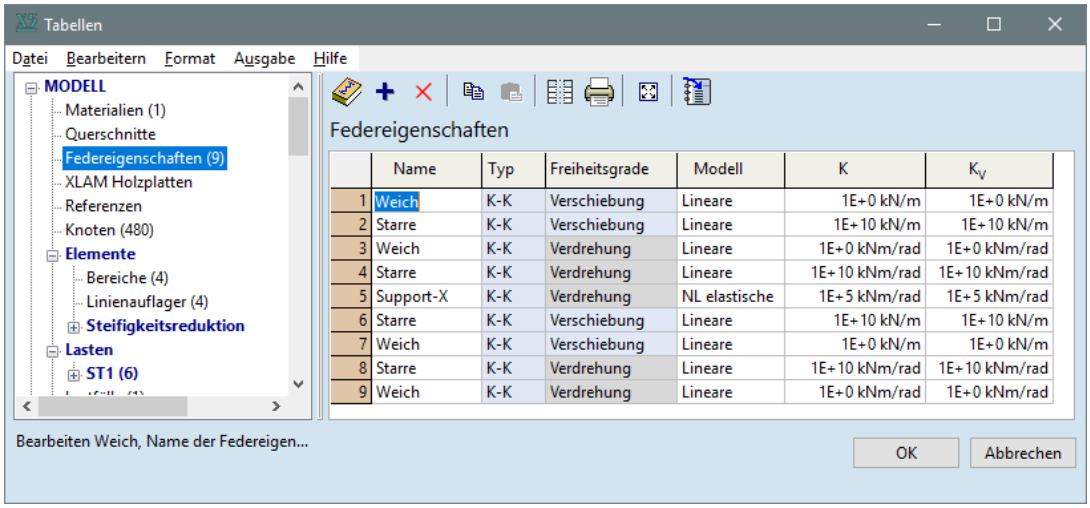
Wenn nur ein Querschnitt in der Liste vorhanden ist, klicken Sie auf die Schaltfläche *Ersetzen*, um die ausgewählte Zeile in der Profiltabelle durch die hier ausgewählte Option zu ersetzen. Klicken Sie auf die Schaltfläche *Hinzufügen*, um ausgewählte Elemente in die Profiltabelle zu integrieren. Wenn mehrere Querschnitte ausgewählt sind, wird *Ersetzen* deaktiviert.

☞ ***Im Falle von parametrischen Formen müssen keine Querschnitte in der Liste ausgewählt werden, um sie zu importieren. Die gesamte Liste wird importiert.***

4.9.3. Federeigenschaften

Federn Definieren

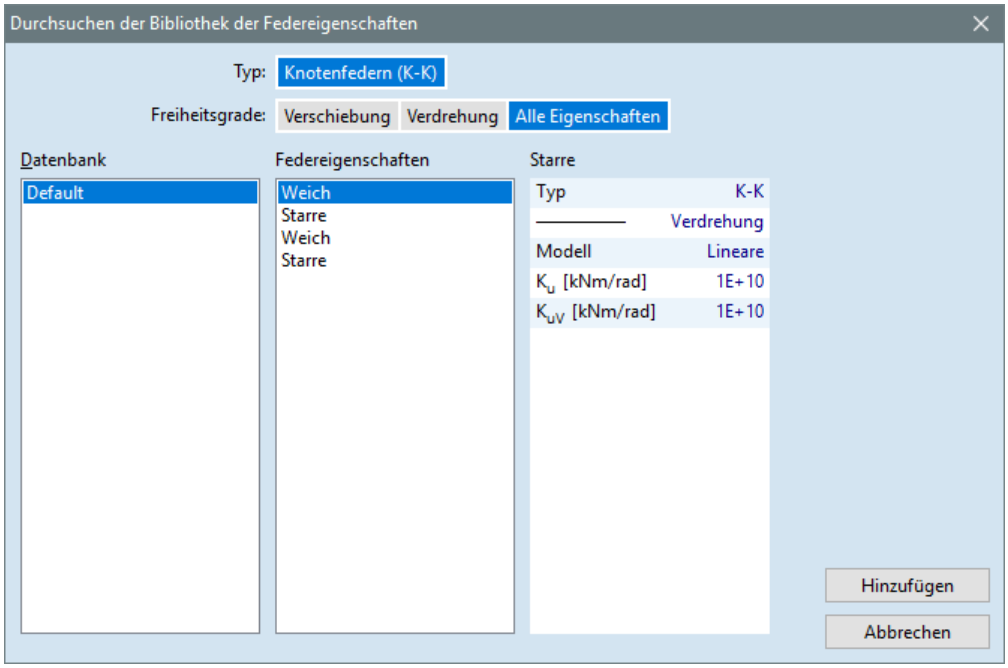
Neue Federn können im Tabellenbrowser unter Federn eingegeben werden. Diese Tabelle zeigt die im aktuellen Modell angegebenen Federeigenschaften. Die unbenutzten Federn können mit der Funktion *Bearbeiten/Löschen unbenutzter Federn* gelöscht werden.



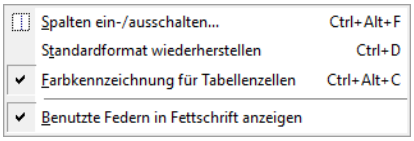


Durchsuchen der Feder-Bibliothek

Die Feder kann aus der Feder-Bibliothek ausgewählt werden. Es erscheint ein Fenster mit Bibliotheken und den Federn. Die Federn sind in Abhängigkeit vom gewählten Freiheitsgrad (translatorisch, drehbar, alle) aufgeführt. Die Eigenschaften der ausgewählten Feder werden in der dritten Spalte angezeigt.



Die Aktivierung von *Format / Verwendete Federn fett gedruckt anzeigen* hilft zu vermeiden, dass eine Feder während der Verwendung gelöscht wird.
Aufgelistete, aber unbenutzte Federn können mit dem Befehl *Bearbeiten / Löschen unbenutzter Federn* einfach entfernt werden.





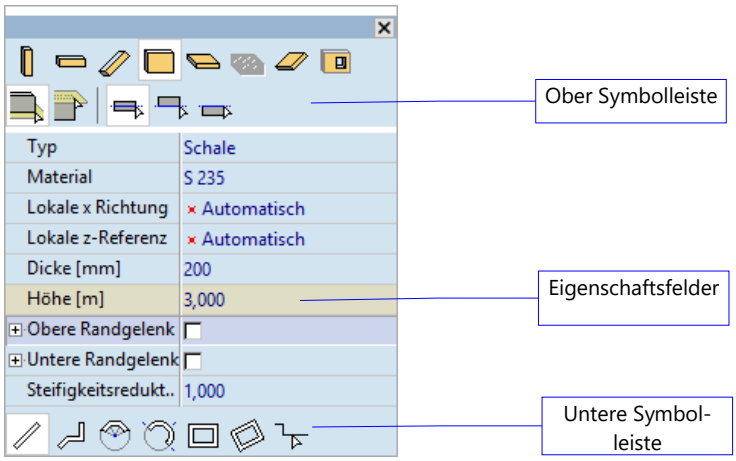
Neue Feder

Eine neue Feder definieren gemäss *3.1.17 Feder-Bibliothek*

Federeigenschaften Bestehende Federn können durch Anklicken einer nicht editierbaren Spalte modifiziert werden. Im erscheinenden Dialog können alle Eigenschaften der Feder definiert oder geändert werden.
Die Federegenschaften sind beschrieben unter *3.1.17 Feder-Bibliothek.*

4.9.4. Objekte direkt erstellen





Nach Klicken auf das „Objekte direkt Erstellen" Icon erscheint eine entsprechende Werkzeugleiste und ein Materialeigenschaften-Editor. Mit Hilfe dieses Fensters können Stützen, Balken, Wände, Decken und Löcher direkt gezeichnet werden. Die Eigenschaften der Bauteile können voreingestellt und beim Zeichnen jederzeit geändert werden.
Die obere Werkzeugleiste zeigt die Objekt-Typen und deren Orientierung (für Stützen und Wände). Das Eigenschaftsfeld erlaubt das Editieren der Objekteigenschaften.
Die untere Werkzeugleiste zeigt die verfügbaren Zeichnungsmethoden (ein Segment, Polylinie, Polygon, Rechteck, etc.).
Klicken in eine Bereichskontur vor dem Zeichnen eines Lochs erzwingt das Zeichnen innerhalb der Ebene des Bereichs.

Objekt-Typen

 *Stützen* (in globaler Z Richtung)

 *Stab* (in globaler X-Y Ebene)

 *Stab* (räumlich)

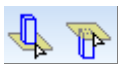
 *Wand* (immer vertikal mit konstanter Höhe , obere und untere Ränder sind parallel zu der globalen X-Y Ebene)

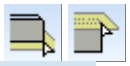
 *Decken-Bereich* (parallel zu der globalen X-Y Ebene)

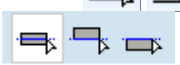
 *Allgem. Oberflächen-Bereich* (räumlich)

 *Loch*

Objekt-Referenz-punkte

 *Stütze nach oben / nach unten*

 *Wand nach oben / nach unten*



Wandausrichtung: Während des Zeichnens von Wänden kann eingestellt werden, ob die gezeichnete Linie die Mittellinie oder die linke / rechte Seite der Wand ist (oder die innere / äussere Seite im Falle von Bögen und Rechtecken).

Objekt- Geometrie

 *Stütze*

 *Einzel-Segment Stab oder Wand*


Stab oder Wand-Polylinie


Bogenförmiger Stab mit Zentrum, Start -und Endpunkt


Bogenförmiger Stab durch 3 Punkte


Polygonaler Stab oder Wand


Wände in Rechteckform


Wände auf einem gedrehten Rechteck


Wände auf vorhandenen Linien oder auf Linien einer Hintergrundfolie



Rechteckige Decke / Öffnung



Schräge rechteckige Decke / Öffnung



Polygonförmige Decke / Öffnung



Runde Decke / Öffnung

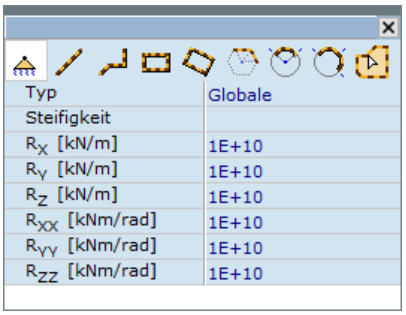


Komplexe Decke / Öffnung

4.9.5. Auflager direkt erstellen



Diese Funktion erlaubt es, direkt Knoten- und Linienauflager mit voreingestellten Eigenschaften zu konstruieren.




Knotenauflager


Linienauflager, Linie


Linienauflager, Polygon


Linienauflager, Rechteck


Linienauflager, Rechteck gedreht


Linienauflager, Polygon durch Mittelpunkt und zwei weiteren Punkten


Linienauflager, Bogen durch Mittelpunkt und zwei weiteren Punkten

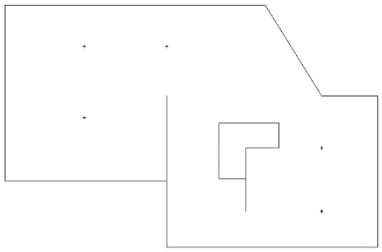

Linienauflager, Bogen durch drei Punkte


Linienauflager auf Ränder eines Bereichs

4.9.6. Bereich



Ein Bereich ist ein ebenes Strukturelement mit einer komplexen geschlossenen polygonalen Kontur aus Linien und Bögen.
Ein Bereich kann Löcher, innere Linien und Knoten enthalten. Polygone, Löcher, innere Linien und Knoten müssen in derselben Ebene liegen.



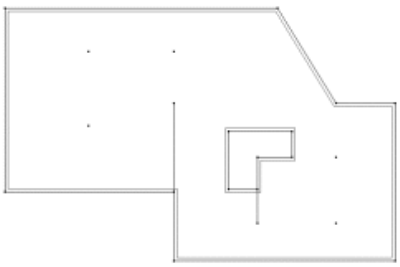
Ein Bereich besitzt die folgenden Parameter:

- Typ des Elements (Platte, Scheibe, Schale)
- Material
- Dicke
- Exzentrizität
- Lokales Koordinatensystem
- Benutzerdefinierte Farbe für gerenderte Ansicht

Die folgenden Parameter können dem Polygonzug des Bereiches, inneren Linien, Knoten und Lochkanten zugeordnet werden:

- Punkt-, Linien- und Flächenauflager
- Rippenelement
- Streckenlast
- Eigengewicht
- Temperaturlast
- Knotenfreiheitsgrad (DOF)

Das Bereich wird durch eine innerhalb der Umrisslinie gezogene gefärbte:



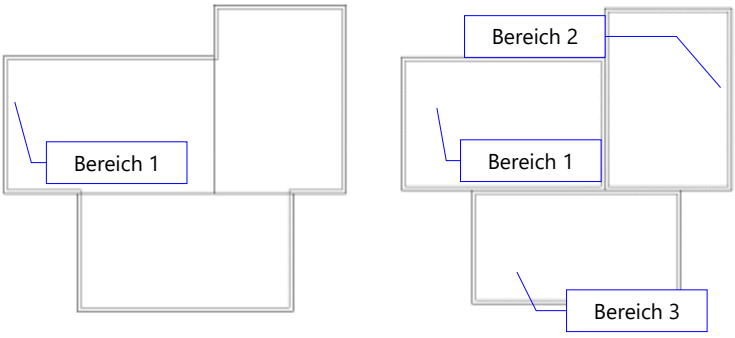
Grün - Schale
Rot - Platte
Blau - Scheibe

Konturlinie dargestellt

Mit Hilfe von Bereichen kann man Wände, Decken und Faltwerke als komplexe Konstruktionselemente verwalten.

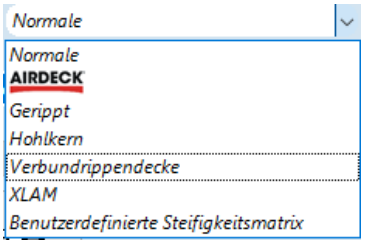
Für die FE-Vermaschung von Bereichen kann man die automatische Netzgenerierung benutzen.
Siehe... *4.11.1.2 Netzgenerierung* von Bereichen

Ein Konstruktionselement kann aus ein aber auch aus mehreren Bereichen ausgebildet sein.



Ein Bereich kann weitere Innenbereiche enthalten.

Unterschiedliche Bereichstypen sind verfügbar



- *Normaler Bereich* (für normale Decken, Wände, etc.)
- *Airdeck Bereich* (für Hohldeckensystem, erfordert ADK Modul)
- *Geripptер Bereich* (für parametrisierte Rippendecken)
- *Hohlkern Bereich* (Für Hohlkern-Decken)
- *Verbundrippen Bereich* (für Verbundrippendecken)
- *XLAM Bereich* (für Brettsperrholzplatten)
- *Benutzerdefinierte Steifigkeitsmatrix*

4.9.6.1. Definieren eines normalen Bereichs

Finites Element

Ebene können mit verschiedenen Typen von finiten Elemten modelliert werden (Membrane, Platten, Schalen). Die Bedeutung dieser Typen wird beschrieben in *4.9.10 Flächenelemente*

Definieren eines Bereiches

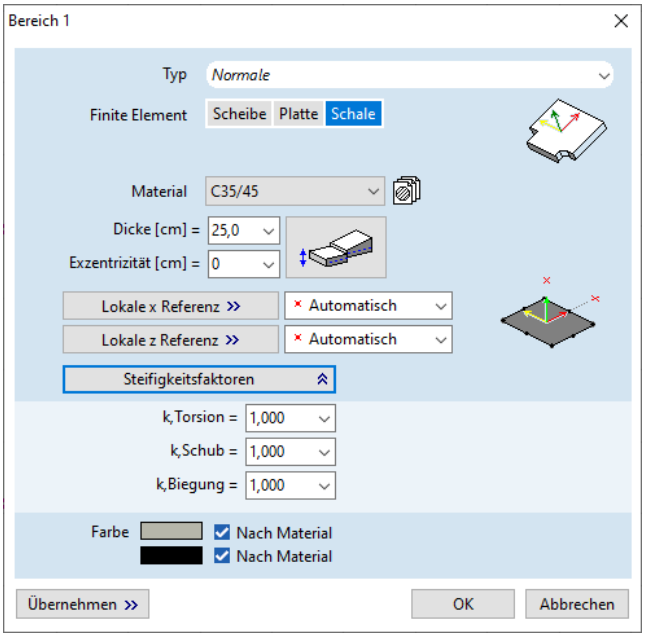
Markieren Sie die Liniengruppe die, die Grenzlinie eines (oder mehreren) Bereiches ist. Das Programm sucht aus der Liniengruppe den grössten in einer Ebene liegende geschlossenen Polygonzug aus. Dann ordnet es den Polygonen die im Dialogfenster eingestellten Parameter zu.

Material

Ein Material aus der Bibliothek auswählen oder eines aus der Liste der vorhandenen Materialen wählen.

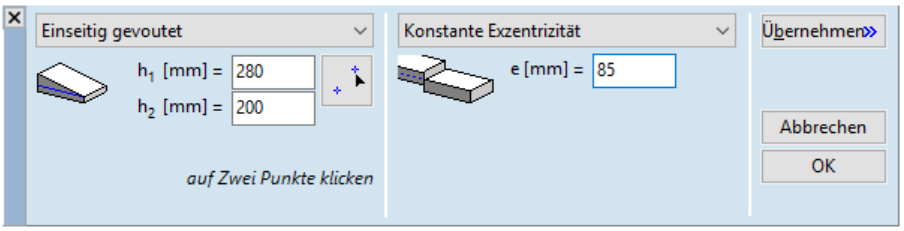
Dicke, Exzentrizität

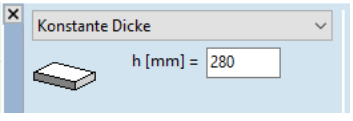
Eingabe der Dicke und Exzentrizität für einen normalen Bereich.
Voutenförmige Bereiche und/oder Bereiche mit variabler Exzentrizität können definiert werden, nachdem der entsprechende Knopf rechts von den Eingabefeldern gedrückt wird.



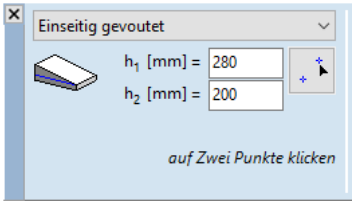
Konische Ebene und/oder Ebenen mit variabler Exzentrizität können durch das klicken des Knopfes auf der Seite des Bearbeitungsfeld defniert werden.





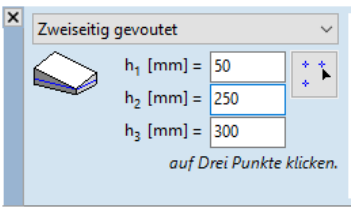


Im Fall *Konstante Dicke* wird die Bereichsdicke *h* eingegeben.



Für *Einseitig gevoutet* ist die Bereichshöhe h_1, h_2 einzugeben. Anschliessend mit Klick auf das Symbol die zwei Referenzhöhen setzen. Die Dicke des Bereichs wird sich linear zwischen den beiden Referenzpunkten verändern.





Für *zweiseitig gevoutet* ist die Bereichshöhe h_1, h_2, h_3 einzugeben. Anschliessend das Symbol anklicken und die drei Referenzpunkte absetzen. Die Dicke des Bereichs verändert sich linear zwischen den drei Punkten. Die drei Referenzpunkte können nicht auf einer Linie liegen.



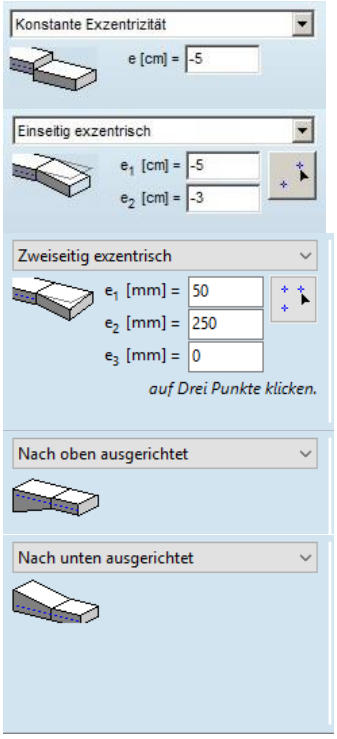
☞ ***Wird eine Dicke mit Null eingegeben, erscheint eine Fehlermeldung.***

☞ ***Wenn die Steigung der Höche grösser 5% ist, kann eine Bewehrung nicht mehr berechnet werden.***

☞ ***Die Referenzebene des statischen Modells ist die mittlere Ebene des Bereiches. Exzentrizität ist relativ zur dieser Ebene.***

Exzentrizität

Exzentrizität definieren ist optional. *Konstante Exzentrizizät* aus der Liste oder e = 0 setzt die Achse des Bereichs auf die identische Höhe wie die Ebene des statische Tragwerks. Andere Optionen sind



Konstante Exzentrizität: Achse des Bereichs bekommt einen Abstand e zu der lokalen z Achse.

Einseitig exzentrisch: Definieren von e_1, e_2, dann das Symbol anklicken und danach die zwei Referenzpunkte setzen. Die Exzentrizität wird sich linear zwischen diesen beiden Punkten anpassen.

Zweiseitig exzentrisch: Definieren von e_1, e_2, e_3, dann das Symbol anklicken und danach die drei Referenzpunkte setzen. Die Exzentrizität der Achse wird sich linear zwischen den drei Punkten anpassen.

Nach oben/unten ausgerichtet: Exzentrizität ist sinnvoll, bei verjüngten Bereichen oder bei verbundenen Bereichen mit unterschiedlicher Dicke. Dann wird die Exzentrizität automatisch berechnet. Verjüngte Bereiche haben null Exzentrizität an der dünnsten Seite – es sei denn sie sind in einer Exzentrizitätsgruppe.
Nach oben ausgerichtete Bereiche haben die obere Aussenfläche parallel zur lokalen x-y Ebene. *Nach unten ausgerichtete* Bereiche haben die untere Aussenfläche parallel zur lokalen x-y Ebene.

Wenn mehrere Bereiche selektiert und die Funktion *Exzentrizitätsgruppe* aktiviert wird, wird die Exzentrizität der Bereiche auf die obere oder untere Aussenfläche ausgerichtet. Wird die Dicke eines Bereichs geändert, wird die Exzentrizität der anderen Bereiche in der Gruppe angepasst, damit die Aussenflächen ausgerichtet bleiben.
Mit dem *Übernehmen* Symbol kann die Dicke und Exzentrizität eines anderen Bereichs übernommen werden. Da Referenzpunkte auf übernommen werden, wird sich die Dickenänderung an die Ebene des definierten Bereichs anpassen. Exzentrizitäten und Exzentritätsgruppen können auch in der Farbcodierung dargestellt werden (**siehe...** *2.19.3 Farbcodierung*), Exzentrizitätsgruppen können als Details dargestellt werden (**siehe...** *2.16.14 Detail*).

k, Torsion

Für Betonwände kann die Schubsteifigkeit reduziert werden.
k,Torsion Faktor muss zwischen 0.1 und 1 liegen , z.Bsp. kann die Torsionsfestigkeit einer Betonwand 10%-100% sein, verglichen mit dem elastischen, isotropen Material.

k,Schub

Für Mauerwerksmaterial können die Schubsteifigkeit sowie die Schubfestigkeit reduziert werden.
k,Schub Faktor muss zwischen 10^{-6} und 1,0 liegen , z.Bsp. kann die Schubfestigkeit einer Mauerwerkswand 10^{-4}%-100% sein, verglichen mit dem elastischen, isotropen Material.
Für Betonwände kann die Schubsteifigkeit reduziert werden.
k,Schub Faktor muss zwischen 10^{-6}und 1,0 liegen , z.Bsp. kann die Schubfestigkeit einer Betonwand 10^{-4}%-100% sein, verglichen mit dem elastischen, isotropen Material.

k,Biegung Bei Beton ist es möglich eine Reduzierung des Biegewiderstands der Stb.-Wand einzustellen. Der Beiwert *k,bending* muss zw. 0.1 und 1 liegen. Verglichen mit dem isolastisch-isotropisch Material kann der Biegewiderstand der Stb.-Wand kann zw. 10%-100% liegen.

☞ ***Im Falle von Betonflächenelementen mit Bewehrung berücksichtigt die nichtlineare Analyse* k,Schub *und* k,Torsion *nicht, wenn die Berücksichtigung der Bewehrung in der Analyse überprüft wird* (siehe... *6.5.6 Nichtlineare Berechnung von Stahlbetonflächen*)**

Farbe Im gerenderten Ansichtsmodus können Bereiche eine eigene Farbe der Füllung und Aussenlinie haben. Die Standardwerte werden von den Materialfarben bestimmt. Wenn eine Farbe zugewiesen wurde, dann wird diese bei dem Bereich in der Drahtmodellansicht und in der gerenderten Ansicht massgebend. **Siehe...** *2.16.5 Farbcodierung*

Modifizieren Klickt man auf die innere - gefärbte - Konturlinie eines Bereiches, öffnet sich das Dialogfenster des Bereiches mit seinen Parametern.

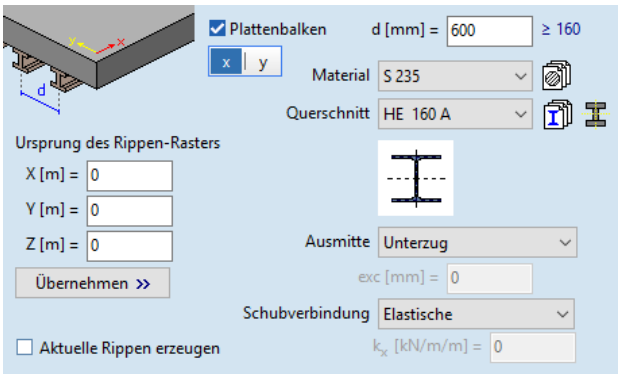
Löschen Drückt man die **[Del]-**Taste an und markiert den Bereich, kann man den Dialog abschliessen. Es werden dann die Eigenschaften des Bereiches (Lasten, Auflager) gelöscht. Die - den Bereich aufbauenden - Linien und Knoten werden dabei nicht gelöscht.

4.9.6.2. Verbundrippen Bereich

Die Definierung eines zusammengesetzten gerippten Bereichs ist ein einfacher Weg, um ein System von Rippen über einem Bereich zu platzieren. Im Gegensatz zu den parametrisch gerippten Platten (1) können die Rippen in lokaler x- oder y-Richtung verlaufen, aber nicht in beide, (2) ihr Material kann sich von dem des Bereiches unterscheiden und (3) sie können jeden Querschnitt aus der Querschnittsbibliothek oder einen erstellten Querschnitt aus dem Querschnittseditor haben.
Neben den grundlegenden Bereichsparametern (**siehe...** *4.9.6.1 Definieren eines normalen Bereichs*) können folgende Parameter definiert werden:

☞ ***Verbundrippen Bereiche erfordern ein Platten- oder Schalenelement.***

Ursprung des Rippen-Rasters Rippen verlaufen entlang eines Rasters in lokaler x- und y-Richtung.
Der Ursprung dieses Rasters kann numerisch definiert oder im Modell ausgewählt werden.



Der Abstand (*d*) von Rippen kann nicht kleiner sein als die Breite des Querschnitts.
Die Exzentrizität der Rippen kann eingestellt werden. Die Schubverbindung kann *Elastisch* oder *Steif* eingestellt werden mit einer gegebenen Steifigkeit k_x.

Aktuelle Rippen erzeugen Im Falle von Stahlrippen, welche ganz oder teilweise in Beton eingeschlossen sind, muss die Option *Echte Rippen erstellen* unausgewählt bleiben. Sind obere oder untere Rippen an der Plattenoberfläche befestigt oder ist deren Abstand gross im Vergleich zu den Bereichsabmessungen, wird die Aktivierung dieser Option empfohlen.

☞ ***Die Referenzebenen des statischen Modells ist die mittlere Ebene der Betonplatte.***

Anwendung logischer Rippen Wenn die Option "Tatsächliche Rippen erstellen" deaktiviert ist, werden Verbundrippen als logische Elemente dargestellt. Es werden keine finiten Elemente erstellt. Rippen werden bei der Erstellung der Materialsteifigkeitsmatrix der Platte berücksichtigt. Aus der 3D-Geometrie werden die effektiven orthotropen elastischen Konstanten des Materials berechnet, die geeignet sind, um die Steifigkeit eines sich wiederholenden Körpers mit einem 2D-Modell darzustellen. Dies erfolgt nach der Theorie der asymptotischen Homogenisierung. Die Wirksamkeit einer solchen Methode wird hauptsächlich durch das Verhältnis der Wiederholungslänge und der dominanten Grösse des zu modellierenden Bereichs beeinflusst (in diesem Fall das Verhältnis von Parameter d und der Spannweite des Bereichs senkrecht zu den Rippen).

☞ ***Als allgemeine Richtlinie können wir sagen, dass der Abstand der Rippen viel kleiner ist als die Grösse des Bereichs in der Ebene.***

Die Materialsteifigkeitsmatrix eines allgemeinen Schalenelements:

$$\begin{Bmatrix}\{N\}\\ \{M\}\end{Bmatrix} = \begin{bmatrix}\mathcal{A} & \mathcal{B}\\ \mathcal{B}^{\mathrm{T}} & \mathcal{D}\end{bmatrix}\begin{Bmatrix}\{\epsilon_0\}\\ \{\kappa\}\end{Bmatrix},$$

$$\begin{Bmatrix}Q_x\\ Q_y\end{Bmatrix} = K_s\begin{bmatrix}A_{44} & A_{45}\\ A_{45} & A_{55}\end{bmatrix}\begin{Bmatrix}\gamma_x\\ \gamma_y\end{Bmatrix}$$

wobei

$$\mathcal{A} = \begin{bmatrix}A_{11} & A_{12} & A_{16}\\ A_{12} & A_{22} & A_{26}\\ A_{16} & A_{26} & A_{66}\end{bmatrix};\ \mathcal{B} = \begin{bmatrix}B_{11} & B_{12} & B_{16}\\ B_{12} & B_{22} & B_{26}\\ B_{16} & B_{26} & B_{66}\end{bmatrix};\ \mathcal{D} = \begin{bmatrix}D_{11} & D_{12} & D_{16}\\ D_{12} & D_{22} & D_{26}\\ D_{16} & D_{26} & D_{66}\end{bmatrix}$$

Diese Matrix kann aus der 6 × 6-Steifigkeitsmatrix des allgemeinen Hooke'schen Gesetzes hergeleitet werden. Matrix $\mathcal{B}$ repräsentiert den Kopplungseffekt zwischen Biegung und Membran oder anders ausgedrückt die exzentrischen Effekte. Diese Matrix kann nur dann null sein, wenn die Rippen keine Exzentrizität haben. In jedem anderen Fall muss die Struktur mithilfe von Schalenelementen modelliert werden, um einen schwerwiegenden Informationsverlust zu vermeiden. Die Einträge der Matrizen werden bestimmt, indem unabhängige Verzerrungszustände auf ein 3D-Modell angewendet werden und das erhaltene Spannungsfeld nachgerüstet wird. Da ein Schalenelement acht Verzerrungskomponenten hat, müssen wir im Hintergrund acht Finite-Elemente-Berechnungen durchführen. Eine Schale, die mit den so berechneten Steifigkeitseigenschaften ausgestattet ist, entspricht dem ursprünglichen Problem insofern, dass die Arbeit, die benötigt wird, um den Körper auf ein bestimmtes Niveau zu verformen, gleich bleibt, aber nicht die Äquivalenz aller Verschiebungskomponenten in allen Punkten beinhaltet.

☞ ***Logische Rippen sind am effektivsten, wenn der Abstand der Rippen klein ist oder die Platte vor allem durch verteilte Lasten beansprucht wird. Dies ist auf die lokalen Effekte konzentrierter Kräfte zurückzuführen.***

4.9.6.3. Hohlkern Bereich

Neben den grundlegenden Bereichsparametern können folgende Parameter definiert werden:

☞ ***Hohlkern Bereiche erfordern Beton als Material und ein Platten- oder Schaltenelement.***

Hohlraumtyp



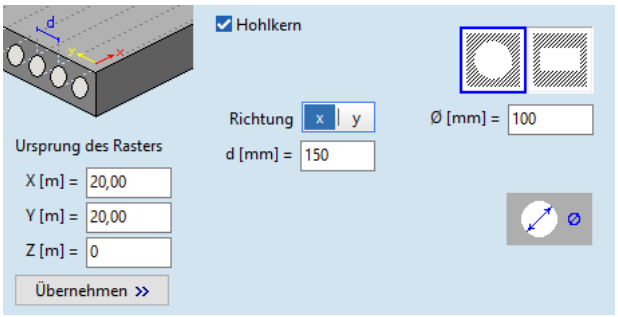
Kreisförmig



Rechteckig

Ursprung des Rasters

Hohlräume verlaufen entlang eines Rasters in lokaler x- und y-Richtung.
Der Ursprung dieses Rasters kann numerisch definiert oder im Modell ausgewählt werden.



Hohlräume in x / y Richtung

Die Verlaufsrichtung von Hohlräumen kann hier gewählt werden.



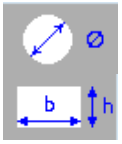
☞ ***Die Referenzebenen des statischen Modells ist die mittlere Ebene der Betonplatte.***

Kreisförmige Hohlräume

Parameter: *Ø* ist der Durchmesser des Hohlraumes, *d* die Distanz zwischen den Mittelpunkten der Hohlräume.

Rechteckige Hohlräume

Parameter: *b* ist die Breite der Hohlräume, *h* deren Höhe, *d* ist die Distanz zwischen den Mittelpunkten der Hohlräume.



Berechnung

Die Berechnungsmethode ist die gleiche wie bei *Verbundrippen Bereich*, da die Konfigurationen als Sonderfälle davon betrachtet werden können. Folglich gelten alle Eigenschaften der dort beschriebenen Methode auch für diesen Bereichs-Typ.

☞ ***Als allgemeine Richtlinie können wir sagen, dass der Abstand der Lücken viel kleiner ist als die Grösse des Problembereichs in der Ebene.***

Im Zusammenhang mit der elastischen Anisotropie kann die Materialsteifigkeit (ABD-Matrix) eines allgemeinen flachen Schalenelements mit dem folgenden Gleichungssystem beschrieben werden:

$$\begin{Bmatrix}\{N\}\\\{M\}\end{Bmatrix} = \begin{bmatrix}\mathcal{A} & \mathcal{B}\\ \mathcal{B}^{\mathrm{T}} & \mathcal{D}\end{bmatrix}\begin{Bmatrix}\{\epsilon_0\}\\\{\kappa\}\end{Bmatrix};\ \begin{Bmatrix}Q_y\\Q_x\end{Bmatrix} = K_s\begin{bmatrix}A_{44} & A_{45}\\A_{45} & A_{55}\end{bmatrix}\begin{Bmatrix}\gamma_y\\\gamma_x\end{Bmatrix}$$

mit

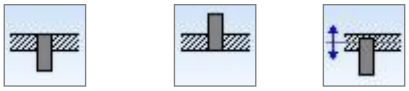
$$\mathcal{A} = \begin{bmatrix}A_{11} & A_{12} & A_{16}\\A_{12} & A_{22} & A_{26}\\A_{16} & A_{26} & A_{66}\end{bmatrix};\ \mathcal{B} = \begin{bmatrix}B_{11} & B_{12} & B_{16}\\B_{12} & B_{22} & B_{26}\\B_{16} & B_{26} & B_{66}\end{bmatrix};\ \mathcal{D} = \begin{bmatrix}D_{11} & D_{12} & D_{16}\\D_{12} & D_{22} & D_{26}\\D_{16} & D_{26} & D_{66}\end{bmatrix}$$

Matrizen können aus der 6x6-Steifigkeitsmatrix des verallgemeinerten Hooke'schen Gesetzes abgeleitet werden. B stellt die Materialbeziehung zwischen Normalkräften und Biegung dar, die im vorliegenden Fall nur Nullwerte aufweist. Steifigkeitswerte ungleich Null werden durch die Berechnung von durchschnittlichen Spannungen bestimmt, die auf Zustände reiner Dehnung, angewendet am repräsentativen Volumenelement des Materials, zurückzuführen sind.

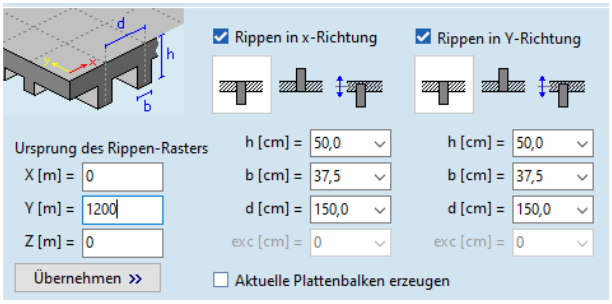
4.9.6.4. Parametrisierte Rippendecken

Abgesehen von den Standardparametern der Bereichen können folgende Parameter definiert werden:

Rippentyp



Unterzug *Überzug* *Anwender-spezifische Exzentrizität*



Ursprung des Rippen-Rasters

Rippen folgen einem Raster von Linien in der lokalen x und y Richtung. Der Rasterursprung kann eingegeben oder im Modell ausgewählt werden. Die Rippen können als logische oder tatsächliche Rippen modelliert werden.

Rippen in x / y Richtung

Rippen, die in x und y Richtung verlaufen, haben folgende Geometrieparameter: *h* ist die Rippenhöhe, *b* ist die Rippenbreite, *d* ist der Abstand der Rippen, *exc* ist die Exzentrizität (sofern eine eigene Exzentrizität definiert wird).

☞ ***Der maximale Wert der Rippenexzentrizität liegt bei (Plattendicke + h) / 2***

☞ ***Die Referenzebenen des statischen Modells ist die mittlere Ebene der Betonplatte.***

Berechnung

Die Berechnungsmethode ist die gleiche wie bei *Verbundrippen Bereich*, da die Konfigurationen als Sonderfälle davon betrachtet werden können. Folglich gelten alle Eigenschaften der dort beschriebenen Methode auch für diesen Bereichs-Typ.

☞ ***Als allgemeine Richtlinie können wir sagen, dass der Abstand der Lücken viel kleiner ist als die Grösse des Problembereichs in der Ebene.***

Eine weitere Konsequenz der Homogenisierung ist, dass die Steifigkeitsspitzen an den Rippenschnittstellen geglättet werden, was zu einer unzureichenden Bemessung führen kann. Die Anwendungsgrenzen für eine Rippenplatte als homogene Platte sind in EN 1992-1-1: 2010, Kapitel 5.3.1 zusammengestellt. Das Programm erkennt automatisch, wenn diese Vorgaben nicht erfüllt werden.

☞ ***Bei Verletzung geometrischer Einschränkungen wird der Benutzer mit einem Nachrichtenfenster informiert.***

Aktuelle Rippen erzeugen

Diese Methode ist nicht anwendbar auf nichtlineare Berechnungen. Um vernünftige nichtlineare Ergebnisse zu erhalten, müssen die aktuellen Rippen erzeugt werden. Diese Option erstellt automatisch die Rippen entsprechend der Parameter.

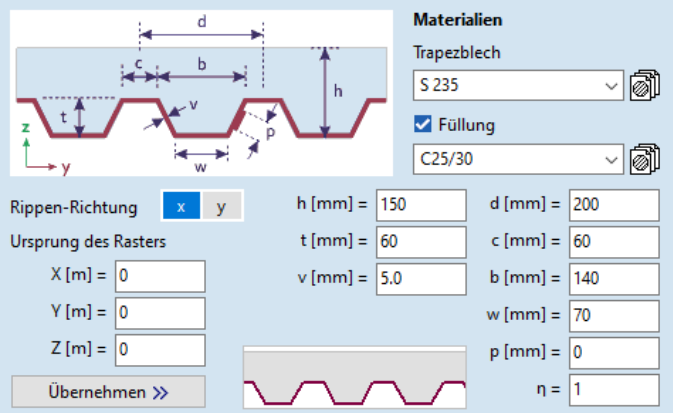
4.9.6.5. Trapezförmige Profilbleche

Für die Definition der grundlegenden Parameter Gehen Sie zu *4.9.6.1 Definieren eines normalen Bereichs*

☞ ***Die trapezförmige Platte muss aus Stahl sein und das Füllmaterieal muss Beton sein.***

Füllmaterial Falls kein Haken bei diesem Feld gesetzt ist, ist der Bereich nur ein trapezförmiges Profilblech. Falls der Haken gesetzt ist, ist es eine Verbundplatte, bei der das Profilblech mit Beton gefüllt ist.

Ursprung Bleche in der trapezförmigen Platte verlaufen in der lokalen x oder y Richtung des Bereiches abhängig des Schalters: *Blechrichtung*. Geben Sie die globalen Koordinaten X, Y, Z ein um den Ursprung des Blechsystems zu definieren oder klicken Sie die *Pick up* Taste, um ihn per Klick zu definieren.

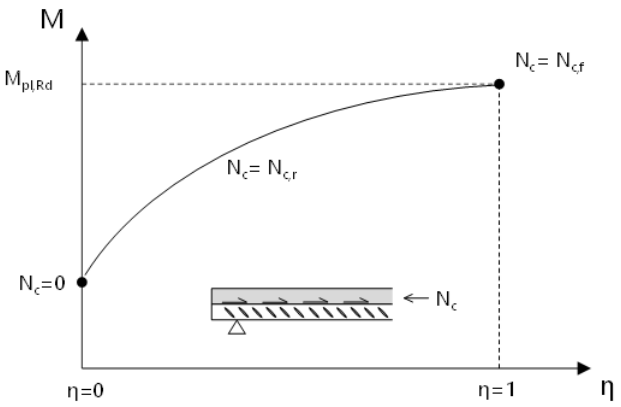


Parameter In der Abbildung oben sind die wichtigsten geometrischen Parameter einer trapezförmigen Verbundplatte zu sehen. Gewalzte Rippen und Endverankerungen stellen für Gewöhnlich die Schubverbindung zwischen dem Trapezblech und dem Beton sicher. Die Parameter η und p stellen die Effektivität der Schubverbdingung und die Breite der Rippen dar. Der Einfluss der Rippen wird vom Programm bei der Berechnung des Biegewiderstandes des Trapezbleches ignoriert.

η steht für den Anteil des vollen Druckwiderstandes der oberen Betonplatte ($N_{c,f}$), welcher auf das Trapezblech übertragen wird. Wenn η kleiner als 1.0 ist, ist der Biegewiderstand der Verbundplatte kleiner als im Fall eines vollen Schubverbundes

$$N_{c,f} = 0.85 f_{cd}(h - t),$$

wobei f_{cd} der Druckwiderstand des Beton ist.



Wenn nur die Rippen die Schubverbindung übernehmen, ist der Anteil der Schubverbindung über den Auflagern 0 und nimmt mit zunehmendem Abstand vom Auflager zu. In diesem Fall wird empfohlen, die Platte in mehrere Bereich zu unterteilen und für jeden Bereich einen eigenen Wert für η festzulegen. Der exakte Wert kann aus der zulässigen Schubspannung ($\tau_{u,Rd}$) berechnet werden. Diese hängt massgebend von der Geometrie der Rippen ab und unterscheidet sich daher stark von einem Trapezblech zum anderen. Sollte $\tau_{u,Rd}$ unbekannt sein, kann η folgendermassen berechnet werden:

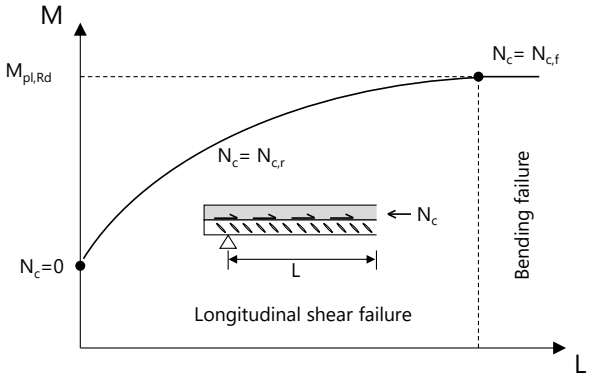
$$\eta = \frac{\tau_{u,Rd} L}{N_{c,f}} \leq 1,$$

Wobei *L* der Abstand zum Auflager darstellt.

Falls nur Endverankerungen verwendet werden kann der Anteil der Schubverbindung für den ganzen Bereich folgendermassen berechnet werden:

$$\eta = \frac{V_{ld}}{N_{c,f}} \leq 1,$$

Wobei V_{ld} der Widerstand der Endverankerung ist.
Falls sowohl Endverankerungen als auch Rippen verwendet werden, kann der Anteil der Schubverbindung als Summe der beiden oben dargestellten Formlen berechnet werden.



☞ ***Falls kein Füllmaterial angewendet wird, ist die Referenzebene des statischen Modells die mittlere Ebene des Profilblechs (t/2). Sonst ist es die mittlere Ebene der Verbundplatte (h/2).***

Analyse Die Berechnungsmethode ist die Gleiche, welche auch bei *Verbundrippen Bereich* verwendet wird, da diese Konfiguration als ein Spezialfall angeschaut werden kann. Folgerichtig stimmen alle Fakten, welche über die Methode dort geschrieben wurde, auch über diesen Bereich hier.

4.9.6.6. Bereich mit benutzerdefinierter Steifigkeitsmatrix

Die Eingabe einer benutzerdefinierten Steifigkeitsmatrix bietet vollständige Kontrolle über die Beziehungen zwischen internen Kraftkomponenten und Verzerrungen. Diese Lösung wird in jedem Fall empfohlen, wenn andere Modellierungslösungen nicht möglich sind und der Benutzer in der Lage ist, die erforderlichen Werte zu erzeugen, oder eine entsprechende Quelle besitzt. Der gebräuchliche Ausdruck für diese Matrix ist die ABD-Matrix. ABD-Matrizen müssen positiv definit sein, dieses Kriterium wird vom Programm überprüft.

Die Indizes der Matrixelemente folgen der Voigt - Notation mit der geringfügigen Modifikation des Vertauschens von τ_{xz} und τ_{yz}. Deshalb ist

$$\sigma_1 = \sigma_{11},\ \sigma_2 = \sigma_{22},\ \sigma_3 = \sigma_{33},\ \sigma_4 = \sigma_{23},\ \sigma_5 = \sigma_{13},\ \sigma_6 = \sigma_{12}$$

und

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_{11},\ \varepsilon_2 = \varepsilon_{22},\ \varepsilon_3 = \varepsilon_{33},\ \varepsilon_4 = \varepsilon_{23},\ \varepsilon_5 = \varepsilon_{13},\ \varepsilon_6 = \varepsilon_{12}.$$

Daher ist die Zuordnung von Verzerrungen auf Spannungen mit der allgemeinen Form des Hooke'schen Gesetzes für anisotrope Materialien gegeben:

$$\begin{Bmatrix}\sigma_1\\ \sigma_2\\ \sigma_3\\ \sigma_4\\ \sigma_5\\ \sigma_6\end{Bmatrix} = \begin{bmatrix}C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} & C_{15} & C_{16}\\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & C_{24} & C_{25} & C_{26}\\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & C_{34} & C_{35} & C_{36}\\ C_{41} & C_{42} & C_{43} & C_{44} & C_{45} & C_{46}\\ C_{51} & C_{52} & C_{53} & C_{54} & C_{55} & C_{56}\\ C_{61} & C_{62} & C_{63} & C_{64} & C_{65} & C_{66}\end{bmatrix} \begin{Bmatrix}\varepsilon_1\\ \varepsilon_2\\ \varepsilon_3\\ \varepsilon_4\\ \varepsilon_5\\ \varepsilon_6\end{Bmatrix}$$

wobei sich ein Paar von Indizes auf das Element der Materialsteifigkeitsmatrix bezieht, das sich auf die gegebene Steifigkeitskomponente bezieht.

Die Bedeutung von Blöcken kann wie folgt definiert werden:
A_{ij} – Membransteifigkeit (Normalkräfte – relative Dehnung)
D_{ij} – Plattensteifigkeit (Momente – Biegung)
S_{ij} – Angepasste Schubsteifigkeit (Schubkräfte – relative Schubdehnung)
B_{ij} – Verbindungssteifigkeit (Normalkräfte – Biegung oder Momente – relative Dehnung)

$$\begin{bmatrix} n_x \\ n_y \\ n_{xy} \\ m_x \\ m_y \\ m_{xy} \\ v_{xz} \\ v_{yz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{16} & B_{11} & B_{12} & B_{16} & & \\ A_{12} & A_{22} & A_{26} & B_{12} & B_{22} & B_{26} & 0 & \\ A_{16} & A_{26} & A_{66} & B_{16} & B_{26} & B_{66} & & \\ B_{11} & B_{12} & B_{16} & D_{11} & D_{12} & D_{16} & & \\ B_{12} & B_{22} & B_{26} & D_{12} & D_{22} & D_{26} & 0 & \\ B_{16} & B_{26} & B_{66} & D_{16} & D_{26} & D_{66} & & \\ & 0 & & & 0 & & S_{44} & S_{45} \\ & & & & & & S_{45} & S_{55} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \\ \kappa_x \\ \kappa_y \\ \kappa_{xy} \\ \gamma_{xz} \\ \gamma_{yz} \end{bmatrix}$$

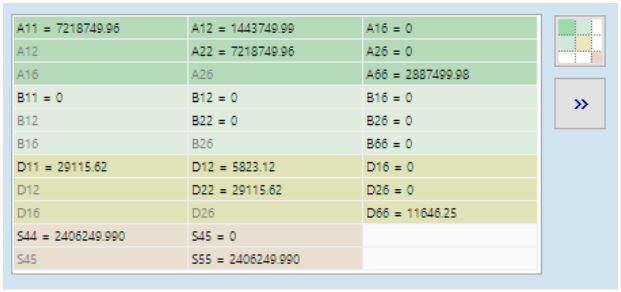
Die grundlegenden Eigenschaften des Bereichs können wie für normale Bereiche eingegeben werden. Diese Parameter werden nur die visuelle Repräsentation beeinflussen, da die physischen Eigenschaften durch die Steifigkeitsmatrix bestimmt werden.

☞ ***Korrigierte Schubsteifigkeitskomponenten müssen die Korrekturfaktoren für Schub beinhalten, wie im Kapitel über XLAM Bereiche beschrieben. Im allgemeinen Fall weichen diese vielleicht von 5/6 ab, was für homogene Bereiche verwendet wird, und sind vielleicht unterschiedlich in verschiedenen Richtungen. Die Bestimmung der Korrekturfaktoren für Schub liegt in der Verantwortung des Benutzers.***

☞ ***Die Bedeutung der verschiedenen Steifigkeitsparameter wird in einem speziellen Theoriehandbuch erklärt.***

Steifigkeitsmatrix

Am unteren Ende des Dialogs sind Steifigkeitswerte angezeigt, welche den Untermatrizen A, B, D und S zugeordnet sind.





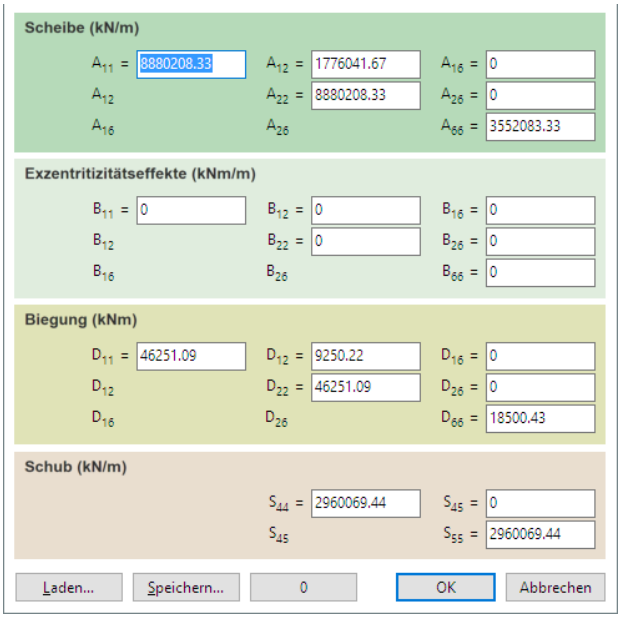
Steifigkeitsmatrix bearbeiten

Klicken Sie auf diese Schaltfläche, um Matrixelemente zu bearbeiten. Die Matrix kann durch Klicken auf *Speichern...* in einer SMX-Datei gespeichert werden und durch Klicken auf *Laden...* aus einer SMX-Datei geladen werden. Diese Datei ist eine einfache Textdatei mit den Steifigkeitswerten. Es ist also auch möglich, SMX-Dateien manuell oder mit anderen Programmen zu erstellen. Klicken Sie auf *0*, um alle Steifigkeitskomponenten auf Null zu setzen.



Steifigkeitsmatrix übernehmen

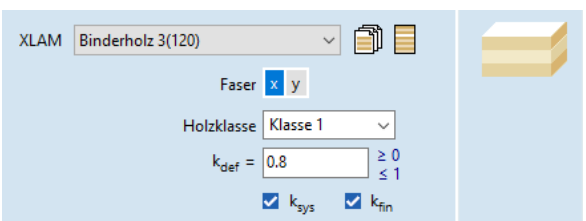
Klicken Sie auf diese Schaltfläche, um die Steifigkeitsmatrix anderer Bereiche aufzurufen (selbst wenn diese keine benutzerdefinierte Steifigkeit haben).



Für weiterführende Informationen siehe *Hilfe / Steifigkeitsmatrix Wegweiser*.

4.9.6.7. XLAM-Bereich – XLM Modul

Dieser Bereichstyp benötigt das XLM Modul für Brettsperrholzplatten (XLAM). AxisVM hat eine Materialdatenbank vieler bekannter Hersteller. Eigene XLAM Platten können auch erzeugt werden.

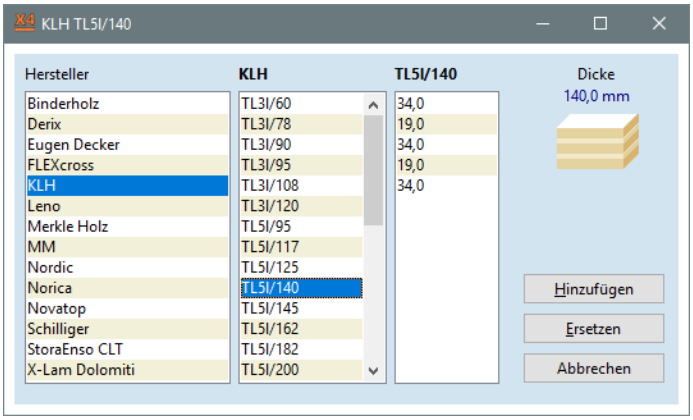


Definition

Die Analyse liefert Verschiebungen, Kräfte, Spannungen und Ausnutzungen in XLAM-Bereichen.

XLAM Datenbank



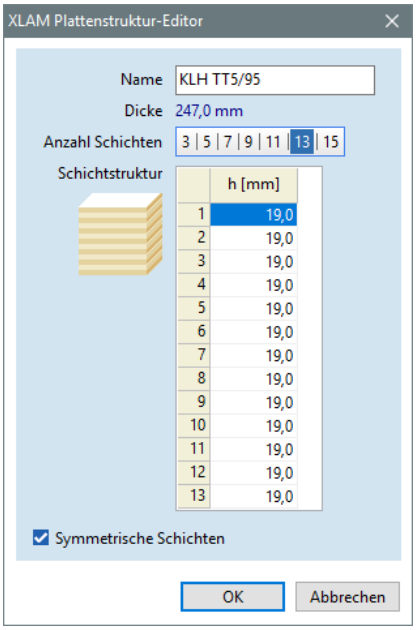


AxisVM verfügt über eine Vielzahl von integrierten Datenbanken der XLAM-Hersteller, die ständig erweitert werden.

Die XLAM Schichtstruktur kann aus einer Datenbank geladen werden.

Plattenstruktur- Editor





Dieser Editor ermöglicht die Definition einer benutzerdefinierten Plattenstruktur.

Das Feld *Name* enthält den Namen der Plattenstruktur.
Die *Dicke* ist die berechnete Gesamtdicke der Platte.
Die *Anzahl Schichten* ist immer ungerade, der Schichtaufbau kann symmetrisch oder asymmetrisch sein. Neben den Dicken der einzelnen Schichten kann der Anwender auch die Ausrichtung ändern.



Feuchtigkeits-gehalt

Dies ist eine Klassifikation basierend auf dem Feuchtigkeitsgehalt des Materials und der relative Feuchte. Für Details siehe *Feuchtigkeitsgehalt* unter *6.7.1 Holzbemessung – TD1 Modul*

Faserrichtung der obersten Schicht

Faserrichtung der obersten Schicht muss definiert werden, entweder in lokale x oder y Richtung.

k_{sys}

Wenn diese Option aktiviert ist, wird der Beiwert zur Erfassung der Systemwirkung bei der Berechnung der Festigkeitseigenschaften des Elements berücksichtigt. Weitere Informationen finden Sie im Bericht "XLAM Theorie und Bemessung".

k_{fin}

Durch die Auswahl wird die Biegefestigkeit mit reduziertem Wert berücksichtigt. Überprüfen Sie, ob die Lamellen keilgezinkt sind. Weitere Informationen finden Sie im Bericht "XLAM Theorie und Bemessung".

Berechnung

Die homogene Schichtstruktur erzeugt eine entsprechend orthortope Steifigkeitsmatrix fürs Material. Die Methode wandelt die geometrische Inhomogenität in ein orthotropes Material um.
Die Materialsteifigkeit für eine allgemeines Schalenelement kann mit folgendem Gleichungssystem beschrieben werden.

$$\begin{Bmatrix}\{N\}\\{M}\end{Bmatrix} = \begin{bmatrix}\mathcal{A} & \mathcal{B}\\ \mathcal{B}^{\mathrm{T}} & \mathcal{D}\end{bmatrix}\begin{Bmatrix}\{\epsilon_0\}\\{\kappa}\end{Bmatrix};\quad \begin{Bmatrix}Q_y\\Q_x\end{Bmatrix} = K_s\begin{bmatrix}A_{44} & A_{45}\\A_{45} & A_{55}\end{bmatrix}\begin{Bmatrix}\gamma_y\\\gamma_x\end{Bmatrix}$$

mit

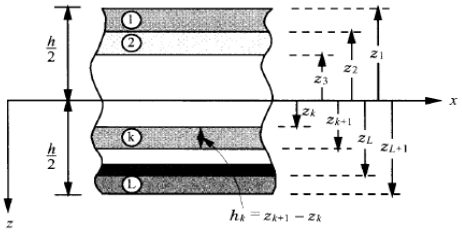
$$\mathcal{A} = \begin{bmatrix}A_{11} & A_{12} & A_{16}\\A_{12} & A_{22} & A_{26}\\A_{16} & A_{26} & A_{66}\end{bmatrix};\ \mathcal{B} = \begin{bmatrix}B_{11} & B_{12} & B_{16}\\B_{12} & B_{22} & B_{26}\\B_{16} & B_{26} & B_{66}\end{bmatrix};\ \mathcal{D} = \begin{bmatrix}D_{11} & D_{12} & D_{16}\\D_{12} & D_{22} & D_{26}\\D_{16} & D_{26} & D_{66}\end{bmatrix}$$

Matrizen können von der 6x6 Steifigkeitsmatrix eines Hooke Modells für orthotrope Materialen abgeleitet werden. B repäsentiert die Materialbeziehung zwischen den Normalkräften und der Durchbiegung. AxisVM beherrscht nur den symmetrisch geschichtete Strukturen. AxisVM verarbeitet auch symmetrische und asymmetrische Fälle, die Schichtorientierungen müssen auf eine der lokalen Koordinatenrichtungen des Bereichs ausgerichtet sein.
Die Matrizen oben werden wir folgt berechnet:

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^{L} (\bar{Q}_{ij})_{(k)} (z_{k+1} - z_k),$$

$$B_{ij} = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{L} (\bar{Q}_{ij})_{(k)} ({z_{k+1}}^2 - {z_k}^2) = 0,$$

$$D_{ij} = \frac{1}{3} \sum_{k=1}^{L} (\bar{Q}_{ij})_{(k)} ({z_{k+1}}^3 - {z_k}^3).$$



Lamination pattern. (Reddy, J. *Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells.* CRC Press, 2004.)

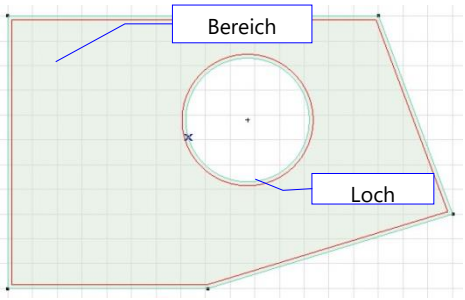
$\bar{Q}_{ij}$ ist der Hooke-Modellwert, welcher in das Koordinatensystem der Panelle transformiert wurde.
Weitere Einzelheiten zur Berechnung der Steifigkeit finden Sie im Handbuch "XLAM Theorie und Bemessung".

4.9.7. Loch



Definieren eines Loches innerhalb von Bereichen.

Man soll die geschlossenen Polygonzüge innerhalb des Bereiches markieren, welche die Löcher abgrenzen. Mehr als eine Aussenlinie kann selektiert werden. Man kann die Löcher im Bereich beliebig verschieben oder aus einem Bereich ins andere verschieben. Die Geometrie der Löcher ist frei zu ändern. Der Polygonzug des Loches und des Bereiches müssen in einer Ebene liegen. Schneidet das Loch die Aussenseiten des Bereichs, so wird das Loch gelöscht.

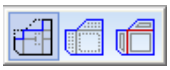


Das Loch wird durch eine ausserhalb der Umrisslinie gezogene gefärbte

grün = Schale,
rot = Platte,
blau = Scheibe

Konturlinie dargestellt.

4.9.8. Bereichsoperationen

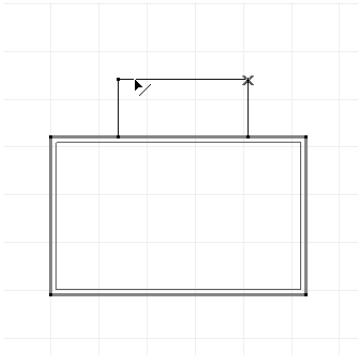


Bereichskonturen können verändert oder beschnitten und ein Zusammenschluss mehrerer Bereiche kann berechnet werden.

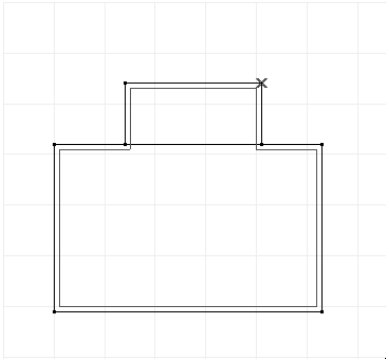
Bereichskontur verändern



1. Klicken ie auf das Ikon *Bereichskontur verändern* in der Werkzeugleiste.
2. Wählen Sie einen zu verändernden Bereich aus. Die Bereichskontur wird markiert.
3. Wechseln Sie die Auswahl, um die Bereichskontur zu modifizieren und klicken Sie in der Selektions-Werkzeugleiste auf OK.



Vorher



Nachher

☞ ***Bereichseigenschaften (Material, Dicke, Lokalsystem) wird beibehalten, jedoch wird die vorhandene Vermaschung entfernt.***

Wenn geladene Flächen aus dem Bereich entfernt werden, werden die Lasten automatisch entfernt.

Bereichszu-sammenführung

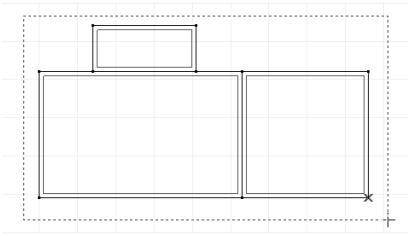


Die aneinandergrenzenden Bereiche können vereinigt werden.

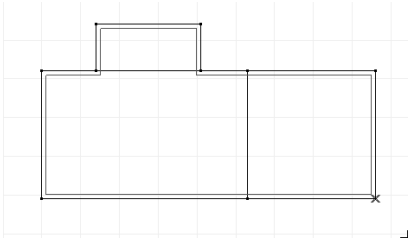
Schritte der Vereinigung:

1. Auf Bereichszusammenführung klicken
2. Die zusammengeführende Bereiche markieren

Wenn die Bereiche verschiedene Eigenschaften haben, also die Dicke, das Material, oder ihr lokales System verschieden ist, muss mit einem Klick ausgewählt werden, welche Eigenschaften der vereinigte Bereich erbt.



Vorher



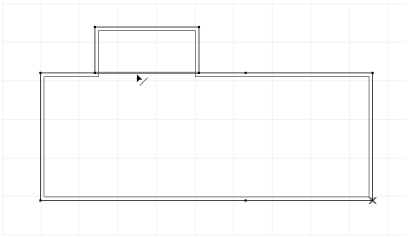
Nachher

Bereichsabschnitt

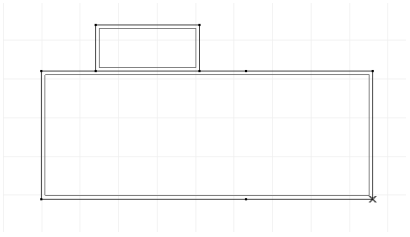


Bereichsabschnitt an vorhandener Linie:

1. Klicken Sie auf das Ikon *Bereichsabschnitt* in der Werkzeugleiste.
2. Wählen Sie den gewünschten Bereich aus.
3. Wählen Sie die Schnittlinie aus und klicken Sie in der Auswahl-Werkzeugleiste auf OK.



Vorher



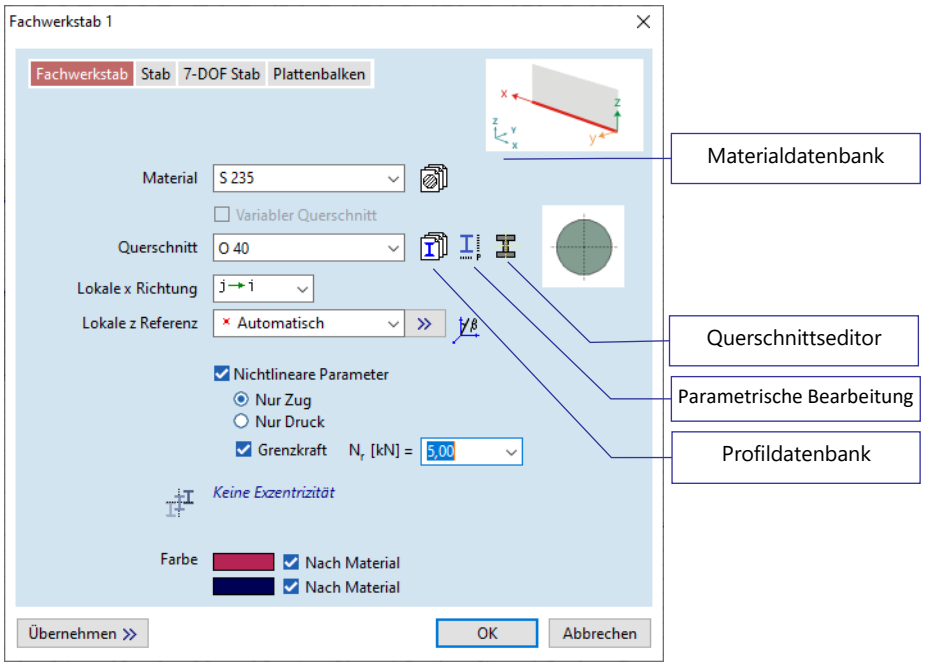
Nachher

4.9.9. Linienelemente

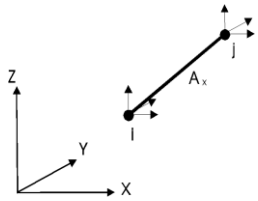
Linenelemente werden im unten abgebildeten Dialog definiert und modifiziert. Nach der Wahl des Elementtyps können die restlichen Parameter gesetzt werden. Linienelemente werden als Strukturelemente und nicht als finite Elmente behandelt. Die Vermaschung eines Linienelements teilt einen Balken oder eine Rippe in finite Elemente auf. Vorhandene Linienelemente können zusammengeführt werden, um ein Einzelelement zu bilden, wenn dessen Geometrie und Eigenschaften dies zulassen *(Editieren / Strukturelemente finden).* Die Nummerierungs-, Etikettierungs-, Auflistungfunktionen sehen dies als ein Einzelstrukturelement an. Strukturelemente können mithilfe von *Editieren / Strukturelemente aufbrechen)* **Siehe...** *3.2.14 Konstruktionselemente zusammenstellen*, *3.2.15 Konstruktionselemente auflösen*

Farbe Elemente können bei der gerenderte Darstellung Ihre eigene Farbe für die Füllung und Aussenlinie bekommen. Die Standardfarben werden von dem Material übernommen. Wenn eine Farbe zugewiesen wurde, dann wird diese bei dem Bereich in der Drahtmodellansicht und in der gerenderten Ansicht massgebend. **Siehe...** *2.16.5 Farbcodierung*

4.9.9.1. Fachwerkstab



Räumliches 2-Knoten-Stabelement mit konstantem Querschnitt und geradliniger Achse.



Es besitzt maximal sechs Freiheitsgrade drei Verschiebungen je Knoten. Das Fachwerkstab-Element ist mit den Knotenpunkten durch Kugelgelenke verbunden. Es können nur Axialkräfte N_x (Richtung Längsachse) auftreten. Sie ist entlang des Elements konstant

Definieren von Material und Querschnitt

Es müssen die Linien selektiert werden, welchen dasselbe Material und derselbe Querschnitt für einen Fachwerkstab zugewiesen werden soll.

Klickt man auf das Ikon, öffnet sich das Dialogfenster Importieren von der Materialdatenbank. Hier kann man neues Material/Materialien ins Modell aufnehmen.

Klickt man auf das Ikon, so öffnet sich das Dialogfenster Importieren von der Profildatenbank. Hier kann man neue Querschnitte ins Modell aufnehmen. Es kann nur ein Querschnitt aus der Bibliothek ausgewählt oder nur eine parametrische Form erstellt werden. **Für weitere Hinweise siehe** *4.9.2.1 Profiltabellen durchsuchen*

Durch Klicken auf das Symbol können Sie Querschnitte parametrisch ändern. D. h. wenn der aktuelle Querschnitt aus der Profildatenbank ausgewählt oder parametrisch eingegeben wurde, können Sie die geometrischen Parameter gemäß dem vordefinierten Typ ändern, um einen neuen Querschnitt im Modell zu erstellen.

Klickt man auf das Ikon, öffnet sich das Fenster Querschnittseditor. Hier kann man neue Querschnitte definieren.

Die Fachwerkstäbe werden als rote Linien angezeigt.

Nutzungsklasse Wenn die aktuelle Bemessungsnorm der EuroCode ist und ein Holzmaterial gewählt wurde, kann die Nutzungsklasse hier eingestellt werden. **Für weitere Hinweise siehe** *6.7.1 Holzbemessung – TD1 Modul*

Lokale x Richtung

Lokale x Richtung eines Stabes kann von Knoten *i* nach Knoten *j* oder umgekehrt definiert werden.

i→j : die lokale x Achse geht vom Endpunkt mit der tieferen Knotennummer zum Endpunkt mit der höheren Knotennummer.

j→i : die lokale x Achse geht vom Endpunkt mit der höheren Knotennummer zum Endpunkt mit der tieferen Knotennummer.

Ist der Parameter auf automatisch gestellt, bestimmt das Programm die Orientierung aufgrund der Endpunktkoordinaten.
Die Orientierung kann jederzeit umgekehrt werden durch Drücken von [Ctrl+E] im Dialog oder im Eigenschaftseditorfenster.

Querschnitt

In der Berechnung der Elementsteifigkeiten wird nur die Querschnittsfläche *Ax* der Querschnittswerte benötigt.

Locale z-Referenz

Ein Referenzpunkt kann bei der Elementdefinition zur Orientierung angewendet werden. Dies ermöglicht die korrekte Darstellung des Querschnitts am Bildschirm. Bei der Auswahl Auto wird die Referenz vom Programm gesetzt.
Siehe... 4.9.22 Referenzen *(Hat nur Einfluss auf die Darstellung der Referenz).*

Referenzwinkel

Rotationen und Querschnitte werden durch den Referenzwinkel vereinfacht. Das automatische lokale Koordinatensystem (und der Querschnitt) kann mit einem angepassten Winkel um die Elementenachse rotiert werden. Wenn das Element parallel mit der global z-Richtung steht, ist der Winkel relativ zur globalen X-Achse. In jedem anderen Fall ist der Winkel relativ zur globalen z-Achse.

Nichtlineare Parameter

Mit der Zuordnung von Referenzpunkt oder –vektor kann man die lokalen y, z-Achsen festlegen und somit die Lage des Querschnittes.

Nichtlineares Verhalten

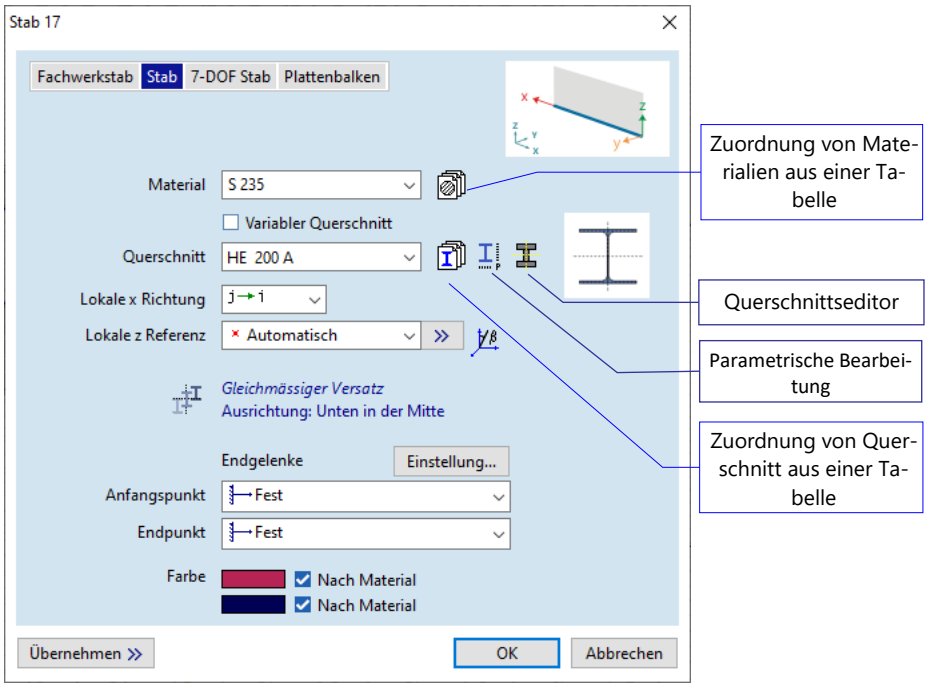
Den Stabelementen kann man nichtlineare Parameter zuordnen. Ebenso kann der Fachwerkstab nur als Druck- oder nur als Zugstab definiert werden.

☞ ***Die nichtlinearen Parameter werden nur bei der nichtlinearen Berechnung berücksichtigt.***

Bei linearer statischer Berechnung oder bei der Untersuchung der Schwingung und des Knickens werden die Stäbe mit ihrer Anfangssteifigkeit berechnet und sie können auch Zug und Druck aufnehmen.

4.9.9.2. Stabelement



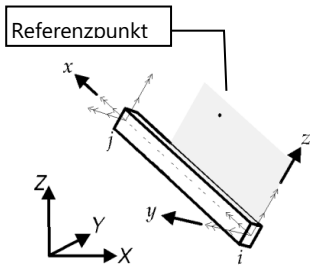


Räumliches 2-Knoten-Stabelement mit konstantem oder variablem (linear veränderlich) Querschnitt und geradliniger Achse. Ein Hilfspunkt oder Vektor wird zur eindeutigen Lagebestimmung eines räumlichen Elementes benötigt. Er dient der Festlegung des lokalen Elementkoordinatensystems.

Es besitzt maximal 6 Freiheitsgrade je Knoten (drei Verschiebungen und drei Verdrehungen). Drei orthogonale Kräfte (Normalkraft *Nx* und zwei Querkräfte *Vy* und *Vz*) sowie drei orthogonale Momente (Torsionsmoment *Tx*, Biegemomente *My* und *Mz*) können als Schnittkräfte in einem Stabquerschnitt auftreten.

☞ ***Buchstabe i bezeichnet immer den Stabanfang mit der kleineren Knotennummer.***

Der Stabanfang ist auch der Anfangspunkt der lokalen ***x*** Achse. Der Stabendpunkt ist der Endpunkt der lokalen ***x*** Achse. Wenn die Richtung der lokalen *x* Achse ***i→j*** ist (siehe die folgende Abbildung), dann ist der Anfangspunkt der Punkt *i*. Wenn die Richtung der lokalen *x* Achse ***j→i*** ist, dann ist der Anfangspunkt der Punkt ***j***.



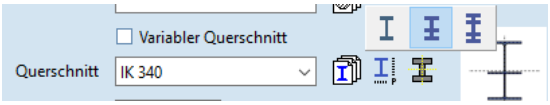
Material, Querschnitt, lokale x-Richtung

Definition ist analog dem Fachwerkstab.
Falls der Haken bei *variable Querschnitts* gesetzt ist, kann der Startquerschnitt vom Endquerschnitt variieren. Um anständige Eigenschaften für die dazwischenliegenden Querschnitte zu treffen, müssen gewisse Kriterien erfüllt werden.
1. Beide Querschnitte müssen dünn- oder dickwandig sein.
2. Dickwandige Abschnitte müssen die selbe Anzahl an Öffnungen und die jeweiligen Polygone müssen die gleiche Anzahl an Punkten haben.
3. Dünnwandige Abschnitte müssen vom selbem Typ sein.

Gevoutete I-Profile



Wenn Sie die *parametrische Bearbeitung des Querschnitts* für I-Profile, Vouten- oder Doppelvouten-I-Profile auswählen, wird eine kleine Palette zur Auswahl eines parametrischen Typs angezeigt.





Wenn Sie einen anderen als den aktuellen Typ wählen, importiert das Programm die entsprechenden Parameter aus dem aktuellen Querschnitt. Wenn anstelle einer Voutenform eine einfache I-Form ausgewählt wird, zeigt der Parameterdialog den Kernquerschnitt an. Der Kernquerschnitt umfasst das obere I des Voutenprofils und das mittlere I des doppelt gevouteten Profils.
Bei der Spezifizierung eines Vouten-I-Profils mit variablem Querschnitt ist es üblich, dass die Voute an einem Endpunkt des Elements auf fast Null reduziert wird. Da der Anfangs- und End-I-Querschnitt vom gleichen Typ sein müssen, kann das voutenlose Ende nur durch die Einstellung der minimalen Voutenhöhe angenähert werden. Der Parameterdialog für Voutenprofile bietet eine separate Schaltfläche *Voute schliessen*, um einen solchen Endabschnitt festzulegen (*3.1.16 Profildatenbank*).

Holz Güteklasse

Wenn als aktuelle Norm Eurocode und ein Holzmaterial gewählt worden sind, kann hier die Güteklasse festgelegt werden. **Siehe...** *6.7.1 Holzbemessung – TD1 Modul*

Automatische Referenz

Zu den Stabelementen wird vom Programm einen Referenzvektor wie folgt definiert:
- Wenn die Achse des Stabes mit der globalen z-Achse parallel ist, dann zeigt der Referenzvektor in die globale x-Richtung.
- In allen anderen Fällen wird der Referenzvektor in die globale z-Achse zeigen.

Das lokale System eines Stabes lässt sich umdrehen. Es kann so eingestellt werden, dass es aus i nach j zeigt und umgekehrt aus j nach i.

Referenzwinkel



Rotationen und Querschnitte werden durch den Referenzwinkel vereinfacht. Das automatische lokale Koordinatensystem (und der Querschnitt) kann mit einem angepassten Winkel um die Elementenachse rotiert werden. Wenn das Element parallel mit der global z-Richtung steht, ist der Winkel relativ zur globalen X-Achse. In jedem anderen Fall ist der Winkel relativ zur globalen z-Achse.

Die definierten Elemente werden mit roter Farbe dargestellt.

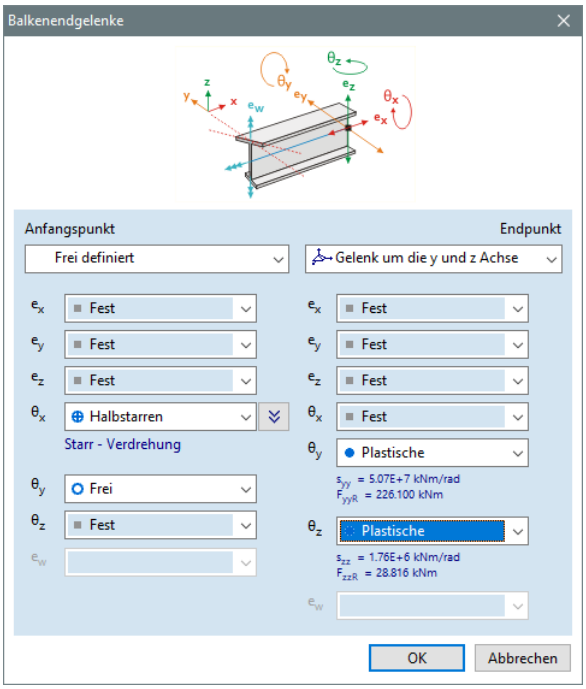
Exzentrizität



Stabelemente können eine Exzentrizität in die lokalen y- und z-Richtungen relativ zur logischen Achse haben, welche die beiden Endpunkte verbindet. **Siehe...** *4.9.9.2.1 Exzentrizität von Stäbe*

Gelenk

Klicken Sie auf die Schaltfläche *Setup...* um die Verbindungstypen an den Enden der ausgewählten Elemente auszuwählen. Die Verbindungsypen ersetzen die Verbindung zwischen den Freiheitsgraden des gewählten Elementes (im lokalen Koordinatensystem) und den Knoten. Die Verbingungstypen sind definiert durch sechs oder sieben Koordinaten (für Elemente mit sieben Freiheitsgraden **siehe...** *4.9.9.3 7DOF - Stabelemente mit sieben Freiheitsgraden*) an jedem Ende: *ex, ey, ez, θx, θy, θz, ew*. Jede Koordinate entspricht einer inneren Schnittgrösse – *ew* steht für die Verwindung. Standardmässig sind Stabenden eingespannt. Das heisst, dass bei allen Koordinaten die Option *Fest* gewählt ist. Wenn ein Stabende zu *Gelenkig* geändert wird, werden die entsprechenden Freiheitsgrade gelöst. Eine halbsteife Verbindung kann den Rotationskomponenten der Stabenden in der Ebene zugewiesen werden.



Die Verbindungstypen an den Stabenden sind in den Tabellen *Balken* bzw. *Rippen* dargestellt. Zusätzliche Tabellen können in den Fenstern *Verbindungstypen für Balken* und *Verbindungstypen für Rippen* erstellt werden.
Oben ist eine Liste mit vordefinierten, typischen Einstellungen in zwei Aufklappmenus dargestellt, eine für den Startpunkt und eine für den Endpunkt. Die Verbindungstypen am Endpunkt können weiter angepasst werden.

Grafisches Symbol einer *starren* Verbindung (die lokalen Verschiebungs- und Verdrehungskomponenten am Ende des Balken werden auf den Knoten übertragen)

Grafisches symbol einer *gelenkigen* Verbindung (die lokalen Verschiebungs- und Verdrehungskomponenten am Ende des Balken werden nicht auf den Knoten übertragen)

Grafisches Symbol einer *halbsteigen* Verbindung (die lokalen Verschiebungs- und Verdrehungskomponenten am Ende des Balken werden teilweise auf den Knoten übertragen). Die halbsteife Verbindung benötigt im Fall von Federn und Punktlagern Federeigenschaften.
Das Ausklappmenu enthält nur die vordefinierten Federeigenschaften. Neue Eigenschaften können mit einem Klick auf das Federsymbol definiert werden (siehe... *3.1.17 Feder-Bibliothek*). Als Federeigenschaft kann jede monoton steigende Funktion verwendet werden.

Grafisches Symbol für eine elastisch-plastische Verbindung: Das Grenzmoment wird aus Material – und Querschnittseigenschaften berechnet. Diese Verbindung ist nur für Stahlquerschnitte und nur für die *ex, θy, θz*-Komponenten verfügbar.

Grafisches Symbol von anpassbaren PushOver Gelenken: Das Momenten-Verdrehungs-Verhältnis wird vom Anwender definiert. Klicken Sie auf den Doppelpfeil, um die Momenten-Verdrehungskurve auszuwählen, zu laden oder anzupassen. Nur für die θy, θz Komponenten verfügbar.

Die in der Praxis oft vorkommenden Gelenktypen sind aus der Tabelle auszuwählen.

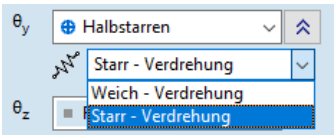
Verbindungstyp	*Symbol*
Gelenkige Verbindung um die z-Achse. **Mz** kann damit nicht aufgenommen werden.	
Gelenkige Verbindung um die y-Achse. **My** kann damit nicht aufgenommen werden.	
Gelenkige Verbindung um die z und y-Achse. **My**, Mz kann damit nicht aufgenommen werden.	
(Kugelgelenk) **Mx**, **My**, **Mz** Moment kann damit nicht aufgenommen werden. Gelenkige Verbindung um die x, y und z-Achse.	
In Richtung der ***y*** Achse verschiebbare Verbindung. **Vy** Schubkraft kann damit nicht aufgenommen werden.	
In Richtung der ***z*** Achse verschiebbare Verbindung. **Vz** Schubkraft kann damit nicht aufgenommen werden.	

☞ ***Es empfiehlt sich beim Definieren der Freiheitsgrade sehr aufmerksam zu arbeiten. Um Instabilitäten zu verhindern, darf man keinesfalls zu viele Gelenke für ein Element oder eine Elementgruppe zulassen. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn man an beiden Enden eines Stabelementes Kugelgelenke definiert. In diesem Fall kann eine Verdrehung um die lokale x-Achse des Elementes ungehindert auftreten. Deshalb soll man diese Verderhungsmöglichkeit mindestens an einen Stabenden folgenderweise unterdrücken.***

z.B.: Anfangspunkt ■ ■ ■ ■ ○ ○ Endpunkt ■ ■ ■ ○ ○ ○

Halbstarre Verbindung

Um halbstarre Gelenke zu definieren, setzen Sie den Auswahlknopf auf halbstarr und geben Sie die entsprechende Translations- oder Rotationseigenschaft. Halbstarre Gelenke können allen Komponenten zugeordnet werden (3 translatorische und 3 rotatorische Komponenten).



Klicken Sie auf das Feder-Symbol, um die Federeigenschaften anzupassen oder um vordefinierte Eigenschaften auszuwählen.
Das Verhalten einer Verbindung wird durch eine lineare oder nichtlineare elastische Drehfeder modelliert. Das nichtlineare Verhalten kann nur in einer nichtlinearen statischen Analyse verwendet werden. Bei einer linearen Statik-, Vibrations- oder Knickanalyse wird die Anfangssteifigkeit der Verbindung berücksichtigt. Bei einer Neudefinition der Federeigenschaft werden die Standardsteifigkeitswerte (K_u translatorische K_r Rotationssteifigkeiten) auf der Grundlage der Querschnittswerte berechnet, aber wie folgt mit 1000 multipliziert.

K_u Translationssteifigkeit:

$$x: K_u = 1000 \cdot \frac{A_x \cdot E_x}{\ell}$$

wobei *Ax* die Querschnittsfläche, *Ex* der E-Modul und *l* die Elementlänge sind,

K_r Rotationssteifigkeit:

$$yy: K_r = 1000 \cdot \frac{4 \cdot E_x \cdot I_y}{\ell}$$

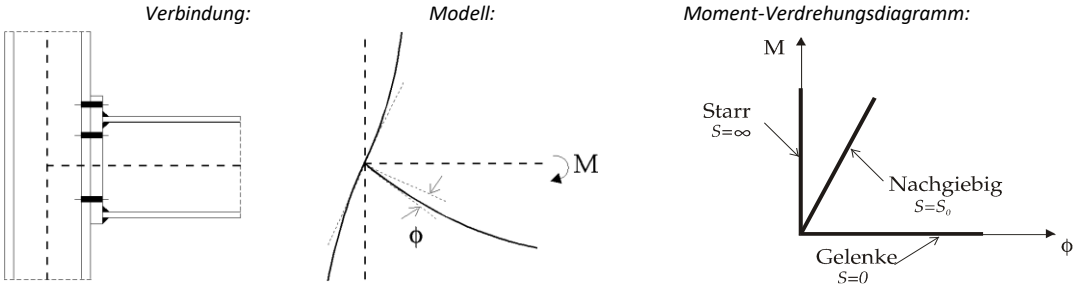
$$zz: K_r = 1000 \cdot \frac{4 \cdot E_x \cdot I_z}{\ell}$$

wobei *Iy* und *Iz* die Trägheitsmomente des Querschnitts sind.

Das Programm berechnet keinen Standardwert für die y und z Komponenten der Schubverformung und Torsion.

Die Steifigkeit der Gelenke ist entsprechend ihrem lokalen Koordinatensystem zu bestimmen. Im Allgemeinen ist die anfängliche Steifigkeit der nichtlinearen Eigenschaften gegeben.

Das folgende Beispiel zeigt, wie man die Rotationssteifigkeit einer Stahlverbindung interpretiert:



☞ ***Zum Beispiel, im Falle eines Stahlstabwerks, gibt es im Eurocode 3 Anhang J die Erläuterung.***

Widerstand

Den halbstarren Verbindungen kann ein Widerstand zugeordnet werden, d.h. die maximalen Kräfte/Momente, die in der Verbindung entstehen können. Der Wert kann im Federeigenschaftsfenster definiert werden.
Bei Stahlwerkstoffen werden die Standardwerte für die Widerstandswerte F_u, M_y und M_z aus den Querschnittseigenschaften und der Materialstreckgrenze berechnet. Bei allen anderen Materialien wird vom Programm kein Standardwiderstandswert berechnet.

☞ ***Der Widerstandsparameter wird nur bei einer nichtlinearen statisch-dynamischen Analyse verwendet.***

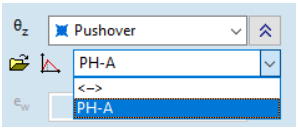
Plastische Gelenke für Stahl



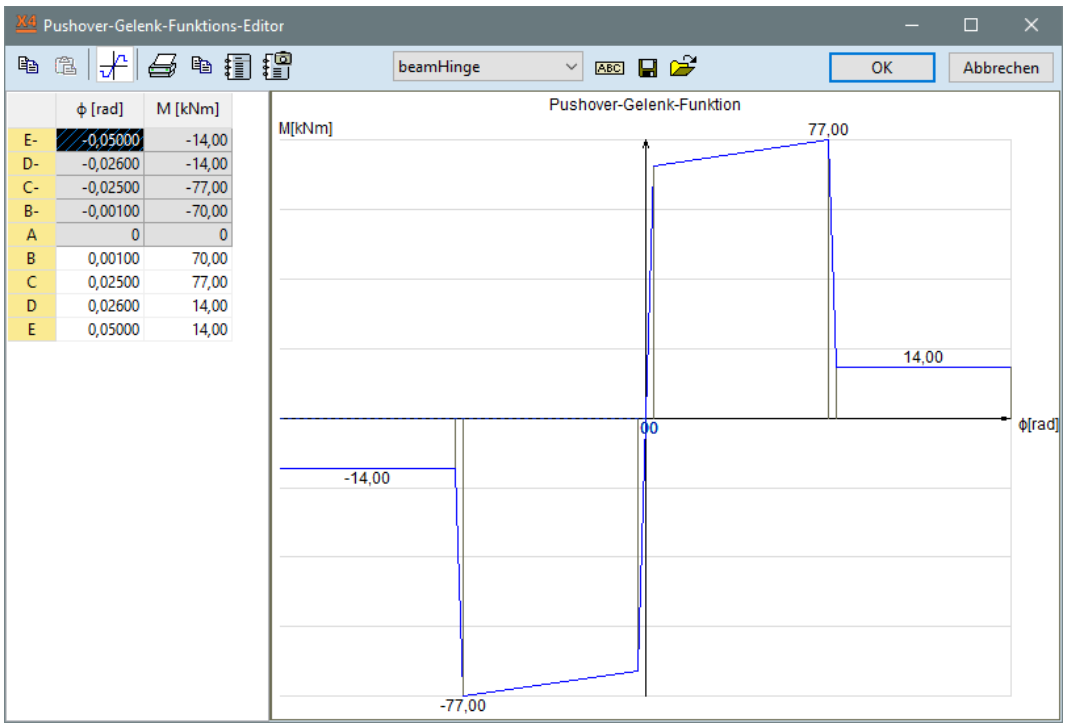
Um plastische Gelenke im Stahl zu definieren ist im Auswahlmenü Plastisch auszuwählen. Das Gelenk kann nur für Verschiebungen in x-Richtung und Roationen um die y- und z-Achsen eingestellt werden.
Der berechnete Normalkraft- und Momentenwiderstand wird angezeigt, kann aber nicht bearbeitet werden.
Wenn Elemente mit unterschiedlichen Materialien oder Querschnitten ausgewählt werden, erscheint kein Wert im Eingabefeld, sondern Gelenke werden mit dem entsprechenden Widerstand definiert.
Nach Abschluss der nichtlinearen Analyse und Anzeige der inneren Trägerkräfte werden Gelenke, die im aktuellen Lastschritt in den plastischen Zustand geraten sind, rot. Die Zahl neben dem Gelenk zeigt die Reihenfolge des Eintretens in einen plastischen Zustand. Das Gelenk mit der Nummer 1 ist jenes, das zuerst plastifiziert. Bei nicht roten Scharnieren ist das plastische Grenzmoment noch nicht erreicht.

☞ ***Plastische Stahlgelenke können nur mit Stahlträgern verwendet werden und werden nur in der nichtlinearen statisch-dynamischen Analyse berücksichtigt.***

PushOver Gelenk für Beton



Um die PushOver-Gelenke zu definieren, muss in der Ausklappliste zuerst *Pushover* und anschliessend eine Funktion gewählt werden. Es kann sowohl eine vorgängig abgespeicherte Funktion aus der Bibliothek geladen werden als auch das Momenten-Krümmungs-Diagramm händisch bearbeitet werden mit einem Klick auf die Schaltfläche *Funktion bearbeiten*.
Um das PushOver-Gelenk zu bearbeiten, muss auf den Doppelpfeil geklickt werden, damit die Tasten und die zweite Ausklappliste angezeit wird.
Insgesamt können fünf Punkte für beide Richtungen im Momenten-Verdrehungsdiagram definiert werden. Das erlaubt es komplexes Verhalten von Verbindungen zu modelieren, wie aushärten, enthärten und schwinden. Das Verhalten nach dem letzten Punkt wird extrapoliert über die Punkte D und E.
Das Diagramm wird definiert über zusammengehörigen Momenten- und Verdrehungskoordinaten (Tabelle auf der linken Seite). Das erstellte Diagramm ist standardmässig symmetrisch, kann aber auch unsymmetrisch definiert werden, in dem auf das Symbol „Symmetrische Funktion" geklickt wird. Die Eingabe kann für weitere Elemente wieder aufgerufen werden.
Um die numerische Analyse zu erleichtern und um Konvergenzprobleme zu vermeidern, wird empfohlen plötzliches abfallen der Belastbarkeit zu vermeiden. Anstelle dessen Entspannen Sie das Diagramm, indem Sie sicherstellen, dass es zumindest einen kleinen Unterschied in den beiden Koordinaten von aufeinanderfolgenden Punkten gibt. Dieses Schritt beinflusst nicht die Ergebnisse aber verbessert die numerische Stabilität signifikant.



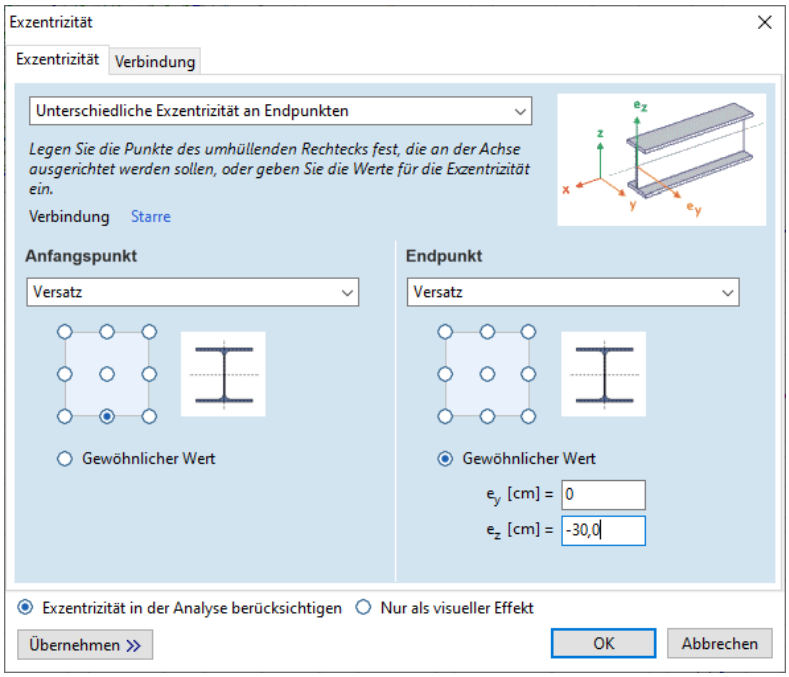
Nach Abschluss der nichtlinearen Berechnung und Darstellung des Kraftdiagramms des Balken, werden Gelenke, die plastisch geworden sind rot gekennzeichnet. Die Zahl neben dem Gelenk zeigt die Reihenfolge, an dercdas Gelenk plastisch geworden ist. Gelenke mit der Zahl 1 sind die Gelenke, die zuerst plastisch werden. Wenn Gelenke nicht rot sind, wurde das Grenzmoment zum plastischen Zustand nicht erreicht.

Das Gelenk am Stabende wird mit einem blauen Kreis bezeichnet.
Das Federgelenk wird mit einem Kreuz in einem Kreis gekennzeichnet.
Plastische Gelenke werden als ausgefüllte Kreise dargestellt.
Definierte Stäbe werden als dunkelblaue Linien dargestellt.

4.9.9.2.1 Exzentrizität von Stäben und Plattenbalken



Balken oder unabhängige Rippenelemente können in der lokalen y- oder z-Richtung eine Exzentrizität relativ zur logischen Achse, welche die beiden Knoten verbindet, aufweisen. Die Exzentritzität kann an den Endknoten unterschiedlich gewählt werden. In diesem Fall wird die Exzentrizität zwischen den Knoten linear inerpoliert.
Eine vorhandene Exzentrizität kann auf zwei Arten bearbeitet werden: Entweder im Balkendialog oder direkt in der Symbolleiste im Tab *Elemente*. Sie können einstellen, ob die Exzentrizität physikalisch am Modell berücksichtigt werden soll (*Exzentrizität in der Analyse berücksichtigen*), oder der Versatz *nur als visueller Effekt* erscheinen soll. Dies kann mit den Radiobuttons unten gesteuert werden. Der Dialog hat zwei Tabs. *Exzentrizität* dient dazu, die ey – und ez-Exzentrizität zu definieren, während in *Verbindung* die Eigenschaften der exzentrischen Verbindungen eingestellt werden können.



Exzentrizität

Wege, um Exzentrizität zu definieren

In der Ausklappliste kann die Methode der Definition gewählt werden:

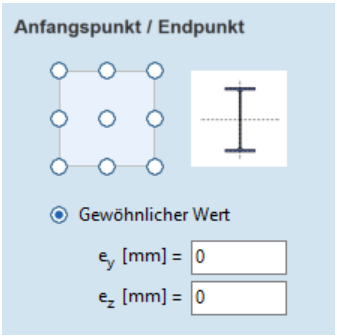
- Keine Exzentrizität
- Gleichmässiger Versatz
- Ausgerichtet auf die Exzentrizitätsgruppe
- Auf ein anderes Bauteil ausgerichtet
- Unterschiedliche Exzentrizität an Endpunkten

Keine Exzentrizität

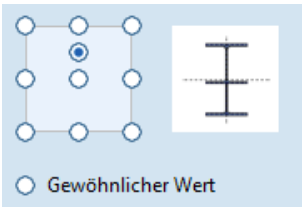
Löscht die vorhandenen Exzentrizitäten.

Gleichmässige Exzentrizität

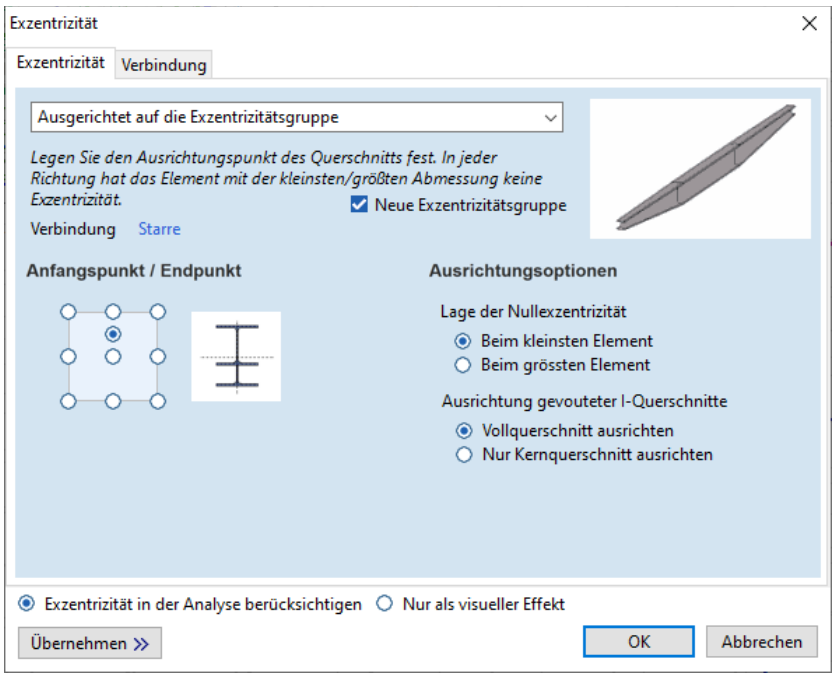
Die e_y- und e_z-Exzentrizitäten sind über die Länge des Balkens konstant. Die Verschiebung kann eingestellt werden, indem auf die runden Schaltflächen geklickt wird, welche über den Querschnitt verteilt sind, oder indem unter *Beutzerdefinierter Wert* die Werte der Exzentrizität händisch eingegeben werden.
Der Querschnitt mit den Schaltflächen wird im üblichen y-z-Koordinatensystem dargestellt. Das heisst, die y-Achse zeigt horizontal zur Rechten, während die z-Achse vetikal nach oben zeit.



Wenn es sich beim Element um ein Vouten- oder Doppelvouten-I-Träger handelt, erscheint eine zusätzliche Position unter den Optionen, der Schwerpunkt des Kernquerschnitts. Der Kernquerschnitt umfasst das obere I des Voutenprofils und das mittlere I des doppelt gevouteten Profils.

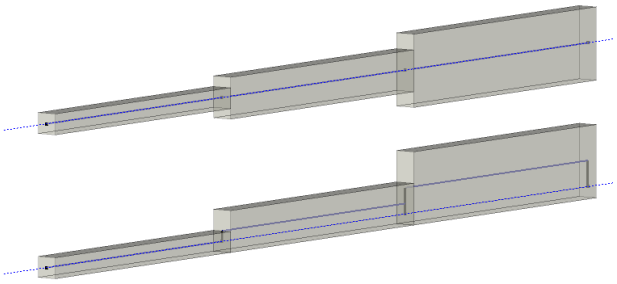


Ausgerichtet auf die Exzentrizitätsgruppe



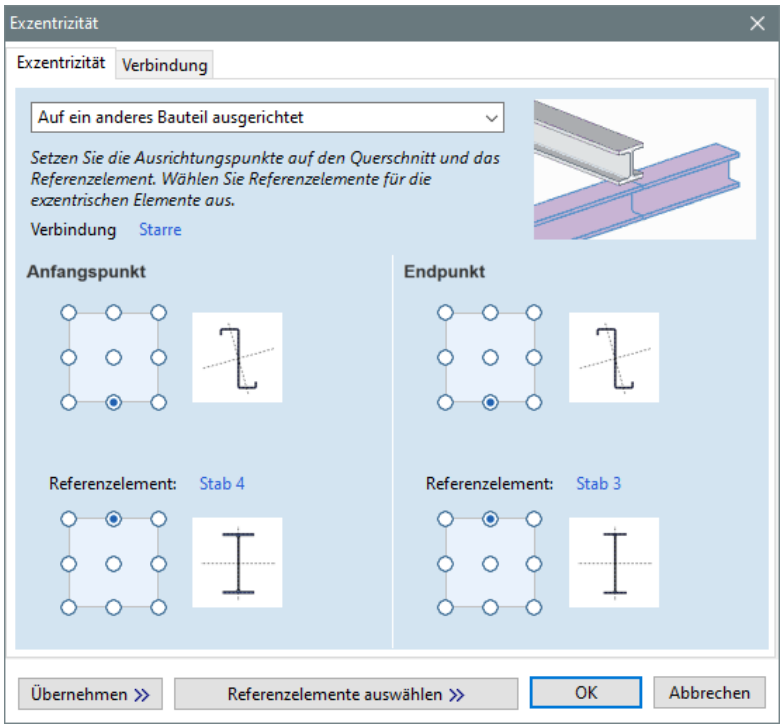
Zu einer Exzentrizitätsgruppe zusammenfassen

Die gewählten Stabelementen werden zu einer Exzentrizitätsgruppe zusammengefasst. Die e_y- und e_z-Exzentrizitäten des kleinsten Elements werde zu Null gesetzt, während die restlichen Elemente verschoben werden, sodass die in den Schaltflächen gewählten Punkte in einer Linie ausgerichtet werden.
Die ausgewählten Elementn bilden gleich wie Bereiche eine Exzentrizitätsgruppe. Die e_y - und e_z -Exzentrizität des *kleinsten/größten Elements* in der jeweiligen Richtung (*siehe Ausrichtungsoptionen*) wird auf Null gesetzt, während andere Bauteile verschoben werden, sodass ihr ausgewählter Punkt auf dem Begrenzungsrechteck ausgerichtet bleibt. Für gevoutete I-Profile stehen spezielle Ausrichtungsmöglichkeiten zur Verfügung.
Wenn *Vollquerschnitt ausrichten* ausgewählt ist, wird die Ausrichtung auf die gleiche Weise wie für andere Querschnitte berechnet. Wenn *Nur Kernquerschnitt ausrichten* ausgewählt ist, werden Vouten bei der Ausrichtung ignoriert.



Auf ein anderes Bauteil ausgerichtet

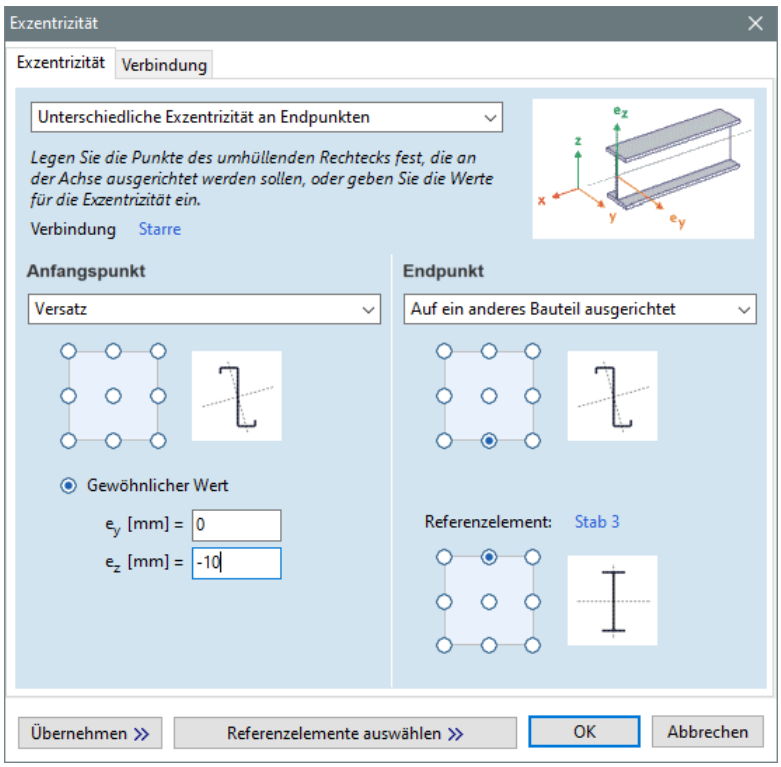
Oft kommt es vor, dass ein Balken auf einem anderen aufliegt. In diesem Fall kann die Exzentrizität mit der Option *Auf ein anderes Bauteil ausgerichtet* eingestellt werden.



Die Punkte der Ausrichtung am Anfang und am Ende des Balkens können oben im Dialogfenster eingestellt werden. Anschliessend können darunter die Ausrichtungspunkte des Referenzelements eingestellt werden.
Mit der Option *Referenzobjekt wählen* kann das Referenzobjekt ausgewählt werden. Als Referenzobjekt kommen Fackwerksstäbe, Balken oder Rippen infrage. Das Referenzobjekt muss einen gemeinsamen Knoten mit dem zu modifizierenden Element haben. Das Referenzobjekt kann ebenfalls eine Exzentrizität aufweisen.
Sobald das Referenzobjekt ausgewählt wurde, wird die Exzentrizität des ausgerichteten Elements eingestellt. Wenn der Querschnitt oder die Exzentrizität des Referenzobjektes verändert wird, wird automatisch die Exzentrizität des ausgerichteten Elementes angepasst.

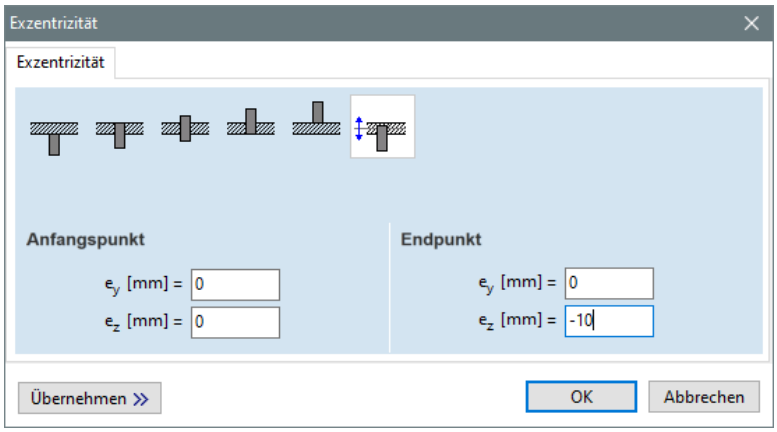
Unterschiedliche Exzentrizitäten an den Endpunkten

Mit dieser Option können für die beiden Endpunkte eines Stabes unterschiedliche Exzentrizitäten definiert werden. Dabei kann bei den Endpunkten entweder direkt eine Exzentrizität eingegeben werden oder die Endpunkte können zu einem anderen Element ausgerichtet werden.



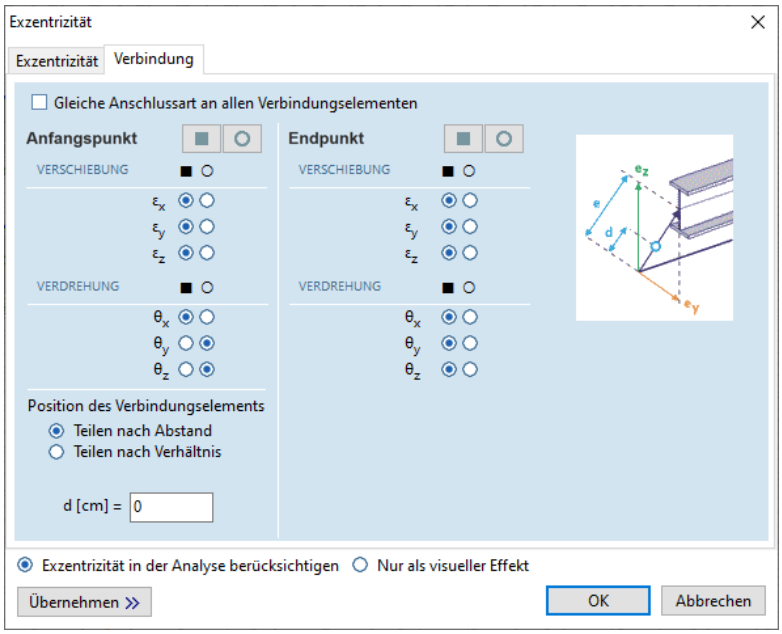
Exzentrizität von Rippen verbunden mit Flächenelementen

Im Fall von Rippen, welche mit Flächenelementen verbunden sind, die letzte Option in der Symblleiste ist *Benutzerdefinierter Wert,* wo lokal Exzentrizitäten in die y- und z-Richtung eingegeben werden können. In anderen Fällen ist e_y = 0. **Siehe...** *4.9.9.4 Plattenbalkenelemente*



Verbindung

Eine exzentrische Verbindung kann in Bezug auf jede Verschiebungs- und Rotationskomponente starr oder gelenkig sein. Symbole: ■ = starre Verbindung, ○ = Verschiebung (ε) oder Verdrehung (θ). frei.
Falls die Verbindung nicht starr ist, wird automatisch ein Verbindungselement zwischen dem Endknoten und dem exzentrischen Endknoten erzeugt.
Die Position des Verbindungselementes kann definiert werden über *Länge* oder *Verhältnis*. Wenn das Elemente zu einem Referenzelement ausgerichtet ist, wird eine dritte Option verfügbar: *Position berechnen*. Basierend auf den Querschnitten der beiden Elemente berechnet das Programm automatisch die Position des Verbindungselements.



Übernehmen

Die Exzentrizität von Stäben und Plattenbalken kann von einem anderen Stab oder Plattenbalken kopiert werden, falls diese Exzentrizität nicht durch die Ausrichtung auf ein anderes Element definiert wurde.
Die beiden Schaltflächen stellen einen vordefinierten Verbindungstyp ein



Starre Verbindung
Setzt alle Komponenten auf starr.



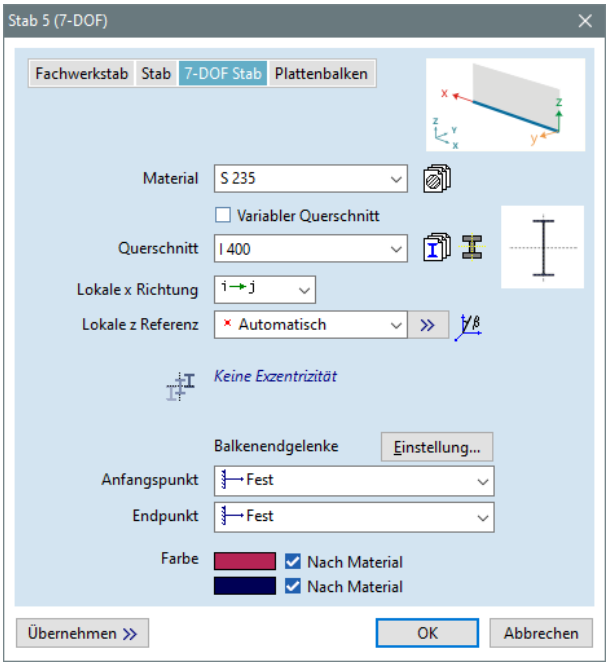
Gelenkige Verbindung
Setzt alle Komponenten außer die Rotation um die y- und z-Achse auf starr.

Gleiche Verbindungsart für alle Verbindungselemente
Wenn das exzentrische Element mit mehr als einem Element verbunden ist, stellt dieser Schalter an jedem Verbindungspunkt dieselbe Verbindung ein.

4.9.9.3. 7DOF - Stabelemente mit sieben Freiheitsgraden

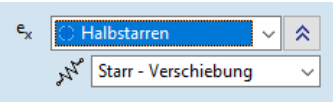


Stabelemente mit sieben Freiheitsgraden sind zweiknotige, gerade Elemente mit einem konstanten oder variablen (linear veränderlichen) Querschnitt entlang des Stabes. Ein Referenzpunkt wird verwendet, um das Element beliebig im dreidimensionalen Raum zu plazieren (um die lokale x-Z-Ebene zu definieren). Neben seinen drei translatorischen Freiheitsgraden und den drei Freiheitsgraden der Verdrehung wird an jedem Punkt ein siebter Freiheitsgrad für die Verwölbung eingeführt. Die Stabenden können beliebig gelagert werden.
Drei orthogonale, innere Kräfte, eine Normalkraft und zwei Querkräfte (N_x, V_y, V_z), und drei innere Momente, ein Torsionsmoment und zwei Biegemomente (T_x, M_y, M_z) sowie ein Bimoment (B) werden für jeden Querschnitt berechnet. [16, 41, 42, 43, 44]. Die anderen Parameter sind dieselben wie bei gewöhnliche Stabelementen.



Stabenden

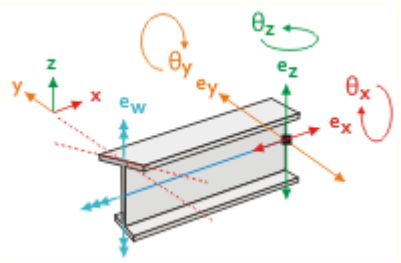
An den Stabenden kann ein Freiheitsgrad für für die Verwölbung definiert werden *(e_w)*.



Fest: Die Verwölbung des Stabendes und des Knotens ist dieselbe.

Frei: Der Stab kann sich an seinem Ende frei verwölben.

Halbsteif: Mit dieser Verbindung, basierend auf der Arbeit von *Basaglia et al* [40] kann die Übertragung der Verwölbung begrenzt werden. Eine spezielle Federeigenschaft wird definiert, indem ein Koeffizient eingeführt wird, mit welchem die Übertragung der Verwölbung beschrieben werden kann. So ist es möglich, dass miteinander verbundene Stäbe eine unterschiedliche Verwölbung aufweisen. Die Bedingung ist die folgende:



$$w_{node} = WF \cdot w_{beam\ end}$$

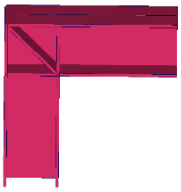
Der Wert von *WF* hängt von der Art der Verbindung ab. Die häufigsten Typen sind:



Diagonale



Box



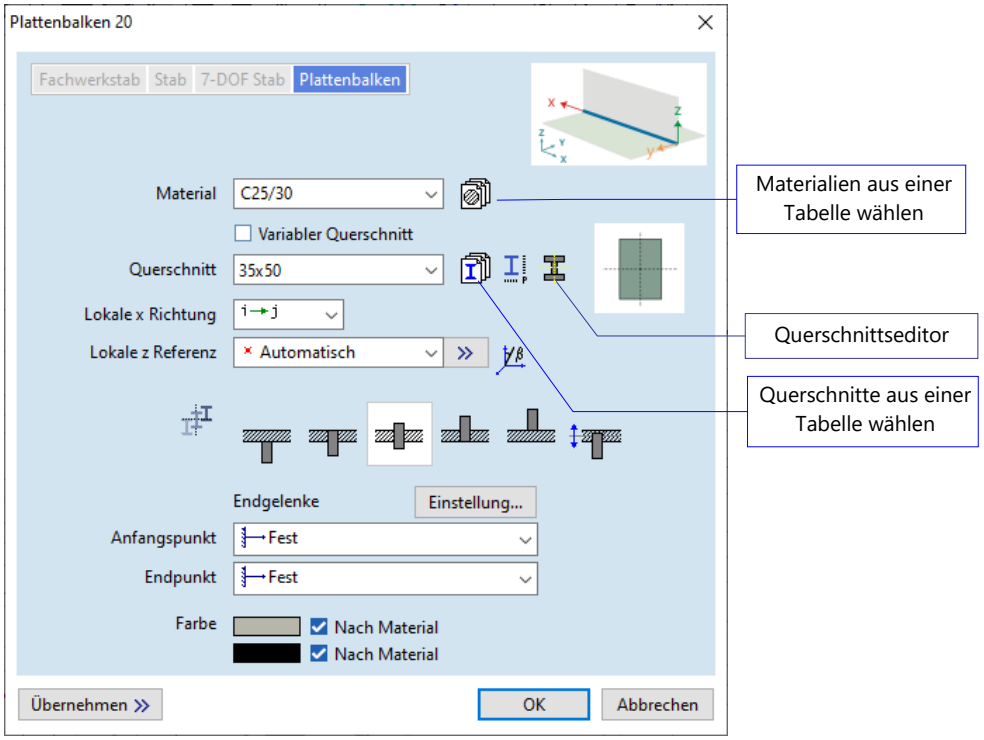
Box mit Diagonale

Eine diagonal Verbindung ermöglicht eine direkte und komplette Übertragung der Verwölbung, eine Box ermöglicht eine komplette und umgekehrte Übertragung der Verwölbung, während es bei einer Box mit einer Diagonalen zu keiner Übertragung der Verwölbung kommt.
Die zugehörigen WF-Koeffizienten sind

Komplett und direkt (Diagonale):	*WF = 1*
Komplett und umgekehrt (Box):	*WF = –1*
Steif (Box mit Diagonale):	*WF = 0*

Für weitere Verbindungen kann WF mit einem Schalenmodell ermittelt werden.

4.9.9.4. Plattenbalkenelemente



Zum Modellieren der Rippenelemente werden räumliche Elemente mit drei Knotenpunkten, mit prismatischem Querschnitt und geradlinigen Achsen verwendet. Das Rippenelement kann den Kanten der Flächenelemente zugeordnet sein oder als unabhängiger Stab definiert werden. Die Rippen können mit den Kanten der Flächenelemente zentrisch oder exzentrisch verbunden sein.
Beim Definieren werden zuerst die Kanten oder Linien markiert, welchen die Rippen zugeordnet werden sollen.

Falls als unabhängige Stäbe verwendet, können Rippenelemente wie Stabelemente für Rahmen-Modelle eingesetzt werden, aber diese können jedoch Schubdeformationen berücksichtigen.
Rippenelemente sind isoparametrische geradlinige Dreiknotenelemente mit konstantem oder linear veränderlichem Querschnitt.
Drei orthogonale innere Kräfte, eine axiale und zwei Querkräfte (N_x, V_y, V_z), und drei innere Momente, ein Torsions- und zwei Biegemomente (M_x, M_y, M_z) werden an jedem Knoten berechnet. Der Verlauf der inneren Kräfte innerhalb eines Elementes verläuft linear.

Material, Querschnitt, lokale X-Richtung

Definition ist analog wie bei den Fachwerkstäben.
Falls der Haken bei *variable Querschnitts* gesetzt ist, kann der Startquerschnitt vom Endquerschnitt variieren. Um anständige Eigenschaften für die dazwischenliegenden Querschnitte zu treffen, müssen gewisse Kriterien erfüllt werden.
1. Beide Querschnitte müssen dünn- oder dickwandig sein.
2. Dickwandige Abschnitte müssen die selbe Anzahl an Öffnungen und die jeweiligen Polygone müssen die gleiche Anzahl an Punkten haben.
3. Dünnwandige Abschnitte müssen die vom selbem Typ sein.

Material

Das Material von Rippenelementen kann anders sin als jenes der angeschlossenen Fläche (falls es mit einer Fläche verbunden ist).

Querschnitt

Der Rippenquerschnitt muss anhand der folgenden Abbildungen definiert werden.
Die Querschnittswerte für die Schwerachsen müssen nach der Abbildung angegeben werden

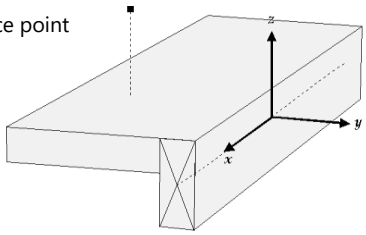
Automatische Referenz

Der Referenzvektor wird vom Programm automatisch generiert gemäß **Abschnitt** *4.9.22 Referenzen*

Referenz

Unabhängige Plattenbalken:

Das lokale Koordinatensystem ist wie folgt definiert: Die Elementachse definiert die lokale x-Achse; die lokale z-Achse wird durch den Referenzpunkt oder Vektor definiert; die lokale y-Achse ergibt sich aus der Drei-Finger-Regel.



Mit Bereichen verbundene Plattenbalken:

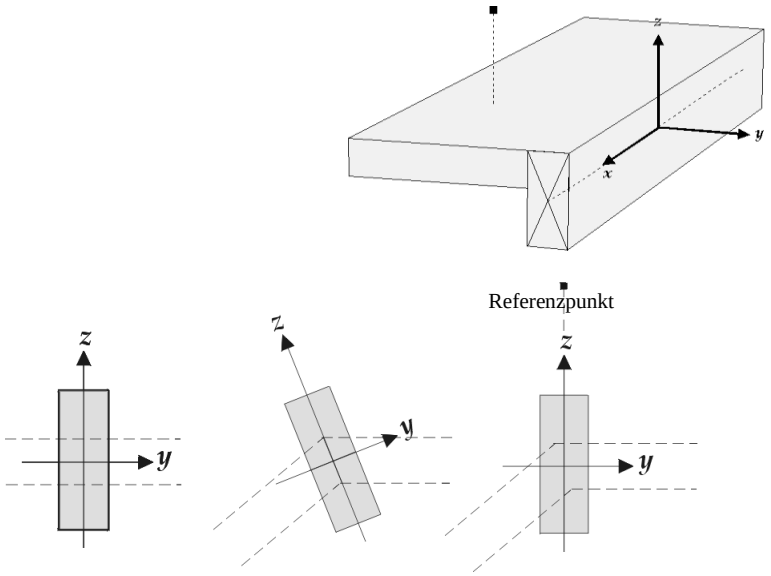
Das lokale Koordinatensystem ist wie folgt definiert: Die Elementachse definiert die lokale X-Achse; die lokale z-Achse ist parallel zur z-Achse des Flächenelements; die lokale y-Achse ist parallel zur Ebene des Flächenelements und ergibt sich aus der Drei-Finger-Regel.

Die nachfolgende Abbildung zeigt, dass, wenn sich der Plattenbalken an der Kante zweier Flächenelemente befindet, welche einen Winkel bilden, die lokale z-Achse dem Winkelhalbierenden der Normalachsen der Flächen entspricht. Wenn mehr als zwei Flächen mit der Kante verbunden sind und eine oder zwei davon ausgewählt sind, wird beim Definieren des Plattenbalkens automatisch eine Referenz erstellt.

Wenn mehrere Bereiche mit dem Plattenbalken verbunden sind, wählen Sie einen Bereich (oder zwei Bereiche) aus, bevor Sie einen Plattenbalken definieren, um den Plattenbalken mit diesem Bereich zu verknüpfen. Die mit dem Plattenbalken verknüpften Bereiche können im Element-Tooltip überprüft werden, der angezeigt wird, wenn die Registerkarte *Elemente* aktiv ist und sich der Mauszeiger über dem Element befindet.

Bei der Verknüpfung werden nur die sichtbaren Details berücksichtigt. Wenn sich ein Plattenbalken am Rand mehrerer Bereiche befindet und nur einer dieser Bereiche sichtbar ist (die übrigen Bereiche sind ausgeblendet), wird der Plattenbalken nur mit dem sichtbaren Bereich verknüpft.

In diesem Koordinatensystem müssen die Querschnittseigenschaften definiert werden.



Referenzwinkel



Das automatische lokale Koordinatensystem (und der Querschnitt) kann mit einem angepassten Winkel um die Elementenachse rotiert werden. Wenn das Element parallel mit der global z-Richtung steht, ist der Winkel relativ zur globalen X-Achse. In jedem anderen Fall ist der Winkel relativ zur globalen z-Achse.

Gelenke

Gelenke können für Rippen, wie auch für Balken definiert werden. Standardmässig sind beide Enden fixiert. Die Lagerungsbedingungen an den Stabenden sind in der Tabelle *Rippen* zu sehen. Eine weitere Tabelle mit allen Details der Lagerungsbedingungen ist unter *Lagerungsbedingungen für Rippen* zu finden.

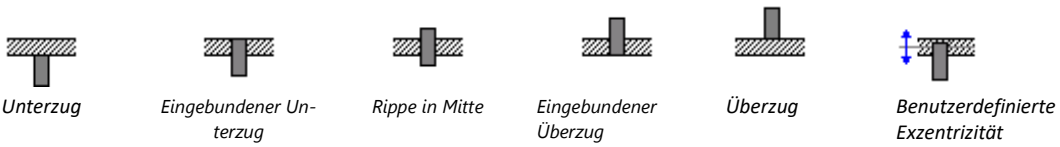
Exzentrizität von Rippen

Rippen werden meistens im Verbindung mit Flächenelementen (Bereiche) verwendet. Sie können jedoch auch als eigenständige Linienelemente definiert werden. Im letzteren Fall kann ihre Exzentrizität auf dieselbe Weise wie bei Balken definiert werden (**siehe....** *4.9.9.2.1 Exzentrizität von Stäbe*). Wenn eine Rippe mit einem Flächenelement verbunden ist, kann ihre Exzentrizität folgendermassen festgelegt werden.

Sie können Exzentrizität für eine Rippe nur festlegen, wenn sie auf dem Rand von ein oder zwei Flächen ist. Wenn mehr als Flächen mit dem Rand verbunden sind, wählen Sie ein oder zwei von ihnen aus, um die Exzentrizität für die Rippe festzulegen.

Die Exzentrizität einer Rippe wird durch den Abstand des Schwerpunktes seines Querschnitts zur Fläche des Modells der Oberfläche gegeben (neutrale Fläche). Sie ist positiv, wenn der Schwerpunkt in positiver Richtung seiner lokalen z-Achse ist. Es gibt 4 Optionen, um die Rippen-Exzentrizität zu setzen: Rippe oben, Rippe unten, Rippe in der mittleren Fläche oder Benutzerexzentrizität.

Unterzugsarten bei Betondecken und Betonunterzügen



Unterzug | *Eingebundener Unterzug* | *Rippe in Mitte* | *Eingebundener Überzug* | *Überzug* | *Benutzerdefinierte Exzentrizität*

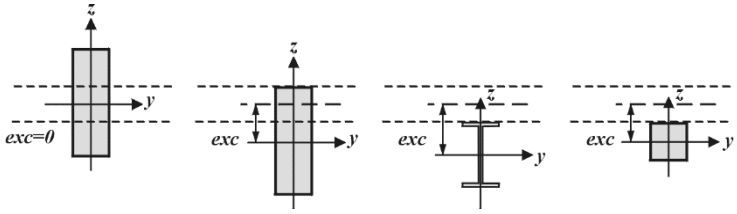
Unterzugsarten bei Betondecken und Unterzügen aus anderen Materialien



Unterzug | *Überzug* | *Zentrischer Balken* | *Anwenderspezifische Exzentrizität*

In den 3 ersten Fällen wird die aktuelle Exzentrizität vom Rippen-Querschnitt und der Plattendicke berechnet. Wenn die Rippe aus Beton ist, ist die Definition oberen und unteren Rippen unterschiedlich, daher ändert sich das Bild der Schaltfläche je nach Rippenmaterial. Wenn der Rippenquerschnitt oder die Plattendicke geändert wird, wird die Exzentrizität automatisch nachgerechnet.
Wenn die Rippe aus Stahl oder Holz, mit einer Schale verbunden und als obere oder untere Rippe definiert ist, kann eine zusätzliche axiale Verbindungssteifigkeit festgelegt werden.

☞ ***Im Falle von stahlbetonbewehrten Platten-Rippen-Verbindungen muss der Rippenquerschnitt die Plattendicke einbeziehen. In anderen Fällen (Stahl- oder Holzstrukturen) wird der Querschnitt zur oberen oder unteren Fläche der Platte zugewiesen.***



Wobei:

exc = Abstand zwischen dem Schwerpunkt der Rippe und dem Schwerpunkt des Flächenelementes mit dem entsprechenden Vorzeichen

☞ ***Bei einem Plattenmodell hat die Exzentrizität der Rippe nur auf die Biegesteifigkeit Einfluss:***

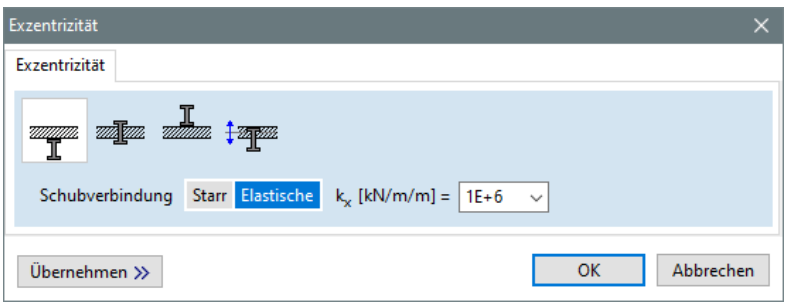
$$I_y^* = I_y + A \cdot exc^2$$

Bei Schalenelement entsteht beim Biegen Normalkraft im Element und auch in der Rippe, im Falle von exzentrischer Verbindung.

Schubverbindung

Bei oberen und unteren Rippen (ausser Betonbauweise) kann die Schubverbindung zwischen Platte und Rippe eingestellt werden, die starr oder elastisch sein kann. Die elastische Steifigkeit - kx-Komponente - muss vom Anwender eingestellt werden, sie wird nicht vom Programm berechnet (der Standardwert ist 1E+6 kN/m/m/m).

Mit der elastischen Einstellung wird auch die spezifische Längsschubkraft (Vxz-Komponente) berechnet (dies wird bei starren Einstellungen nicht berechnet).



Steifigkeitsreduktion

Mit Hilfe der Eurocode-Norm kann die Steifigkeitsreduktion für bestimmte architektonische Elemente (wie Stützen, Balken, Wände, Decken und andere Arten von Elementen) für die Analyse des modalen Antwortspektrums eingestellt werden. Details siehe Kapitel *3.3.10. Steifigkeitsreduktion*. Bei Betonrippen können zwei Arten von Reduktionsfaktoren eingestellt werden: k_A und k_I.

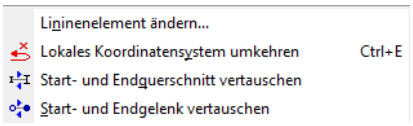
☞ ***Der Faktor k_A verringert die Querschnittsfläche des Betons. Er wirkt sich nur auf die Dehnungssteifigkeit und nicht auf die Schubsteifigkeit aus. Der Faktor k_I senkt nur die Biegesteifigkeit des Querschnitts.***

Rippen werden als blaue Linien dargestellt.

Uebernehmen>>

Eigenschaften eines andern Elementes können aufgepickt und den selektierten Elementen zugewiesen werden. Durch Klicken auf den Uebernehmen-Schalter wird der Dialog geschlossen. Das Klicken eines Elementes übernimmt dessen Eigenschaften und zeit den Dialog wieder an.
Nur diejenigen Eigenschaften werden kopiert, bei welchen das Kätchen aktiviert ist.

Popup Menu



Falls der Reiter *Element* ausgewählt ist, klicken Sie die rechte Maustaste auf das Linienelement um weiter nützliche Werkzeuge für das Linienelement angezeigt zu bekommen. Falls kein Element ausgewählt wurde, werden diese Funktionen das angeklicke Element verändern

Umgekehrtes lokales Koordinatensystem

Dreht die Ausrichtung der lokalen x-Koordinate für das ausgewählte Linienelement auf die andere Seite. Start- und Endquerschnitte von konischen Trägern/Rippen und deren Enden werden in ihrer ursprünglichen Poistion bleiben, nur ihre Interpretation wird sich ändern

Start- und Endquerschnitt wechseln

Wechselt den Start- und Endquerschnitt des ausgewählten variablen Querschnittes des Trägers/Rippen. Die Ausrichtung der lokalen x-Koordinate bleibt unverändert.

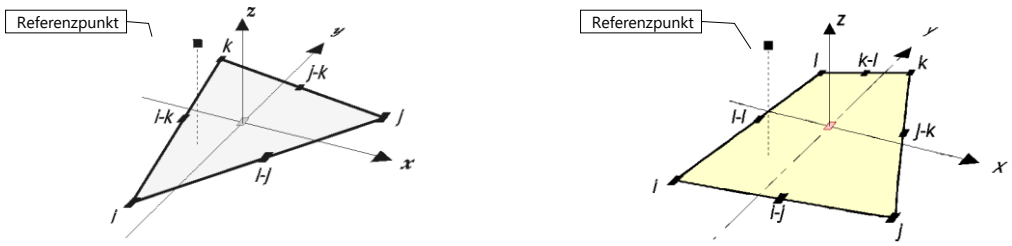
Wechselt Stabendgelenke des Anfangs- und Schlusspunkt

Stabendgelenke der ausgewählten Stäbe/Plattenbalken austauschen.
Die Ausrichtung der lokalen x-Koordinate bleibt unverändert.

4.9.10. Flächenelemente

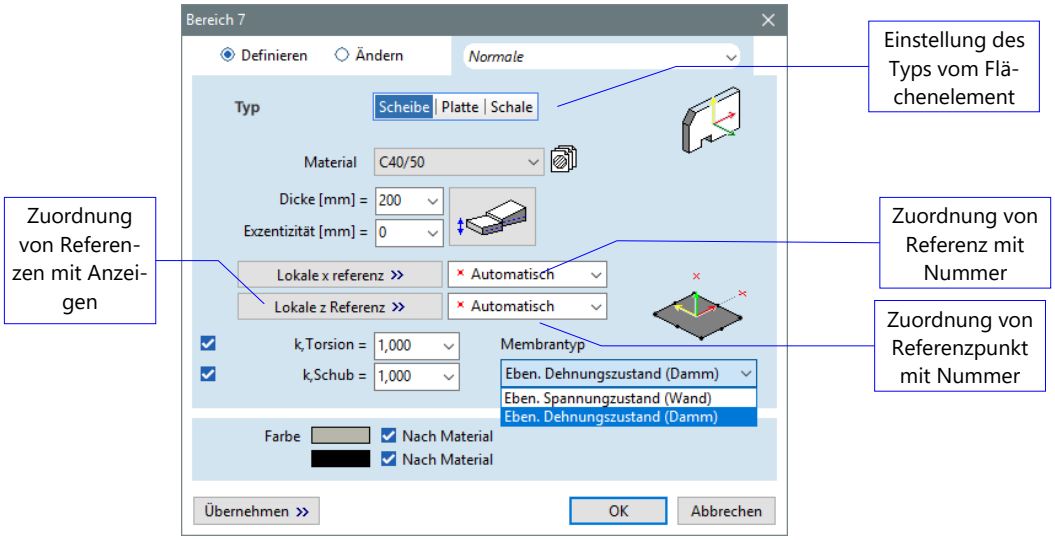
Zum Modellieren von dünnen Flächenelementen (Scheibe, Platte, Schale) wird ein ebenes, isoparametrisches finites Element mit sechs bzw. acht Knotenpunkten angewendet. Mit diesem Element kann man unter Berücksichtigung nur kleiner Verschiebungen Scheiben, dünne Platten- und Schalenkonstruktionen modellieren.
Durch die Einführung von Bereichen und automatischer Netzgenerierung wird diese Option als veraltet eingestuft.

☞ ***Die Dicke muss kleiner als der Zehntel der kleinsten Plattenausdehnung sein, und die Durchbiegung (w) der Platte/Schale darf nicht grösser sein als 20% der grösste Platten- oder Schalendicke.***



Gekrümmte Flächen und Seiten können mit geraden Ebenen oder Seiten angenähert werden. Die Annäherung bietet nicht in jedem Fall ausreichende Genauigkeit.
Das Element muss ein Drei- oder konvexes Viereckelement sein, und das Verhältnis der kleinsten zur längsten Seite darf nicht kleiner als 1/5 sein, und die Dicke/Länge darf nicht kleiner als 1/100 sein.

4.9.10.1. Scheibe



Element mit sechs oder acht Knotenpunkten. Es kann für den ebenen Spannungszustand ($\sigma_{zz} = \sigma_{xz} = \sigma_{yz} = 0$, $\varepsilon_{xz} = \varepsilon_{yz} = 0$, $\varepsilon_{zz} \neq 0$), oder für den ebenen Verformungszustand ($\varepsilon_{zz} = \varepsilon_{xz} = \varepsilon_{yz} = 0$, $\sigma_{xz} = \sigma_{yz} = 0$, $\sigma_{zz} \neq 0$) angewandt werden.

☞ ***Die Scheibe kann ausschliesslich in seiner Ebene belastet werden. Keine anderen Lasten können von einer Scheibe aufgenommen werden.***

Als Scheibenbeanspruchung $\boldsymbol{n_x}$, $\boldsymbol{n_y}$, $\boldsymbol{n_{xy}}$ bekommt man Scheibenkräfte, die $\boldsymbol{n_1}$, $\boldsymbol{n_2}$ Haupt-beanspruchungen und $\alpha_{\boldsymbol{n}}$ Richtungswinkel werden auch bestimmt.

Beim Definieren muss man die folgenden Daten angeben:

1. Ebene Spannungs-/Verformungszustand
2. Material
3. Dicke
4. Referenzpunkt/-vektor/-achse/-ebene zu der lokalen *x*-Achse
5. Referenzpunkt/-vektor zur lokalen z-Achse

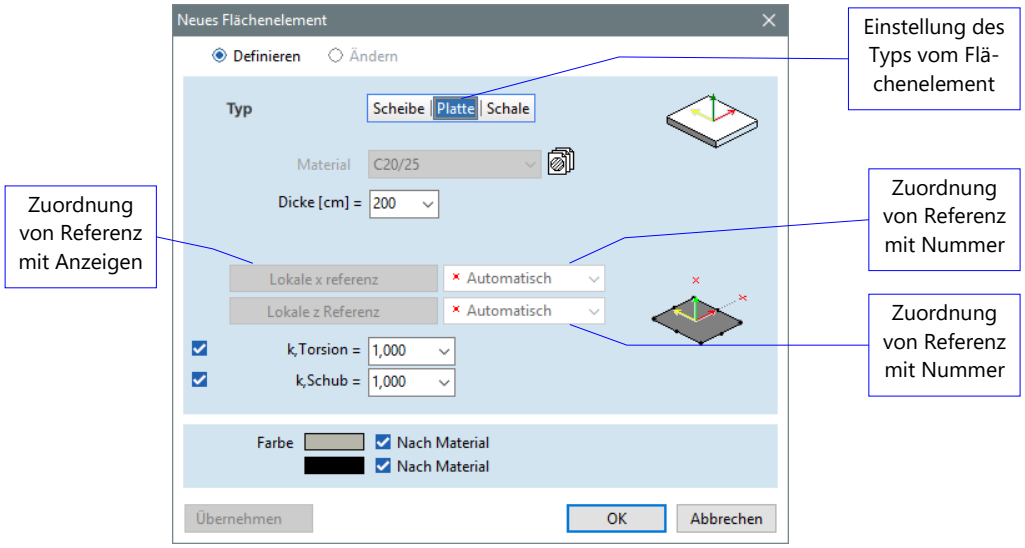
Klickt man auf das Ikon, öffnet sich das Dialogfenster *Importieren von der Materialdatenbank*. Hier kann man neues Material/Materialien ins Modell aufnehmen.

Automatische Referenz

Die lokalen x – und z Achsen können mittels Referenzelementen oder automatisch zugewiesen werden.
Siehe... *4.9.22 Referenzen*

Der Mittelpunkt der Scheibenelemente wird mit blauer Farbe bezeichnet.

4.9.10.2. Platte



Lagrange Elementtyp mit sechs Knotenpunkten oder Heterosis Elementtyp mit neun Knotenpunkten, das anhand der Mindlin-Reissner Theorie die Wirkung der Schubkräfte auch berücksichtigt.
Dieser Elementtyp ist für dünne wie dicke Plattenmodelle geeignet. Plattenelemente berücksichtigen nur das Biegeverhalten.

☞ ***Die Platte kann nur senkrecht zur Mittelebene belastet werden. Keine anderen Lasten können von einer Platte aufgenommen werden.***

Als Plattenbeanspruchung bekommt man $\boldsymbol{m_x}$, $\boldsymbol{m_y}$, $\boldsymbol{m_{xy}}$ Momente und senkrecht zur Plattenebene v_x, $\boldsymbol{v_y}$ Schubkräfte. Die $\boldsymbol{m_1}$, $\boldsymbol{m_2}$ Hauptbeanspruchungen, der α_m Richtungswinkel und die Resultierende $\boldsymbol{q_R}$ Schubkraft wird auch ermittelt.

Beim Definieren muss man die folgenden Daten angeben:

1. Material
2. Dicke
3. Referenzpunkt/-vektor/-achse/-ebene zu der lokalen x-Achse
4. Referenzpunkt/-vektor zur lokalen z-Achse

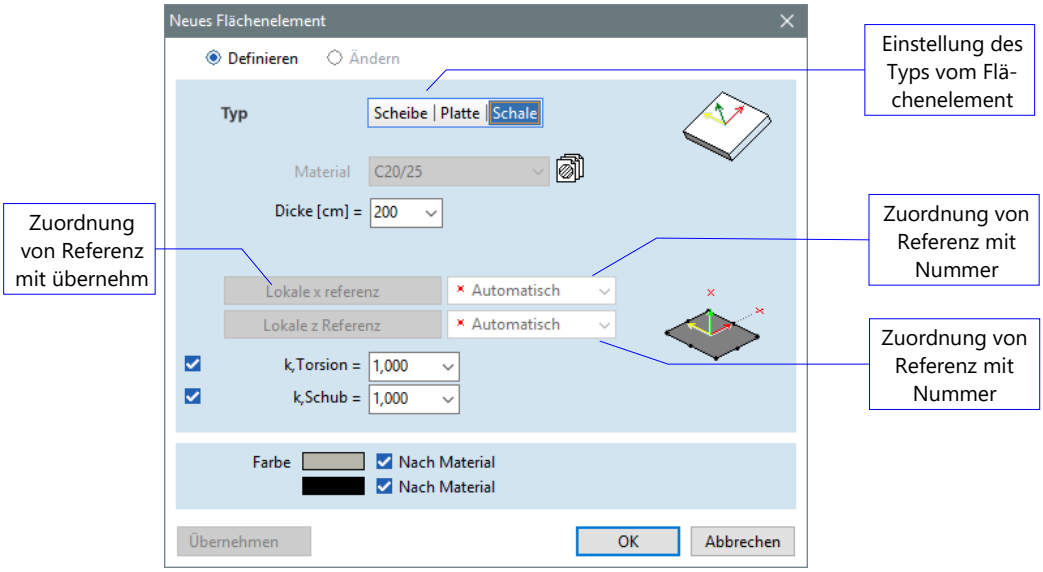


Klickt man auf dem Ikon, öffnet sich das Dialogfenster *Importieren von der Materialdatenbank.*

Automatische Referenz:
Die lokalen x – und z Achsen können mittels Referenzelementen oder automatisch zugewiesen werden.
Siehe... *4.9.22 Referenzen*

☞ Der Mittelpunkt der Plattenelemente wird mit roter Farbe gekennzeichnet.

4.9.10.3. Schale



Das ebene Schalenelement wird von der Zusammenfügen des Plattenelementes und des Scheibenelementes erstellt. Im Falle von ebenen Schalenelementen ist die Scheiben- und Plattenwirkung unabhängig voneinander.

☞ ***Die Schale kann in ihrer Ebene und senkrecht zur Mittelebene belastet werden.***

Als Beanspruchungen bekommt man dieselben Scheiben- und Platteneinwirkungen welche bereits oben erläutert wurden.

Beim Definieren muss man die folgenden Daten angeben:

1. Material
2. Dicke
3. Referenzpunkt/-vektor/-achse/-ebene zu der lokalen *x*-Achse
4. Referenzpunkt/-vektor zur lokalen z-Achse



Klickt man auf das Ikon, öffnet sich das Dialogfenster *Importieren von der Materialdatenbank.*

Automatische Referenz

Die lokalen x – und z Achsen können mittels Referenzelementen oder automatisch zugewiesen werden.
Siehe... *4.9.22 Referenzen*

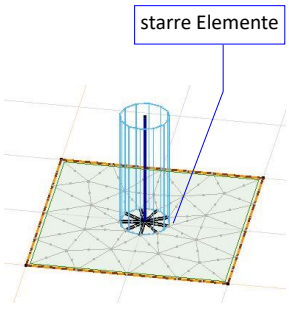
Der Mittelpunkt der Schalenelemente wird mit grüner Farbe gekennzeichnet.

Modifizieren

Durch Selektieren von Elementen des selben Typs und anschliessendem Klicken des Funktionsknopfes wird die Modifikation aktiviert. Eigenschaften der Elemente können geändert werden wenn das entsprechende Kästchen aktiviert ist. Falls ein Parameter nicht für alle selektierten Elemente denselben Wert hat, ist das Parameterfeld leer. Falls dann ein Wert eingegeben wird, wird dieser allen selektierten Elementen zugewiesen.

Uebernehmen>>

Siehe.... Übernehmen von *4.9.9 Linienelemente*



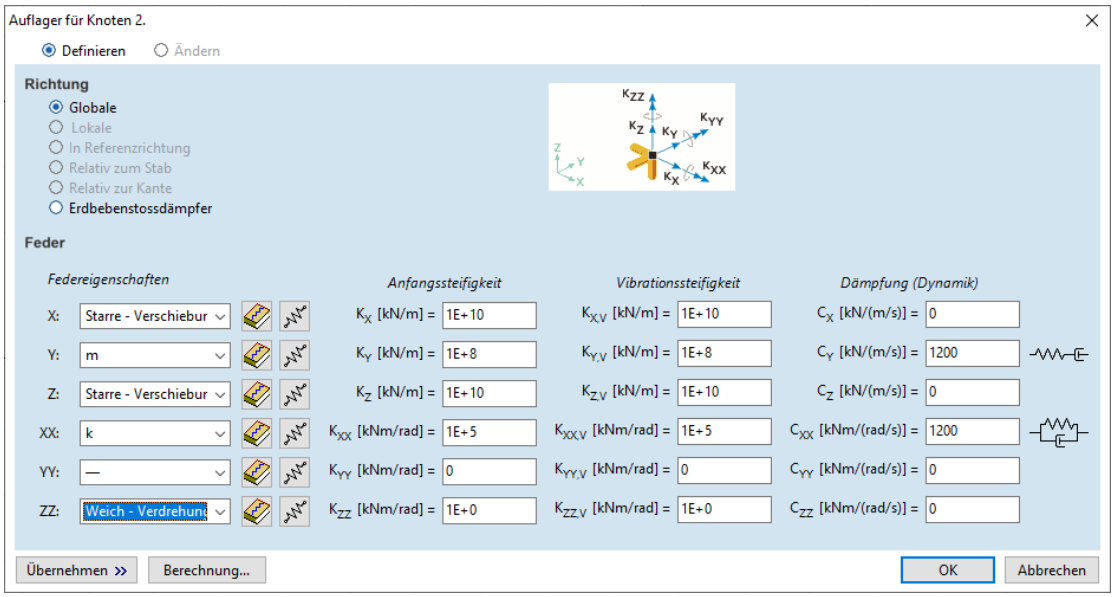
Die Rotations-Freiheitsgrad um die Achse senkrecht zur Oberfläche ist ein spezieller Freiheitsgrad. Es ist der dritte Freiheitsgrad der Membranelemente und der sechste Freiheitsgrad der Schalen. Er ist nicht mit den planaren Verschiebungen gekoppelt. Nur die Drill-Freiheitsgrade der Knoten sind mit einer geringen Steifigkeit verbunden. Im Falle von Schalen ist das Hauptziel, Singularitäten an 3D-Verbindungen zu vermeiden (L- oder T-förmige Verbindung von Flansch und Steg oder Modellierung von gekrümmten Schalen). Im Falle von Membranen besteht der Hauptzweck darin, die gleichen Ergebnisse zu erzielen wie bei in der Ebene belasteten Schalen. (***siehe...*** *Literatur [2].)*

Da der Drill-Freiheitsgrad nur eine geringe Steifigkeit aufweist, arbeitet ein direkt belasteter Knoten einer Membran oder eines Schalenelements so, als ob er um die senkrecht zur Oberfläche liegende Achse freigegeben worden wäre. Mit starren Elementen kann der Momentenwiderstand dieses Knotens erhöht werden.

4.9.11. Knoten-/Punktlager



Dieses Symbol erstellt ein Punktlager durch eine Feder, welche eine bestimmte Steifigkeit in Richtung der lokalen x-Achse (Axialfeder) und/oder um die ***x***-Achse (Drehfeder) hat. Ein Endpunkt der Feder ist der zu stützende Knoten, der andere Endpunkt ist fixiert.
Sie können die Verschiebungs- und/oder Rotations- (Dreh-) Eigenschaften über die Elementachsen mit den Federeigenschaften festlegen. Die Werte der Anfangs- und Vibrationssteifigkeit sowie der Dämpfungskoeffizient werden ebenfalls angezeigt.
Komponente mit einer linearen Federcharakteristik haben Felder um Steifigkeit und Dämpfung direkt einzugeben. Das Beenden des Dialoges wird automatisch eine neue Federcharakteristik mit den neuen Werten kreieren.
Nichtlineare Parameter können für jede Richtung zugewiesen werden. Um die Eigenschaften zu ändern, klicken Sie auf das Symbol der Federcharakteristik (***siehe...*** *3.1.17 Feder-Bibliothek*). Die Werte des Dämpfungskoeffizienten sind sichtbar, wenn mindestens einer von ihnen ungleich Null ist.



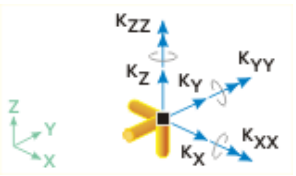
Das Auflager kann in den folgenden Systemen festgelegt werden:

- *Global*
- *Lokale*
- *In Referenzrichtung*
- *Relativ zum Stab oder zur Rippe*
- *Relativ zur Kante*

☞ ***Der Standardwert der Steifigkeiten ist 1,000E+10 [kN/m], [kNm/rad].***

Global

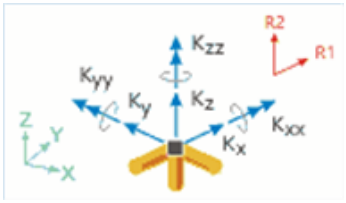
Definiert Knotenlager parallel zu den globalen Koordinatenachsen. Sie müssen die identisch gelagerten Knoten auswählen und die entsprechenden translatorischen (K_X, K_Y, K_Z) und rotatorischen (K_{XX}, K_{YY}, K_{ZZ}) Steifigkeiten aneben.



☞ ***An einem Knotenpunkt kann nur ein Auflager in globalen Richtungen definiert werden. In Seitenmittelpunkten von Flächenelementen können keine Knotenauflager definiert werden.***

Lokal

Zur Definition des lokalen Knotenlager-Elements sind mindestens zwei anwendbare Referenzen erforderlich. Diese Art der Knotenlagerung ist eigentlich eine rotierte Version der Globalen. Die erste Referenz ist die Richtung der lokalen x-Achse und die zweite Referenz bestimmt zusammen mit der ersten die Ebene der lokalen z-Achse. Neben den Referenzen muss die entsprechende Steifigkeit (Federeigenschaft) angegeben werden.

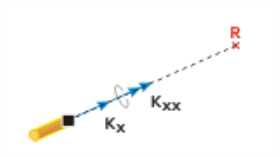


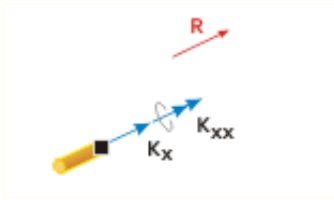
☞ ***Sie können nur eine lokale Lagerung für einen Knoten definieren.***

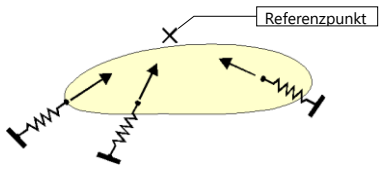
Referenz

Definiert Knotenlager in Richtung einer Referenz (Punkt oder Vektor). Sie müssen die Knoten auswählen, die identisch gelagert werden und die entsprechende Steifigkeit angeben (translatorisch $\boldsymbol{K}_x$ und rotatorisch K_{xx}).

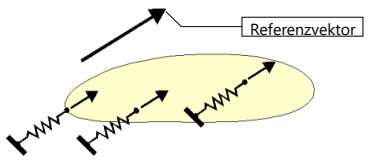
Die Richtung des Referenzvektors wird durch den Elementknoten und seinen Referenzpunkt oder Referenzvektor wie folgt definiert:







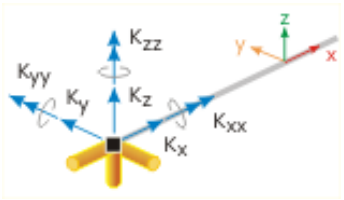
Wenn mehrere Auflagerelemente mit einem Referenzpunkt verbunden sind, zeigen die alle in die Richtung des Punktes.



Wenn mehrere Auflagerelemente mit einem Referenzvektor verbunden sind, zeigen sie alle parallel zum Vektor.

Relativ zum Stab/ oder zur Rippe

Mit diesem Befehl lassen sich Auflagerelemente in Richtung der Achsen des lokalen Koordinatensystems des Stabes festlegen. Zuerst muss man die Stäbe und Endpunkte markieren, die mit gleichen Auflagerbedingungen versehen werden sollen, dann werden die entsprechenden Steifigkeiten angegeben.



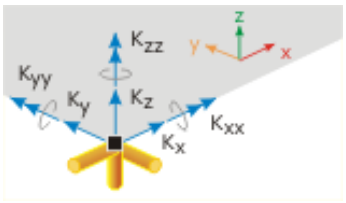
Sie müssen die Flächenelemente und die identisch gelagerten Knoten auswählen und die entsprechenden translatorischen (K_X, K_Y, K_Z) und rotatorischen (K_{XX}, K_{YY}, K_{ZZ}) Festigkeiten angeben.

Relativ zur Kante

Diese Option dient zur Lagerung der Flächenelemente entlang ihrer Ränder in x, y, z Richtung seines lokalen Koordinatensystems

Wobei:

- *x* = Achse definiert von der Kante des Elementes
- *y*= Achse in der Elementebene, die senkrecht ins Zentrum des Elementes zeigt.
- *z* = Achse senkrecht zur Elementebene, sie zeigt in den Halbraum, in welchem sich der Referenzpunkt befindet.



Zuerst werden die Flächenelemente und Elementränder markiert, welche die mit gleichen Auflagerbedingungen haben sollen. Dann werden die entsprechenden Steifigkeiten festgelegt.
Wenn in eine Flächenkante zwei Flächen sich anschliessen, dann wird die z-Achse in die Richtung der Winkelhalbierende der Flächen zeigen, die y-Achse wird rechtwinklig auf z und x-Achsen zeigen.
Wenn in einen Elementrand mehrere Flächen sich anschliessen, können Sie bei der Definition neben den Knoten und Elementrand eine weitere Fläche oder zwei Flächen auch markieren, dann wird das lokale Koordinatensystem der Lagerung mit der o.g. Methode bestimmt.

Sie müssen die Flächenelemente und die identisch gelagerten Knoten auswählen und die entsprechenden translatorischen (K_X, K_Y, K_Z) und rotatorischen (K_{XX}, K_{YY}, K_{ZZ}) Festigkeiten angeben.

Eine positive Verschiebung verlängert die Auflagerfeder, was eine Zugkraft verursacht. Eine negative Verschiebung verkürzt die Feder, was eine Druckkraft verursacht.

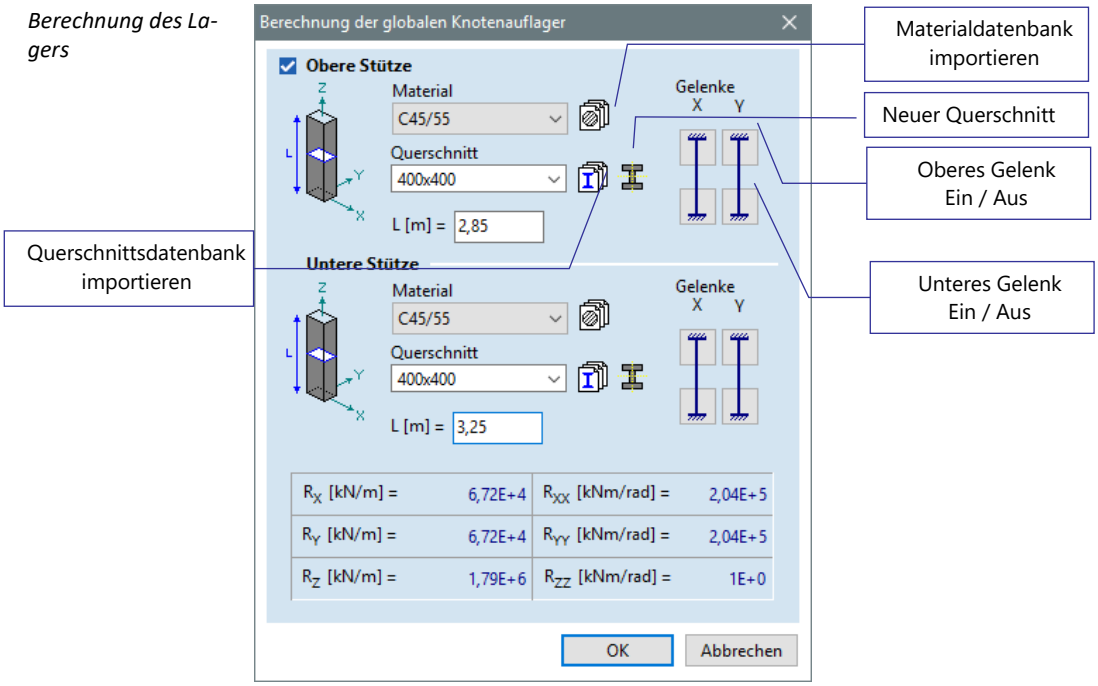
Nichtlineare Kraft-Verschiebungscharakteristiken können für dieses Element wie folgt spezifiziert werden: Nur Druck (sehr geringe Zugsteifigkeit), nur Zug (sehr geringe Drucksteifigkeit). Ein Widerstandswert kann ebenfalls eingegeben werden. Darüber hinaus ist es möglich, eine beliebige monoton zunehmende Charakteristik anzugeben.

Nichtlineare Charakteristiken werden nur in statischen oder dynamischen Analysen mit nichtlinearem Material in Betracht gezogen. Linear statisch, linear dynamsich und Beulanalsysen betrachten nur die Anfangssteifigkeit, während Vibratationsanalysen nur die Vibratationssteifigkeit in Betracht zieht.

Der Dämpfungskoeffizient wird nur bei dynamischen Analysen beachtet.

Knotenlager erscheinen als braune (K_X, K_Y, K_Z) und orange (K_{XX}, K_{YY}, K_{ZZ}) Prismen in 3 orthogonalen Richtungen.

Berechnung des Lagers



Berechnung

Siehe... *4.9.11.1 Berechnung der Auflagersteifigkeit*

Ändern

Durch Selektieren von Elementen des selben Typs und anschliessendem Klicken des Funktionsknopfes wird die Änderung aktiviert. Eigenschaften der Elemente können geändert werden wenn das entsprechende Kästchen aktiviert ist. Falls ein Parameter nicht für alle selektierten Elemente denselben Wert hat, ist das Parameterfeld leer. Falls dann ein Wert eingegeben wird, wird dieser allen selektierten Elementen zugewiesen.

Übernehmen>>

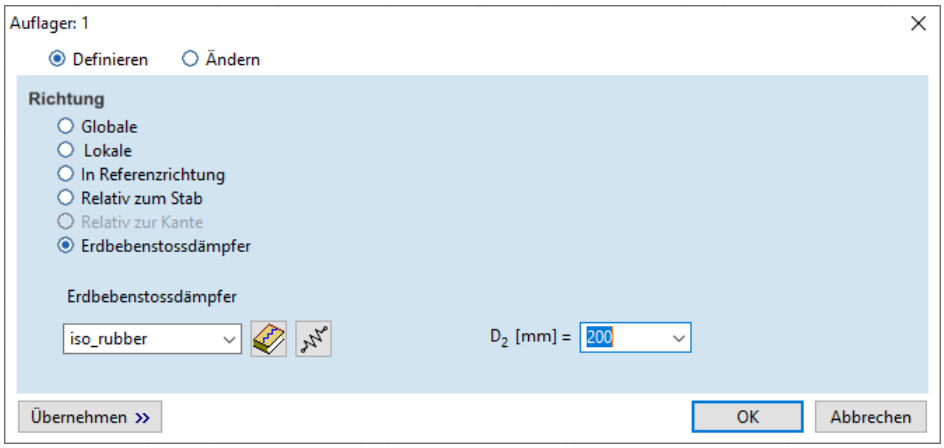
Siehe... Übernehmen von *4.9.9 Linienelemente*

Import von Steifigkeitswerte aus einem Excelsheet

Die Werte der initialen Steifigkeit können über die Zwischenablage aus einem Excelsheet kopiert und in die Tabelle des Punktlagers eingefügt werden. In diesem Fall werden Lagerbedingungen mit linearen Eigenschaften eingeführt, deren Komponenten der initialen Steifigkeit den Werten aus dem Excelsheet entsprechen.
Die Spalten der kopierten Tabelle entsprechen den Werten K_x, K_y, K_z, K_{xx}, K_{yy}, K_{zz}.

	A	B	C	D	E	F
1	2,00E+00	3,42E+02	2,34E+03	2,00E+00	2,22E+02	2,22E+02
2	3,00E+00	3,75E+04	1,21E+05	1,00E+10	4,22E+06	1,00E+10
3	3,52E+04	7,89E+04	1,00E+10	8,85E+04	8,68E+03	1,00E+10
4	2,35E+04	5,35E+05	1,00E+10	7,81E+06	7,57E+06	1,00E+10
5	1,00E+10	8,24E+04	7,68E+05	8,78E+02	2,45E+06	1,00E+10
6	1,00E+10	1,23E+07	1,00E+10	5,00E+00	4,58E+04	1,00E+10
7	1,00E+10	5,45E+04	1,00E+10	5,50E+01	8,75E+06	1,00E+10
8	1,00E+10	1,23E+02	1,00E+10	5,00E+00	4,45E+04	1,00E+10

Seismischer Isolator



D_2 Maximaler Designverschiebung in ULS

Die Koordinatenachsen des seismischen Isolators verlauft parallel zu den golaben Koordinatenachsen.
Siehe... *3.1.17.2 Seischmische isolatoren*

Ein Knotenpunkt kann entweder ein sesichmischer Isolator oder einem Knotenlager zugewiesen werden. Das Definieren eines seismischen Isolators zu einem Knoten, entfernt alles Knotenlager von diesem Knotenpunkt. Das Definieren eines Knotenlagers zu einem Knotenpunkt entfernt alle seischmischen Isolatoren von diesem Knotenpunkt.

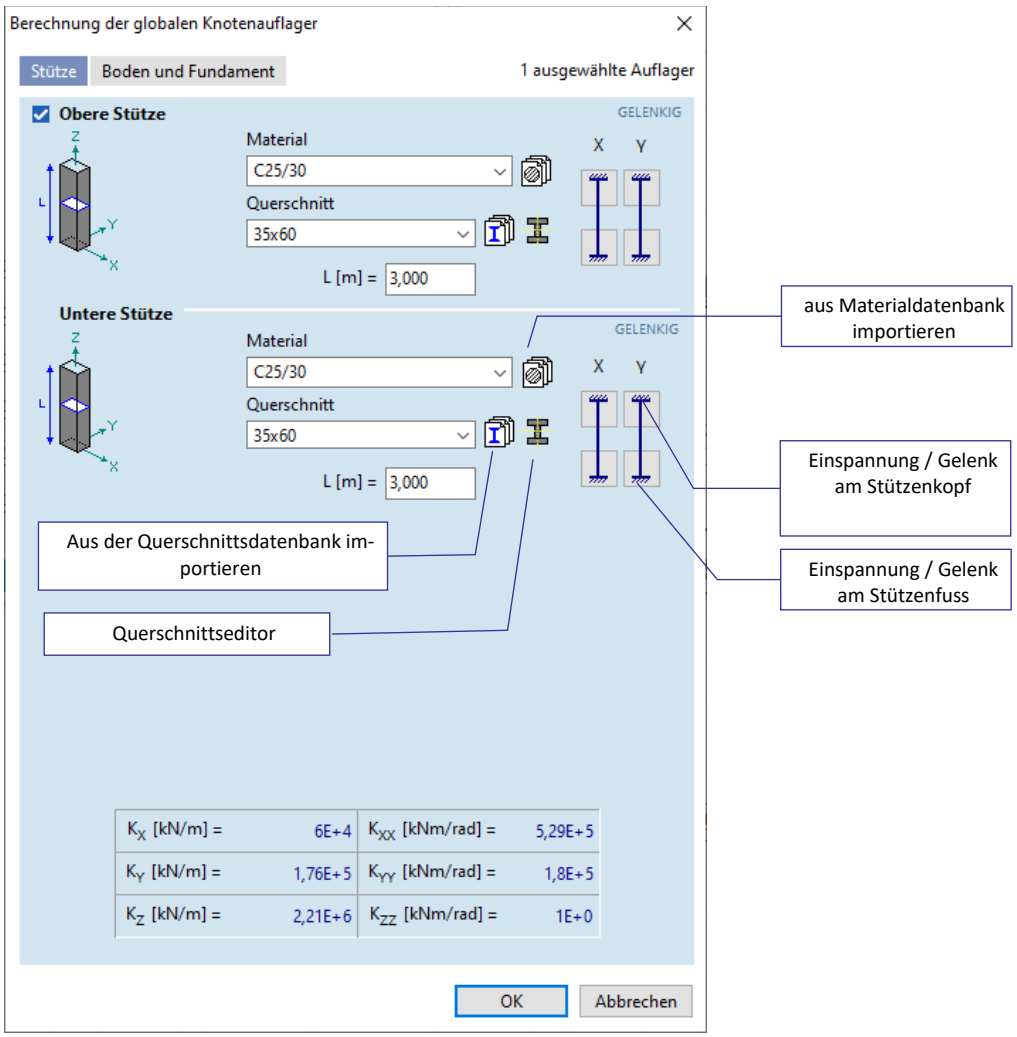
4.9.11.1. Berechnung der Auflagersteifigkeit

Verwenden Sie die Schaltfläche *Berechnung...* in der Auflagermaske, um die Lagersteifigkeit zu berechnen oder abzuschätzen.
Zwei Methoden sind implementiert: *Stütze* oder *Boden und Fundament*. Im ersten Fall wird das Knotenauflager durch eine Stütze (Material und Querschnitt) modelliert, im zweiten durch ein Blockfundament auf einem Boden mit einem bestimmten Bodenprofil.

4.9.11.1.1 **Berechnung mit Stützenparametern**

Die Auflagersteifigkeiten werden basierend auf den Endgelenken, dem Material und der Geometrie der Stütze bestimmt. Anhand dieser Parameter werden vom Programm äquivalente Federsteifigkeiten generiert.

Zur Berechnung der Knotenauflagersteifigkeit kann eine Stütze unter- und eine Stütze oberhalb des Knotens separat angegeben werden. Diese Stützenparameter können auch bei der Durchstanzanalyse (insbesondere bei Zwischendecken) verwendet werden. Die Stützen und Wände, welche die Auflager repräsentieren, können angezeigt und durch den Cursor identifiziert werden.



4.9.11.1.2 Berechnung der Auflagersteifigkeit aus Bodenprofil und Fundamentparametern

Bei der Auswahl von *Boden und Fundament* schätzt das Programm die Auflagersteifigkeit in globaler Z-Richtung (K) basierend auf Fundamentgröße und Bodenprofil.
Zwei Methoden stehen zur Verfügung: *Aus geschätzter Last* oder *Aus Setzung bei maximaler Tragfähigkeit*.

Aus geschätzter Last

Das Programm bestimmt die Setzung unter dem Fundament aufgrund einer zentrischen Druckkraft F auf den Boden und berechnet dann die Auflagersteifigkeit als $K = F/s$
Die Setzungberechnung erfolgt auf die gleiche Weise wie in *6.5.14.1 Bemessung Einzelfundament* beschrieben
Die Berechnung geht von $F \leq R_{v,d}$ aus, d.h. die Last darf nicht grösser sein als die Tragfähigkeit des Bodens unter dem Fundament. Dementsprechend können im Dialog keine Werte für F eingegeben, welche die Tragfähigkeit übersteigen.

Aus Setzung bei maximaler Tragfähigkeit

Sind die Tragfähigkeit des Bodens unter dem Fundament sowie die zugehörige Setzung s_{lim} bekannt, lässt sich die Auflagersteifigkeit mit $K = R_{v,d}/s_{lim}$ abschätzen.

In beiden Fällen ist die Tragfähigkeit zu ermitteln. Bei der ersten Methode stellt sie die obere Grenze für F dar, bei der zweiten Methode wird die Tragfähigkeit benötigt, um de Steifigkeit berechnen zu können.
Die allgemeine Formel lautet
Für den drainierten Zustand: $R_{v,d} = (c' N_c b_c s_c i_c g_c d_c + q N_q b_q s_q i_q g_q d_q + \frac{1}{2}\gamma B' N_\gamma b_\gamma s_\gamma i_\gamma g_\gamma d_\gamma) \cdot A'$
Für den undrainierten Zustand: $R_{v,d} = \left((\pi + 2) c_u b_c s_c i_c \gamma_c d_c + q\right) \cdot A'$
Dabei ist *A'* die effektive Fläche des Fundaments, B' die effektive Größe des Fundaments, γ der Bemessungswert der Wichte des Bodens unter dem Fundament, *c'* der charakteristische Wert der Kohäsion des Bodens, und *q* ist der Druck unter dem Fundament. Die N-Faktoren sind die Tragfähigkeitsfaktoren in Abhängigkeit vom Reibungswinkel φ' des Bodens, die b-Faktoren sind die Sohlneigungsfaktoren, s-

Faktoren sind die Formfaktoren, die i-Faktoren sind die Lastneigungsfaktoren, die g-Faktoren sind die Bodenneigungsfaktoren, und die d-Faktoren sind die Tiefenfaktoren.
Es stehen mehrere Methoden zur Verfügung, welche die verschiedenen *N-, b-, s-, i-, γ-, d*-Faktoren unterschiedlich berechnen:
Multiple methods are available, they calculate the various *N, b, s, i, γ, d* factors differently: *EN 1997-1 Anhang D, Terzaghi (Bowles), Terzaghi (Sprangler-Handy), Meyerhof, Hansen, Vesic.*
D ist die Tiefe des Fundaments, θ ist der Winkel zwischen dem Lastvektor und der Vertikalen, β ist der Neigungswinkel des Bodens.

EN 1997-1 Anhang D

Die Methode, welche die meisten Faktoren berücksichtigt.

$$N_q = e^{\pi \operatorname{tg} \varphi'} \operatorname{tg}^2\left(45° + \frac{\varphi'}{2}\right), \quad N_c = \left(N_q - 1\right) \operatorname{tg} \varphi', \quad N_\gamma = 2\left(N_q - 1\right) \operatorname{ctg} \varphi'$$

$$b_q = b_\gamma = (1 - \alpha \operatorname{tg} \varphi')^2, \quad b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \operatorname{tg} \varphi'}$$

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} sin\, \varphi', \quad s_\gamma = 1 - 0{,}3\frac{B'}{L'}, \quad s_c = \frac{s_q N_q - 1}{N_q - 1}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \operatorname{tg} \varphi'}, \quad i_q = \left(1 - \frac{H}{V + A' c' \operatorname{ctg} \varphi'}\right)^m, \quad i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + A' c' \operatorname{ctg} \varphi'}\right)^{m+1},$$

wobei $m_B = \frac{2 + B'/L'}{1 + B'/L'}, \quad m_L = \frac{2 + L'/B'}{1 + L'/B'}, \quad m = m_\theta = m_L \cos^2\theta + m_B \sin^2\theta$

Terzaghi (Bowles)

Die Methode nach Terzaghi (Bowles) wird hauptsächlich für zentrisch belastete Flachfundamente verwendet, bei denen die Tiefe der Fundamentunterkante *D* die Fundamentgröße nicht überschreitet. Die Neigung des Fundaments oder der Last wird vernachlässigt. Es werden nur die folgenden Faktoren verwendet:

$$N_q = \frac{e^{2\left(0{,}75\pi - \frac{\varphi'}{2}\right) \operatorname{tg} \varphi'}}{2 \cos^2\left(45° + \frac{\varphi'}{2}\right)}, \quad N_c = \left(N_q - 1\right) \operatorname{ctg} \varphi', \quad N_\gamma = \frac{\operatorname{tg} \varphi'}{2}\left(\frac{K_{pg}}{\cos^2 \varphi'} - 1\right),$$

wobei K_{pg} der passive Erddruckbeiwert ist, und

$$s_q = 1, \quad s_\gamma = 0{,}8, \quad s_c = 1{,}3$$

Terzaghi (Sprangler-Handy)

Die Methode nach *Terzaghi (Sprangler-Handy)* verwendet N-Faktoren aus *EN 1997-1 Anhang D* und s-Faktoren nach *Terzaghi (Bowles)*, aber der Faktor N_γ wird anders berechnet

$$N_\gamma = 1.1\left(N_q - 1\right) \operatorname{tg}\left(1{,}3\varphi'\right)$$

Meyerhof

Es werden nur die Faktoren *N, s, i, d* berücksichtigt:

$$N_q = e^{\pi \operatorname{tg} \varphi'} \operatorname{tg}^2\left(45° + \frac{\varphi'}{2}\right), \quad N_c = \left(N_q - 1\right) cot\, \varphi', \quad N_\gamma = \left(N_q - 1\right) tan(1{,}4\varphi')$$

$$s_c = 1 + 0{,}2K_p \frac{B'}{L'}, \quad s_\gamma = 1 + 0{,}1K_p \frac{B'}{L'}, \quad s_q = s_\gamma$$

$$i_c = 1 - \theta/90°, \quad i_\gamma = (1 - \theta \,/\, \varphi')^2, \quad i_q = i_c,$$

$$d_c = 1 - 0{,}2\sqrt{K_p}\frac{D}{B'}, \quad d_\gamma = 1 - 0{,}1\sqrt{K_p}\frac{D}{B'}, \quad d_q = d_\gamma,$$

wobei $K_p = \operatorname{tg}^2(45° + \varphi')$

Hansen

Beschreibt kohäsive Böden besser, es werden die N-Faktoren nach Meyerhof verwendet:

$$N_\gamma = 1{,}5\left(N_q - 1\right) \operatorname{tg} \varphi'$$

$$b_c = 1 - \frac{\alpha}{147°} \quad b_q = (1 - \alpha \operatorname{tg} \varphi')^2 \quad b_\gamma = b_q$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c}\frac{B'}{L'} \quad s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \operatorname{tg} \varphi' \quad s_\gamma = 1 - 0{,}4\frac{B'}{L'},$$

für rein bindige Böden: $s_c = 0{,}2B'/L'$

$$i_c = 1 - \theta/90°, \quad i_\gamma = (1 - \theta \,/\, \varphi')^2, \quad i_q = i_c,$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147°}, \quad g_q = (1 - \operatorname{tg} \beta)^2 \quad g_\gamma = g_q$$

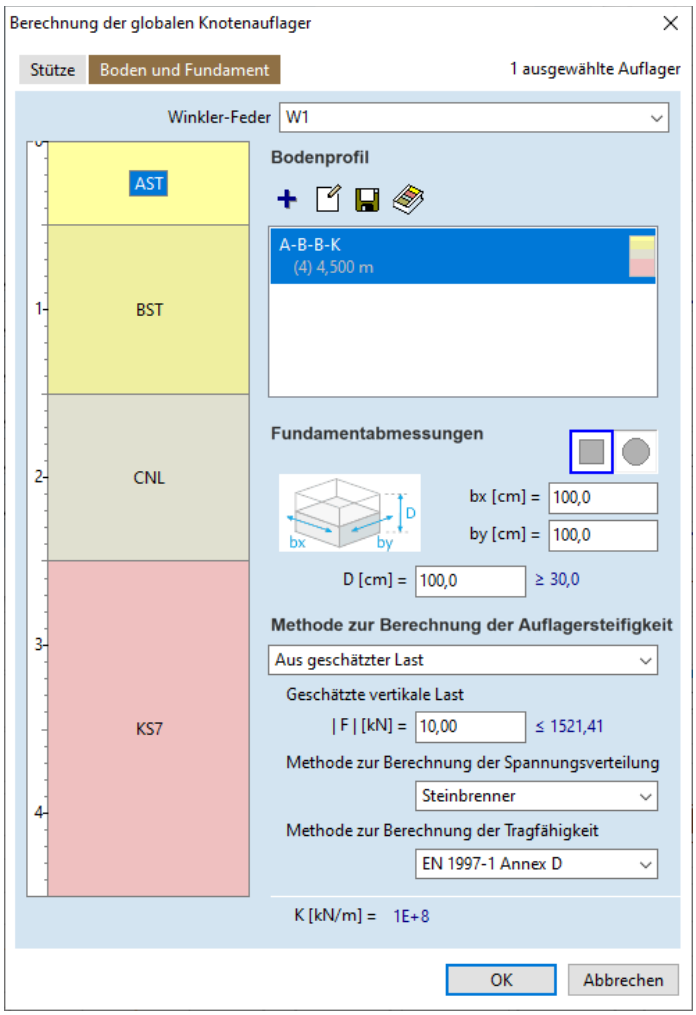
$$d_c = 1 + 0{,}4k, \quad d_q = 1 + 2 \operatorname{tg} \varphi'(1 - \sin \varphi')^2 k,$$

wobei $k = D/B'$, falls $k > 1$ dann $k = \operatorname{arc\,tg}\,(D \,/\, B')$

Vesic

Es werden die Faktoren nach *Hansen* verwendet, aber

$$N_\gamma = 2\left(N_q - 1\right) tg\, \varphi'$$



Winkler-Feder

Eine Kombination aus einem Bodenprofil, den Parametern des Fundaments und der Berechnung wird als Winkler-Feder bezeichnet, welche ein Auflager simuliert. Winkler-Federn werden im Modell unter einem Namen gespeichert. Dieselbe Winkler-Feder kann mehreren Auflagern zugeordnet werden. Vorhandene Winkler-Federn können aus der obersten Dropdown-Liste ausgewählt werden.

Bodenprofil

Die Symbolleiste über der Liste der verfügbaren Bodenprofile bietet die gleichen Funktionen wie in *6.5.14.1 Bemessung Einzelfundament* beschrieben

Neues Bodenprofil erstellen
Mit dem Bodenprofil-Editor kann ein neues Bodenprofil erstellt werden *(6.5.14.3)*

Bodenprofil bearbeiten
Bearbeitung des aktuellen Bodenprofils im Bodenprofil-Editor

Speichern des ausgewählten Bodenprofils
Speichern des ausgewählten Bodenprofils in der Bodenprofilbibliothek

Importieren von Bodenprofilen aus der Bibliothek
Die Bodenprofilbibliothek *(6.5.14.3)* ist für jedes Modell verfügbar

Fundamentab-messungen

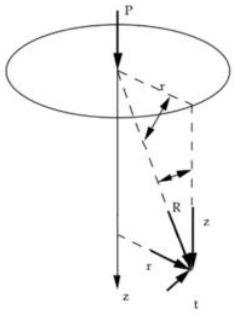
Die Form des Fundaments kann rechteckig oder kreisförmig sein.
Rechteckfundamente werden durch die Grössen *bx* und *by* definiert, Kreisfundamente durch den Durchmesser *dp*. In beiden Fällen muss die Tiefe der Gründung relativ zum Nullniveau des Bodenprofils *(D)* angegeben werden.

Berechnung der Auflagersteifigkeit

Die Berechnung kann über die *geschätzte Last* oder über die *Setzung bei maximaler Tragfähigkeit* erfolgen.

Aus geschätzter Last

In diesem Fall muss ein geschätzter absoluter Wert der vertikalen Last auf dem Boden eingegeben werden (F). Das Programm berechnet die maximale Tragfähigkeit des Bodenprofils, als Obergrenze für die Last F.
Die Methode zur Berechnung der Spannungsverteilung (Boussinesq, Westergaard, Steinbrenner, Verhältnis 2:1) und die Methode zur Berechnung der Tragfähigkeit (siehe oben) müssen gewählt werden.

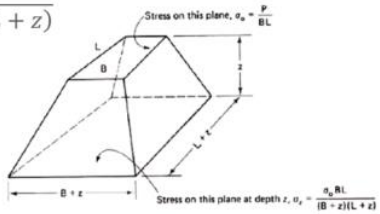


Boussinesq → $\sigma_z = \frac{3F}{2\pi}\frac{z^3}{R^5}$

Westergaard → $\sigma_Z = \frac{F}{z^2 2\pi}\frac{\alpha_\mu}{\left(\alpha_\mu{}^2+\left(\frac{r}{z}\right)^2\right)^{3/2}};\ \alpha_\mu = \sqrt{\frac{1-2\mu}{2-2\mu}}$

Steinbrenner → $\sigma_Z = \frac{\sigma_0}{2\pi} arc\tan\left(\frac{b}{z}\frac{a(a^2+b^2)-2az(r-z)}{(a^2+b^2)(r-z)-z(r-z)^2}\right) + \left(\frac{bz}{b^2+z^2}a\frac{r^2+z^2}{(a^2+z^2)r}\right) \qquad r = \sqrt{a^2+b^2+z^2}$

Ratio 2:1 → $\sigma_Z = \sigma_0 \frac{BL}{(B+z)(L+z)}$



Aus Setzung bei maximaler Tragfähigkeit

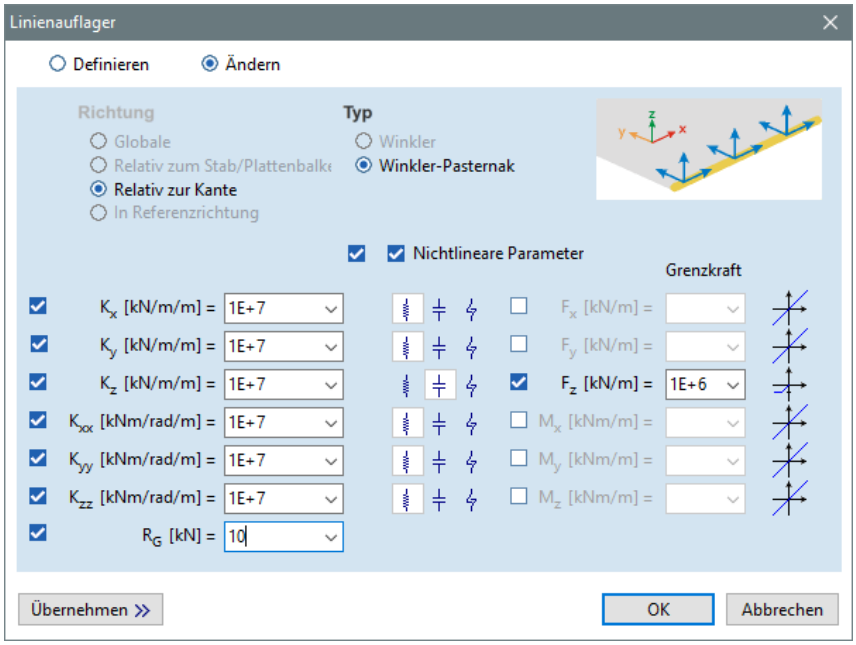
Die zu erwartende Setzung s_{lim} beim Erreichen der Traglast und das Verfahren zur Berechnung der Traglast (siehe oben) sind anzugeben.

Nachdem alle Parameter für das gewählte Verfahren festgelegt wurden, wird die geschätzte Auflagersteifigkeit K am unteren Rand des Dialogfelds angezeigt. Nach Schließen des Dialogs weist das Programm jedem Auflager (Winkler-Feder) die entsprechenden Auflagersteifigkeiten zu und generiert Namen, die sich aus dem Namen der Winkler-Feder und den Zeichen _x, _y, _z zur Kennzeichnung der Richtungen zusammensetzen. Die Steifigkeitskomponente in globaler Z-Richtung wird auf K gesetzt, die anderen beiden Komponenten auf 10–4 K. Es werden keine Rotationssteifigkeiten berechnet.

Aktualisieren der Auflagerparameter basierend auf den tatsächlichen Fundamenten

Liegen Ergebnisse einer statischen Berechnung vor, kann die Fundamentbemessung durchgeführt werden (6.5.14.1). Die bei der Fundamentbemessung verwendeten Parameter (Abmessungen des Fundaments und Bodenprofil) können verwendet werden, um die Auflagersteifigkeiten über das Hauptmenü zu aktualisieren *(Bearbeiten / Auflagerparameter basierend auf den tatsächlichen Fundamenten aktualisieren)*. Dieser Befehl berechnet die Steifigkeit der ausgewählten Knoten- und Linienauflager neu.
Durch diese Operation werden die bestehenden Ergebnisse ungültig.

4.9.12. Linienauflager



Das Auflager kann in den folgenden Systemen festgelegt werden:

- *Global*
- *Relativ zum Stab/ oder zur Rippe*
- *Relativ zur Kante*
- *In Referenzrichtung* (Richtung von einem Referenzvektor oder –punkt übernehmen)

Linienauflager können verwendet werden, um lineare Lagerbedingungen einer Struktur zu modellieren. Linienlagerelemente sind elastisch tragenden Balken, Rippen oder die Kanten von Flächenelementen. Die inneren Kräfte entsprechen dann den Auflagerkräften.
Wählen Sie den Rand eines Flächenelements, einen Balken oder eine Rippe und geben Sie anschliessend die translatorischen und rotatorischen Steifigkeitswerte ein. Jedem Freiheitsgrad kann ein nichtlineares Verhalten zugewiesen werden. Die Eigenschaften können Sie verändern, indem Sie auf die drei Schaltflächen (bidirketional, nur Druck, nur Zug) klicken, eine Haken in der Widerstandsbox setzen und falls nötig einen Wert eingeben.

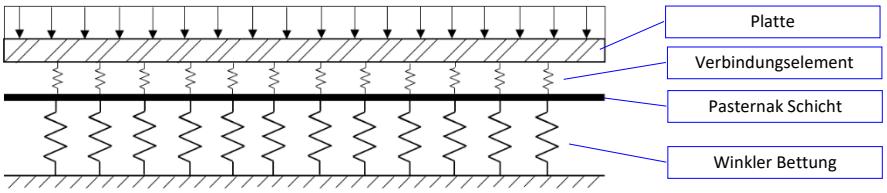
Winkler-Lagerung

Diese Lagerelemente repräsentieren eine elastische Fundation nach Winkler. Wählen Sie den Rand eines Flächenelementes, einen Balken oder eine Rippe und geben sie anschliessend die Steifigkeitswerte ein.

☞ ***Der Grundwert der Steifigkeit der Auflagerung ist 1.000E+07 [kN/m/m], [kNm/rad/m].***

Winkler-Paternak-Lagerung

Diese Lagerelemente repräsentieren eine elastische Fundation nach Winkler, welche über eine ausgeklügeltere Last-Verformungsbeziehung in z-Richtung verfügt. Über die Winklerfedern wird eine zusätzliche Pasternakschicht gelegt, welche die vertikale Schubsteifigkeit des Bodens modelliert. Diese hat einen konstanten Schubwiderstand R_G. Über die Pasternakschicht wird ein Linie-Line generiert mit einer Steifigkeit von 1000*K_z. In einer linearen Analyse ist die einzige Aufgabe dieser Schicht, die Auflagerkraft R_z zwischen dem Boden und der Struktur zu übertragen.



☞ ***Sowohl Linienelement- als auch Bereichsrandauflager werden als Strukturelemente betrachtet, d.h. wenn ein Netz erzeugt wird, werden diese Elemente automatisch intern unterteilt, aber Tabellen und Bezeichnungen beziehen sich immer auf die Strukturelemente.***

Global

Definiert die Linienauflager parallel zur globalen Achse. Der Anwender muss die dazugehörige Übersetzung und Rotationssteifigkeit bestimmen.

Relativ zum Stab/ oder zur Rippe

Für Balken und Rippen werden Linienauflagerelemente erzeugt, welche als elastische Lagerung wirken. Die translatorischen K_x, K_y, K_z und rotatorischen K_{xx}, K_{yy}, K_{zz} Steifigkeiten müssen definiert werden.

☞ ***Die Stäbe/Rippen die elastisch gebettet sind, müssen in jedem Fall mindestens in 4 Teile geteilt werden.***

Bei den Elementen, wo diese Bedingung nicht erfüllt wird, kann man die elastische Bettung nicht definieren. Die Elemente müssen weiter geteilt werden, das Programm gibt die erforderliche Anzahl der Teilung an.

$$L \le l_k = \frac{1}{2}\min\left(\sqrt[4]{\frac{4E_xI_z}{k_y}}, \sqrt[4]{\frac{4E_xI_y}{k_z}}\right)$$

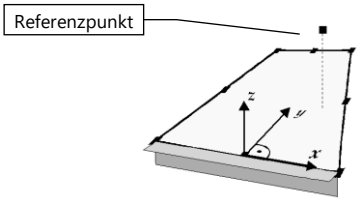
wobei *L* die Stablänge ist

☞ ***Bei Stäben, die elastisch gebettet sind werden die Beanspruchungen zwischen zwei Knotenpunkten durch lineare Interpolation ermittelt (deshalb ist es nötig die Stäbe aufzuteilen).***

Relativ zur Kante

Kantenauflagerung relativ zur Achse des Elementrandes, in *x*, *y*, *z* Richtung. Die entsprechenden Steifigkeitswerte (translatorisch K_x, K_y, K_z und rotatorisch K_{xx}, K_{yy}, K_{zz}) müssen definiert werden.
Falls eine Oberfläche mit dem Rand verbunden ist, sind die Achsen des lokalen Koordinatensystems:

- *x* = Achse definiert von der Kante des Elementes
- *y* = Achse in der Elementebene, die senkrecht ins Zentrum des Elementes zeigt.
- *z* = Achse senkrecht zur Elementebene, sie zeigt in den Halbraum, in welchem sich der Referenzpunkt befindet.



Wenn sich in einer Flächenkante zwei Flächen anschliessen, dann wird die z-Achse in die Richtung der Winkelhalbierenden der Flächen zeigen, die y-Achse wird rechtwinklig zur z und zur x-Achsen gerichtet sein.
Wenn in einen Elementrand mehrere Flächen sich anschliessen, können Sie bei der Definition neben den Knoten und Elementrand eine weitere Fläche oder zwei Flächen auch markieren, dann wird das lokale Koordinatensystem der Lagerung mit der o.g. Methode mit Berücksichtigung der selektierten Flächen bestimmt.
Die Steifigkeiten der Auflagerung müssen für die Verschiebungen (R_X, R_Y, R_Z) und für die Verdrehungen (R_{XX}, R_{YY}, R_{ZZ}) festgelegt werden.

Referentiell

Definiert ein Kantenauflager in einem rechtshändigen x, y, z Koordinatensystem, wobei
x = Kantenrichtung
y = senkrecht zur Kante und zur z-Richtung
z = Richtung definiert durch Referenzpunkt oder -vektor

Eine Verschiebung mit positivem Vorzeichen dehnt die Feder, was zu einer Zugkraft führt. Eine Verschiebung mit negativem Vorzeichen staucht die Feder, was zu einer Druckkraft führt.

Nichtlineares Verhalten

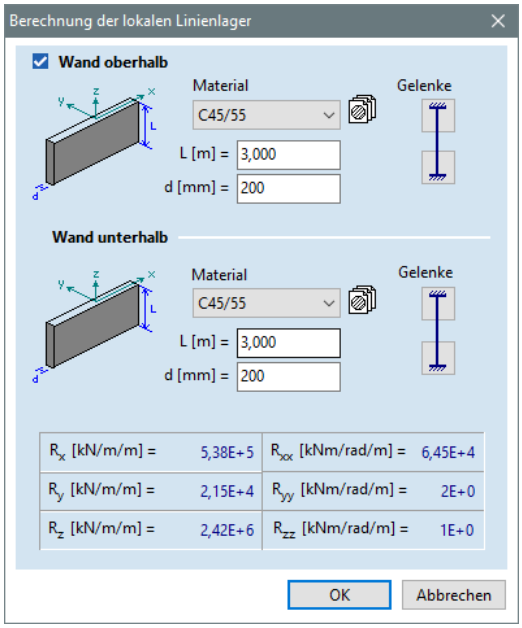
Bei nichtlinearem Verhalten kann man zu aller Verschiebungskomponente beliebige Kraft-Verschiebung Charakteristiken (nur Zugsteifigkeit, nur Drucksteifigkeit oder mit einer Grenzkraft) definieren / zuordnen.

☞ ***Die verschiedenen Kraft-Verschiebungs-Charakteristiken werden nur bei einer nichtlinearen Berechnung berücksichtigt. In allen anderen Fällen, bei der linearen statischen Berechnung, der Schwingungsuntersuchung I/II und beim Knicken, werden die nichtlinearen Charakteristiken mit ihrer Anfangssteifigkeit berücksichtigt, die während der Berechnung konstant bleiben.***

Das nichtlieneare Verhalten der Winkler-Pasternak-Lagerung in lokale z-Richtung stammt aus dem nichtlinearen Verhalten der Schicht Linie-Linie-Verbingungsschicht. Falls die Lagerung nur Zugkräfte aufnimmt, dehnt sich der link-layer frei und lässt die Struktur sich vom Baugrund abheben. Die Lagerkraft R_z ist dabei Null. Wegen der Pasternak-Schicht wird die Winklerfundation weiterhin unter Druckspannung stehen.

Linienlager erscheinen als braune (K_X, K_Y, K_Z) und orange (K_{XX}, K_{YY}, K_{ZZ}) Linien in 3 orthogonalen Richtungen.

Berechnung des Lagers

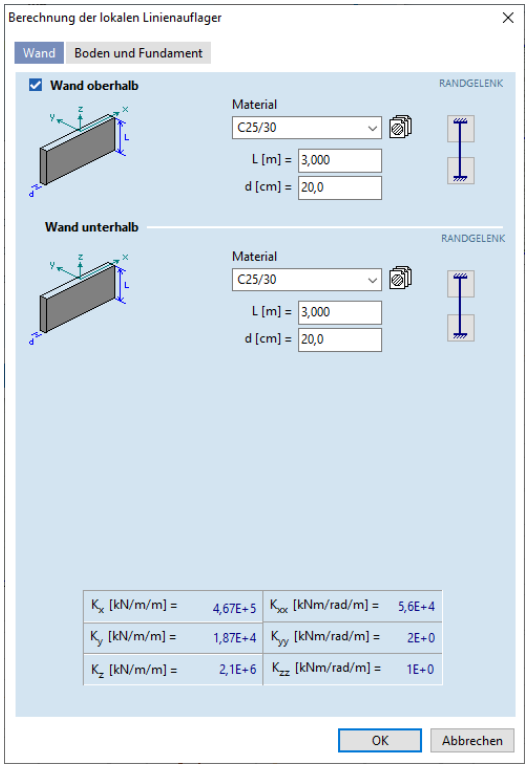


Klickt man auf den ***Berechnung...*** Knopf des Dialogfensters nach der Definition eines globalen oder relativen Linienlagers, werden, anhand der geometrischen und physikalischen Eigenschaften der Wand und mit Berücksichtigung der Einspannungsverhältnisse, die Verschiebungs- und Verdrehungssteifigkeiten automatisch ermittelt.

4.9.12.1. Berechnung der lokalen Linienauflagersteifigkeiten

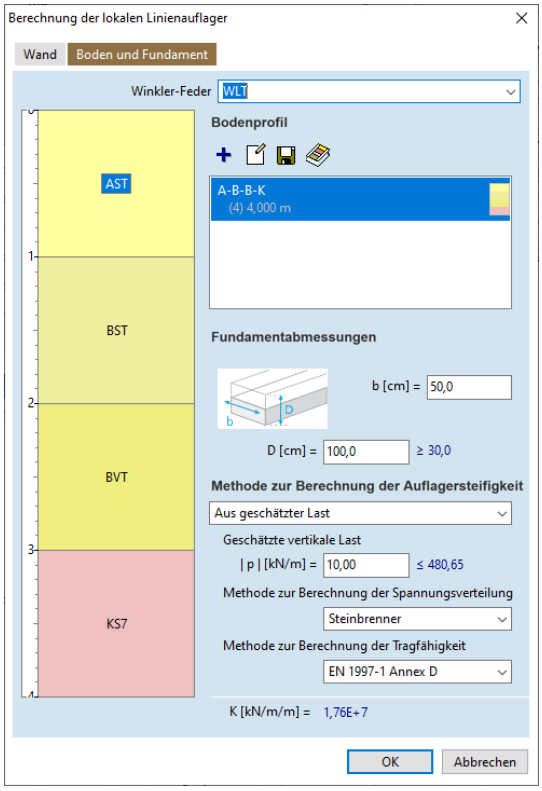
Verwenden Sie die Schaltfläche *Berechnung...* im Auflagerdialog, um die Auflagersteifigkeit zu berechnen oder abzuschätzen.
Zwei Methoden sind implementiert: *Wand* oder *Boden und Fundament*. Im ersten Fall wird das Knotenauflager durch eine Wand (Material und Geometrie) modelliert, im zweiten Fall durch ein Streifenfundament auf einem Boden mit einem bestimmten Bodenprofil.

4.9.12.1.1 **Berechnung mit Wandparametern**



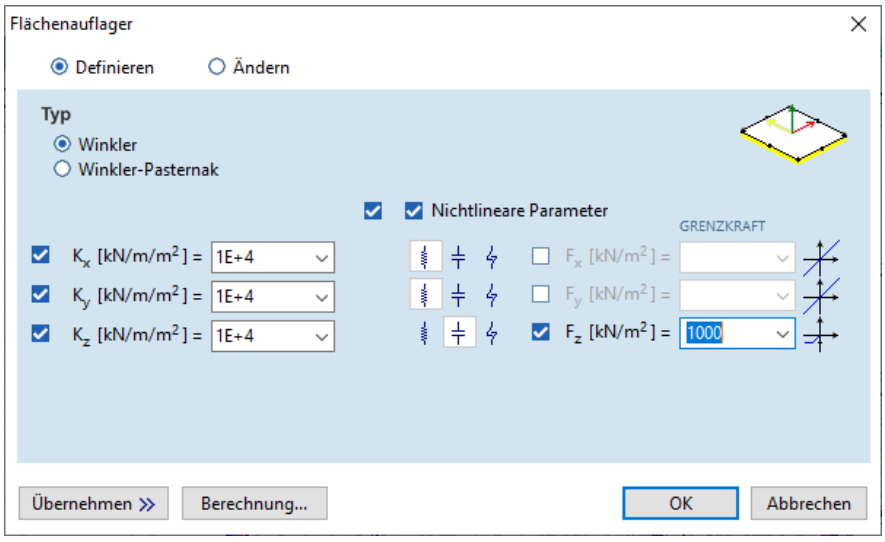
Die Steifigkeitskomponenten werden basierend auf den Randgelenken, dem Material und der Geometrie der Wand bestimmt. Anhand der Parameter werden vom Programm Federsteifigkeiten generiert.

4.9.12.1.2 Berechnung der Auflagersteifigkeit aus Bodenprofil und Fundamentparametern



Die Auflagersteifigkeit wird auf die gleiche Art wie für Knotenauflagern (*4.9.11.1.2*) berechnet, aber natürlich sind auch die Belastung *p* und die daraus resultierende Steifigkeit *K* spezifische Werte.
Die in der Fundamentbemessung (*6.5.14.2*) verwendeten Parameter (Abmessungen des Fundaments und Bodenprofil) können verwendet werden, um die Steifigkeitswerte über das Hauptmenü zu aktualisieren *(Bearbeiten / Auflagerparameter basierend auf den tatsächlichen Fundamenten aktualisieren)*. Dieser Befehl berechnet die Steifigkeit der ausgewählten Knoten- und Linienauflager neu.
Durch diese Operation werden die bestehenden Ergebnisse ungültig.

4.9.13. Flächenauflager



Flächenlager bieten eine Lagerung für Flächenelemente und Bereiche. Die Steifigkeitskoponenten folgen dem lokalen Koordinatensystem des Flächenelements oder Bereichs.

Winkler Lagerung

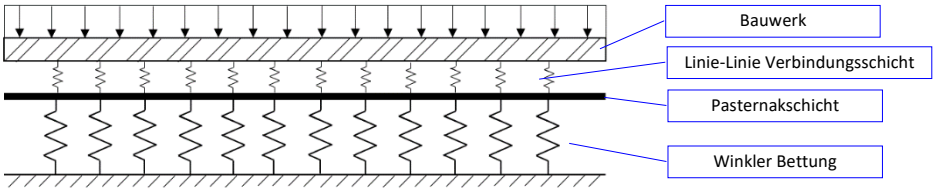
Führt ein Flächenauflager (Elastische Bettung nach Winkler) für Flächenelemente ein. Eine translatorische Steifigkeit im lokalen Koordinatensystem des Flächenelements muss definiert werden. Die Lagerung zeigt auf Druck und Zug dasselbe Verhalten. Weiter ist das Verhalten innerhalb eines Flächenelementes dasselbe. Die Steifigkeiten der Lagerung K_x, K_y, K_z (Winkler-Module) müssen festgelegt werden. Ihre Koordinaten folgen dem lokalen Koordiantensystem des Flächenelementes.

☞ ***Der Grundwert der Steifigkeit der Auflagerung ist 1.000E+04 [kN/m/m²].***

Winkler-Pasternak-Lagerung

Diese Lagerelemente repräsentieren eine elastische Fundation nach Winkler, welche über eine ausgeklügeltere Last-Verformungsbeziehung in z-Richtung verfügt. Über die Winklerfedern wird eine zusätzliche Pasternakschicht gelegt, welche die vertikale Schubsteifigkeit des Bodens modelliert. Diese hat

einen konstanten Schubwiderstand R_G. Über die Pasternakschicht wird eine Linie-Linie-Verbindungsschicht generiert mit einer Steifigkeit von 1000*K_z. In einer linearen Analyse ist die einzige Aufgabe dieser Schicht, die Auflagerkraft R_z zwischen dem Boden und der Struktur zu übertragen.



Eine Verschiebung mit positivem Vorzeichen dehnt die Feder, was zu einer Zugkraft führt. Eine Verschiebung mit negativem Vorzeichen staucht die Feder, was zu einer Druckkraft führt.

Nichtlineares Verhalten

Bei nichtlinearem Verhalten kann man zu aller Verschiebungskomponente beliebige Kraft-Verschiebung Charakteristiken (nur Zugsteifigkeit, nur Drucksteifigkeit oder mit einer Grenzkraft) definieren / zuordnen.

Die verschiedenen Kraft-Verschiebungs-Charakteristiken werden nur bei einer nichtlinearen Berechnung berücksichtigt. In allen anderen Fällen, bei der linearen statischen Berechnung, der Schwingungsuntersuchung I/II und beim Knicken, werden die nichtlinearen Charakteristiken mit ihrer Anfangssteifigkeit berücksichtigt, die während der Berechnung konstant bleiben.

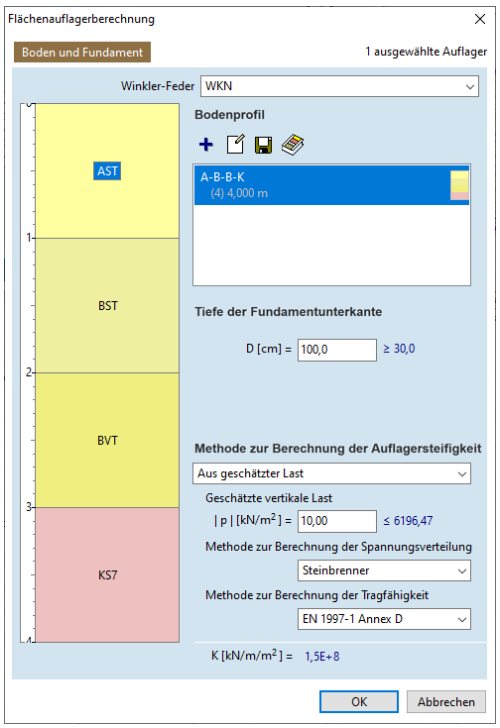
Das nichtlieneare Verhalten der Winkler-Pasternak-Lagerung in lokale z-Richtung stammt aus dem nichtlinearen Verhalten der Linie-Linie-Verbindungsschicht. Falls die Lagerung nur Zugkräfte aufnimmt, dehnt sich der link-layer frei und lässt die Struktur sich vom Baugrund abheben. Die Lagerkraft R_z ist dabei Null. Wegen der Pasternak-Schicht wird die Winklerfundation weiterhin unter Druckspannung stehen.

Flächenlager erscheinen als orange Kreuzschraffuren

4.9.13.1. Berechnung der Auflagersteifigkeit

Verwenden Sie die Schaltfläche *Berechnung...*, um die Auflagersteifigkeit zu berechnen. Die Flächenauflager wird durch einen Boden mit vorgegebenem Bodenprofil modelliert.

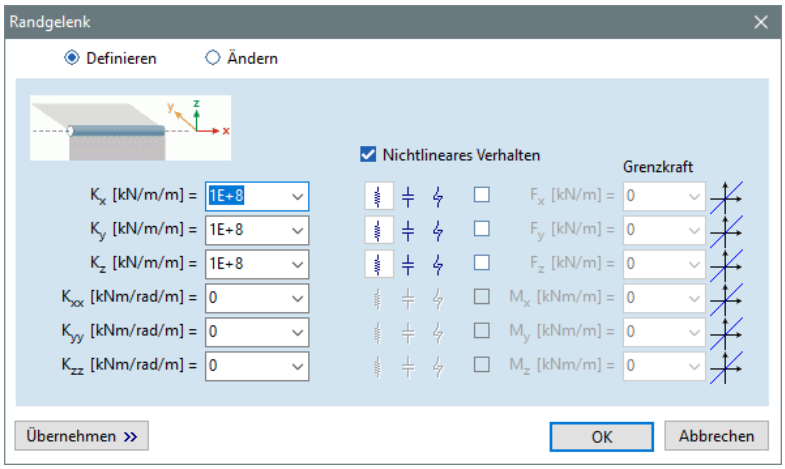
4.9.13.1.1 Berechnung der Auflagersteifigkeit aus Bodenprofil und Fundamentparametern



Die Berechnung der Auflagersteifigkeit erfolgt gleich wie bei Knotenauflagern (*4.9.11.1.2 Berechnung der Auflagersteifigkeit aus Bodenprofil und Fundamentparametern*), aber natürlich sind auch die Belastung *p* und die daraus resultierende Steifigkeit *K* spezifische Werte per m^2.
Die Größe des Fundaments muss nicht angegeben werden, da die Last über die gesamte Fläche des Fläche des Auflagers verteilt wird. Der einzige Parameter ist die Fundamenttiefe *D*.

4.9.14. Randgelenk

Randgelenke können zwischen Bereichsrändern oder zwischen einem Plattenbalkenelement und einem einem Bereichsrand defiert werden. Selektieren sie die Kantenlinie und den Bereich. Gelenksteifigkeiten können im lokalen System des selektieren Bereichsrandes definiert werden.

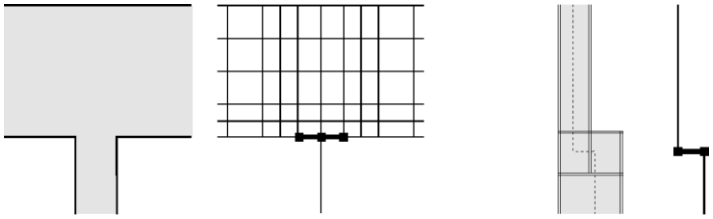


4.9.15. Starrkörperelemente

Diese Elemente dienen zur Modellierung solcher Teile der Konstruktion, welche im Verhältnis zu anderen Konstruktionsteilen eine sehr grosse Steifigkeit haben, z. B. exzentrische Stabknoten, Stützenköpfe usw.

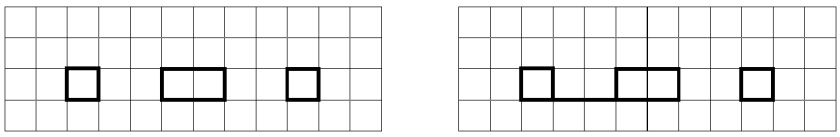
Die Starrkörper-Elemente können keine Verzerrungen aufweisen, aber durch diese Elemente können die Knotenbewegungen und Knotenbeanspruchungen gekoppelt werden.
Starrkörper-Elemente können nur im Modul STATIK/I (Berechnung nach der Theorie I. Ordnung) angewandt werden. Ein Starrkörper-Element wird durch die Netzlinien zwischen zwei Knoten festgelegt.

Verbindung zw. Scheibe-Stab: *Exzentrische Stabverbindung:*



☞ ***Die Freiheitsgrade der Knoten eines Starrkörperelementes können nicht fest sein.***

Definieren Hier kann man Starrkörper-Elemente definieren. Man muss die Linien markieren, die das Element bilden. Die Liniennetze, welche gemeinsame Knoten haben, gehören zu einem Starrkörper-Element.



Starrköper-Elemente 1. 2. 3. *Starrköper-Elemente 1. 2.*

Die Starrköper-Elemente lassen sich mit dem Modifizieren-Befehl teilen oder zusammenfassen. Wenn Sie eine Linie markieren, die zwei Elemente verbindet, werden die zugehörigen Elemente zu einem Element zusammengefasst. Wenn eine Linie gelöscht und dadurch die Kontinuität des Elementes gebrochen wird, zerfällt das ursprüngliche Element in zwei neue Elemente.

☞ ***Es ist nicht gestattet, dass alle Linien eines finiten Elementes zu einem Starrköper-Element gehören. Die Knoten eines Starrkörper-Elementes besitzen immer 6 Freiheitsgrade, und dürfen nicht unterdrückt werden.***

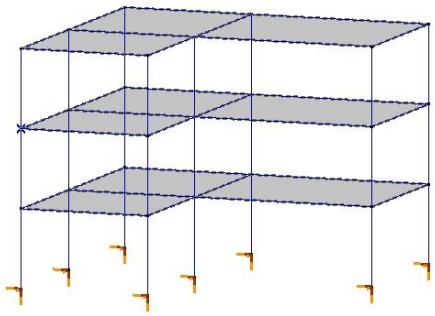
☞ ***Wenn die Masse eines Starrkörper-Elementes berücksichtigt werden soll (z.B. Bei Schwingungs-untersuchung), muss man einen zusätzlichen Knoten im Schwerpunkt des Körpers generieren, und zu diesem Knoten wird die Elementmasse zugeordnet.***

☞ Die Starrkörper-Elemente werden auf dem Bildschirm mit dicken schwarzen Linien dargestellt.

4.9.16. Diaphragma



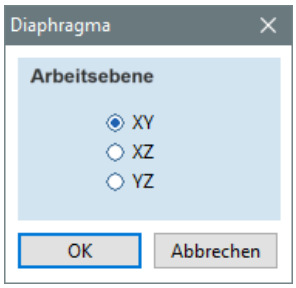
Das Einsetzen von Diaphragmen bedeutet eine Vereinfachung des Modells. Diaphragmen sind spezielle starre Körper bei welchen die relative Position der Elementknoten in einer globalen Ebene bleibt. Diaphragmen reduzieren den Rechenaufwand erheblich. Bei grossen Modellen kann die Eigenschwingungsanalyse viel schneller berechnet werden, da in solchen Fällen Diaphragmen total starre Platten in den Geschossebenen repräsentieren.



Definition Selektieren Sie Linien um Diaphragmen zu definieren. Jedes Set von verbundenen Linien bildet ein Diaphragma.

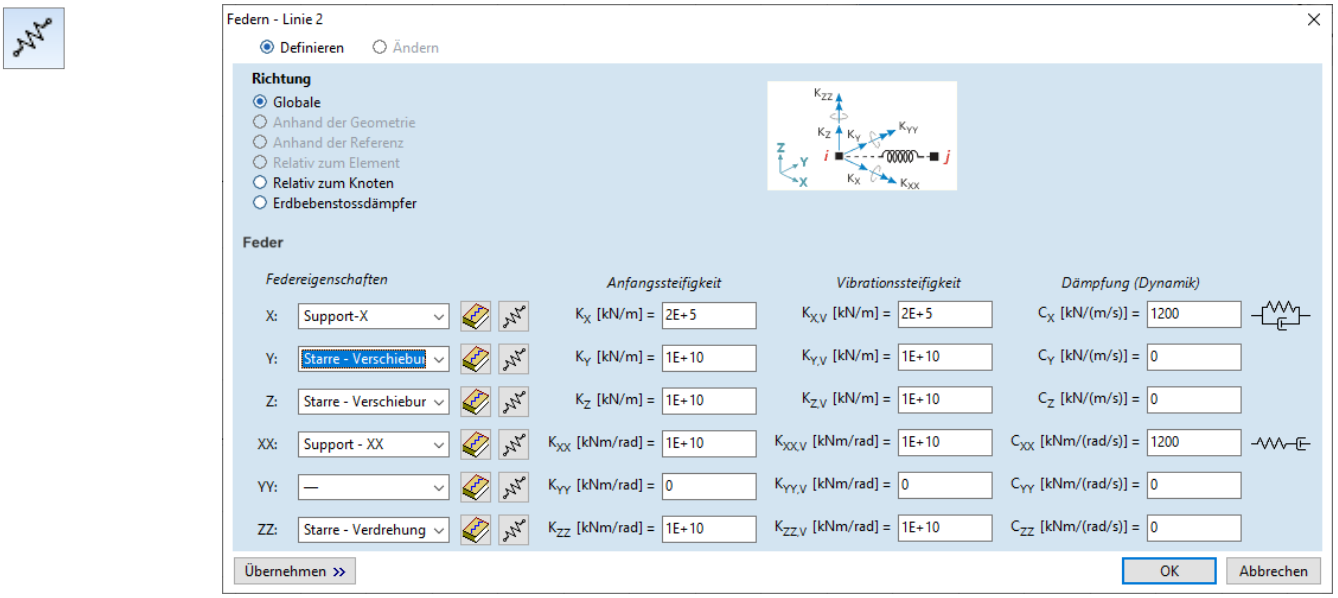
☞ Diaphragmen werden als dicke graue Linien dargestellt.

Modifizieren von Diaphragmen: Beim Selektieren von Linien welche zwei Diaphragmen verbinden werden beide zu einem einzigen Diaphragma vereint. Selektieren mehrerer Gruppen von Linien ohne Verbindung zwischen den Gruppen werden das ursprüngliche Diaphragma aufteilen..



Nach der Definition muss die Arbeitsebene des Diaphragmas gewählt werden. Die relative Position von Elementknoten bleibt konstant in dieser Ebene. Für starre Platten in der X-Y Ebene wählen Sie XY.

4.9.17. Feder

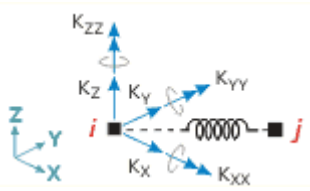


Das Federelement verbindet die Freiheitsgrade zweier Knoten des Modells. Das Element hat ein eigenes Koordinatensystem. Sie können die translatorischen Federcharakteristiken (X, Y, Z) und/oder Rotationscharakteristik der Feder (XX,YY, ZZ) spezifizieren. Die Werte der Anfangs- und Vibrationssteifigkeit sowie der Dämpfungskoeffizient werden ebenfalls angezeigt. Jeder Richtung können nichtlineare Parameter zugeordnet werden. Um die Eigenschaften zu ändern, klicken Sie auf das Symbol für die Federcharakteristik.
Siehe... *3.1.17 Feder-Bibliothek*

Federn können in den folgenden Systemen definiert werden: Global, Nach Geometrie, Nach Referenz, elementbezogen, knotenbezogen, oder ein seismischer Isolator.

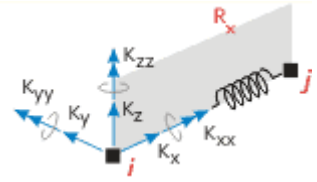
Global

Definiert Federelemente parallel zu den globalen Koordinatenachsen. Sie müssen die Zeile markieren und die entsprechenden transatorischen (K_X, K_Y, K_Z) und rotatorischen (K_{XX}, K_{YY}, K_{ZZ}) Charakteristiken angeben.



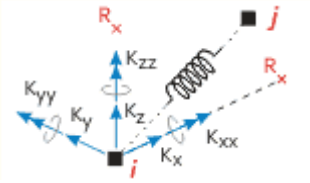
Nach Geometrie

Wenn Sie ein Federelement basierend auf der Geometrie spezifizieren, ist die Richtung der ausgewählten Linie die lokale x-Achse des Federelements. Die Ebene, die die lokale z-Achse enthält, wird durch die Referenz z und die lokale x-Achse bestimmt.
Das Modell verlangt, dass mindestens eine Referenz angegeben wird.



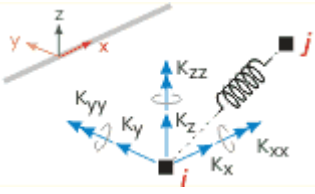
Nach Referenz

Das durch Referenz definierte Federelement kann durch zwei Referenzen spezifiziert werden. Die Richtung der lokalen x-Achse wird durch die x-Referenz festgelegt. Die z-Referenz bestimmt zusammen mit der lokalen x-Achse die Ebene, in der sich die lokale z-Achse befindet. Nach Auswahl der Linie müssen Referenzen und Federeigenschaften angegeben werden.
Das Modell verlangt, dass mindestens zwei Referenzen angegeben werden.



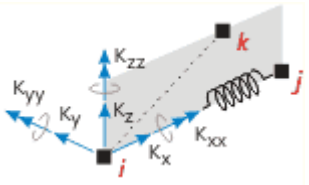
Elementbezogen

Das lokale Koordinatensystem des Federelements ist auf das lokale Koordinatensystem des ausgewählten Träger- oder Rippenelements ausgerichtet. Sie müssen die gewünschte Linie und das Element sowie schließlich die Federeigenschaften für jede Richtung auswählen. Das Modell muss mindestens ein Träger- oder Rippenelement beinhalten, um diese Art von Federelement zu definieren.



Knotenbezogen

Ein knotenbezogenes Federelement wird durch zwei Knoten zusätzlich zur ausgewählten Linie bestimmt. Der lokale x-Referenzknoten mit dem unteren Nummernknoten der Federlinie gibt die lokale x-Achse der Feder an. Der lokale z-Referenzknoten mit der lokalen x-Richtung bestimmt die Ebene, die die lokale z-Achse enthält.



Das Modell erfordert die Angabe von mindestens zwei Knoten.

Feder-Bibliothek



Federn können von der *Feder-Bibliothek* importiert werden, **siehe..** *3.1.17 Feder-Bibliothek*. Das Programm filtert automatisch die dem Freiheitsgrad entsprechenden Federeigenschaften heraus.

Feder-Editor



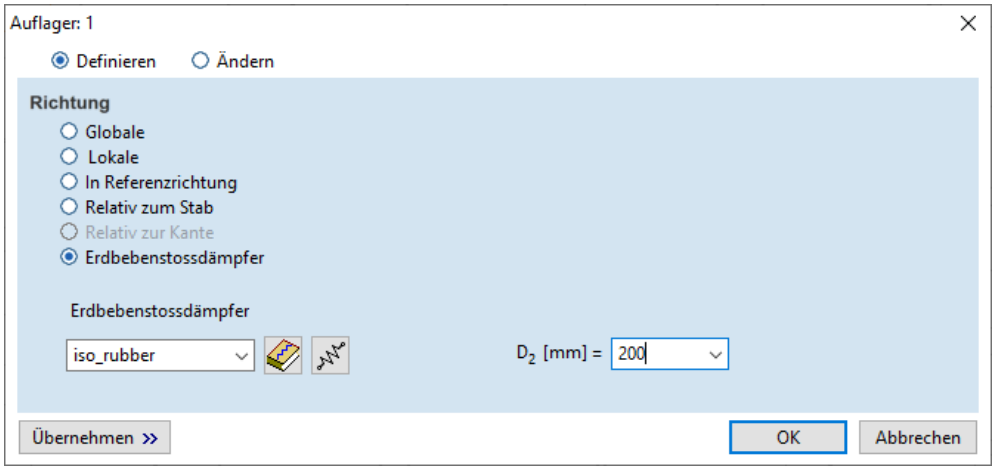
Die Komponenten können über das Federn-Symbol bearbeitet werden.
Siehe... *3.1.17 Feder-Bibliothek*
Komponenten mit einer linearen Federcharakterstik haben Felder um die Steifigkeit und Dämpfung direkt einzugeben.
Das Schliessen des Dialogs kreiert automatsich eine neue Federcharakteristik mit den neuen Werten. Die Werte der Dämpfungskoeffizienten werden angezeigt, wenn mindestens einer nicht Null ist.

☞ ***Nichtlineare Federeigenschaften werden nur bei nichtlinearen statischen und dynamischen Analysen berücksichtigt.***

☞ ***Anfangssteifigkeiten werden bei linearen statischen, linearen dynamischen und Knickanalysen berücksichtigt, auch wenn die Federn nichtlinear sind. Bei der Vibration I/II werden die Schwingungssteifigkeiten berücksichtigt, so dass die Werte während der Analysen konstant bleiben.***
Die Dämpfungskoeffizienten sind nur in der dynamischen Analyse berücksichtigt.

☞ ***Die Federelemente sind keine echten Bauelemente. Sie verbinden die Knoten-DOFs der Endpunkte nacheinander. Es gibt keine geometrische Kopplung zwischen den verschiedenen DOFs (Translation-Rotation, Kraft-Moment).***

Seismische Isolatoren



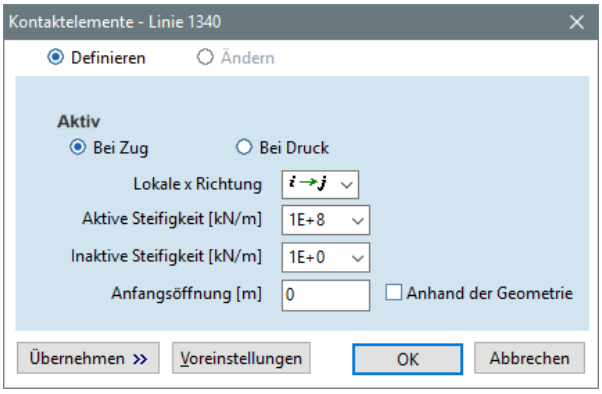
D_2 Maximale Designverschiebung in ULS

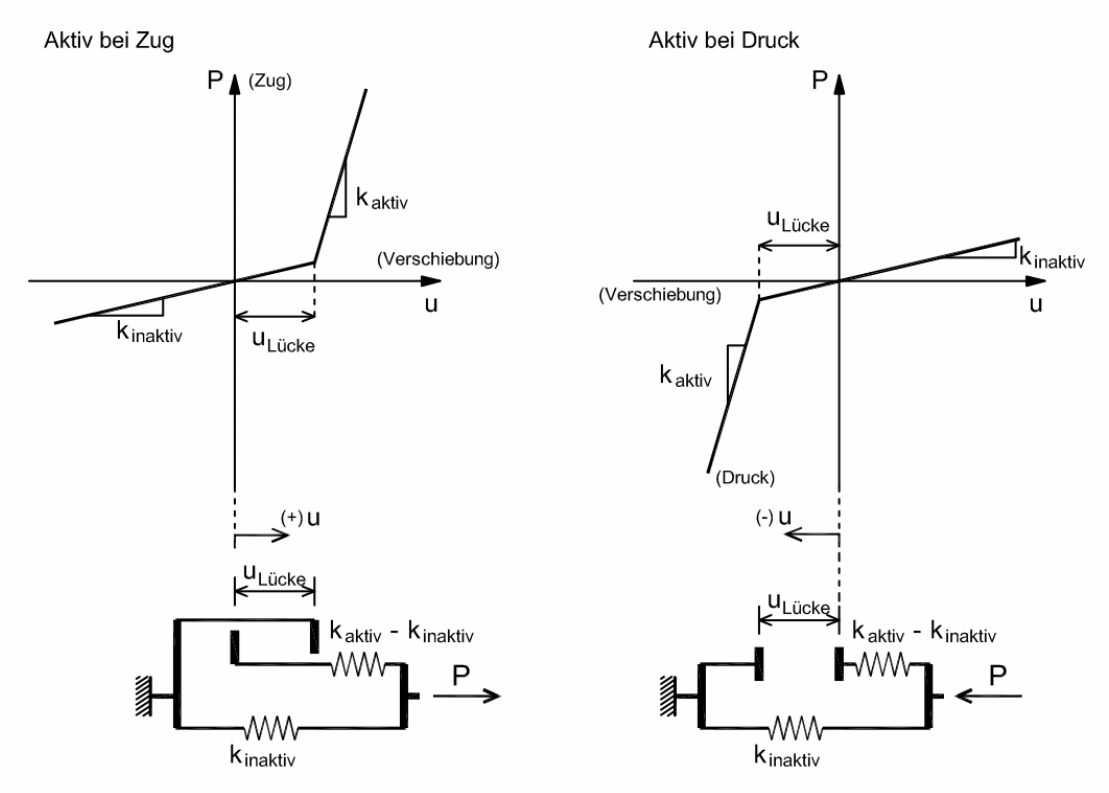
Die Achsen des seismischen Isolators sind parallel mit den globalen Koordinatenachsen.
Siehe... *3.1.17.2 Seismische Isolatoren*

4.9.18. Kontaktelement



Das Kontaktelement dient zur Simulation einer Verbindung zwischen zwei Punkten.
Es kann aktiv oder inaktiv sein.
Wenn es **aktiviert** ist, ist die Steifigkeit des Kontaktelementes um mehrere Größenordnungen grösser als dasselbe Element im inaktiven Zustand.
Die Steifigkeit ist im **inaktiven** Zustand sehr klein, aber nicht Null, deshalb kann das Kontaktelement nur eine gute Annäherung geben. Mit seiner Anwendung bleibt die Steifigkeitsmatrix streifenartig und es ist möglich in einem Modell beliebig viele Kontaktelemente zu benutzen.





Ein Lückenelement ist ein nichtlineares Element, das bei der Lösung des nichtlinearen Problems aufgrund großer Änderungen der Elementsteifigkeit Schwierigkeiten verursachen kann, wenn es den Status ändert (aktiv/inaktiv).
Wenn ein numerisches Konvergenzproblem auftritt, kann es wünschenswert sein, das Verhältnis von aktiver zu inaktiver Steifigkeit zu reduzieren, wodurch die durch das Kontaktelement hervorgerufene Nichtlinearität gemindert wird. Dies muss vom Benutzer überprüft werden, ob dies möglich ist oder nicht.

Das Kontaktelement ist mit zwei Knotenpunkten zu definieren.

Die Definition der lokalen x-Richtung ist wie diejenige für Stabelemente.

Der Grundwert der aktiven Steifigkeit ist 1E+8 kN/m. Der Grundwert der inaktiven Steifigkeit ist 1E-2 kN/m. Diese Werte sind meistens gut, aber man kann sie nach eigenem Bedarf verändern.

Beim Definieren kann eine Anfangslücke\ Eindringung definiert werden (das ist ein Abstand, der >= 0 ist), die aus der Geometrie der Verbindung zu bestimmen ist (Kästchen *anhand der Geometrie* muss aktiviert sein)). Sobald die Lücke geschlossen wird, wird das Kontaktelement aktiv, sonst ist es inaktiv.

☞ ***Bei der linearen statischen Berechnung, Schwingungsuntersuchung I/II und beim Knicken wird die Anfangssteifigkeit anhand der Anfangslücke berücksichtigt. Wenn keine Anfangslücke definiert ist (keine Lücke), wird das Kontaktelement als aktiv berechnet, sonst wird es als inaktiv. Das ist gleichwertig einer Auflagerung mit einer linear-elastischen Feder, deren Federkonstante gleich der Steifigkeit des Kontaktelementes im aktiven Zustand ist.***

4.9.19. Seismische Isolatoren



Seismische Belastung SE1 Modul

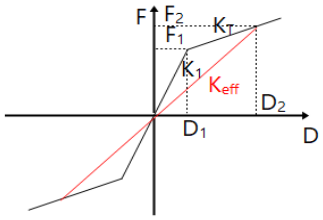
In verschiedenen Analysen werden seismische Isolaten folgendermassen betrachtet.
Das seismsiche Isolatensystem wird als single degree of freedom Modell mit den folgenden Parametern betrachtet

T_{is}	fundamentale Periode des Systems
ξ_{esi}	Dämpfungskoeffizient des Systems
K_{esi}	Effektive horizontale STeifigkeit
K_v	Effektive vertikale STeifigkeit
dc_x, dc_y	Koordinaten des Zentrums des Isolators in der X,Y-Ebene

Effektive horizontale Steifigkeit und Dämpfungskoeffizient

Um die effektive horizontale Steifigkeit eines nichtlinearen Isolators zu kennen, muss man zuerst die ultimative Verschiebungsgrenze des Isolators kennen (D_2, **siehe...** *4.9.11 Knoten-/Punktlager*, *4.9.17 Feder*). Da die Verschiebung der Isolatoren von der seimischen Belastung abhängt, kann die Lösung nur iterativ erfasst werden. Am Ende des Prozesses muss der relative Unterschied zwischen der Designverschiebung und der aktuellen maximalen Verschiebung nicht grösser als 5% sein.
Die effektive Steifigkeit und Dämpfungsgrad kann für verschiedene Isolatortypen folgendermassen bestimmt werden:

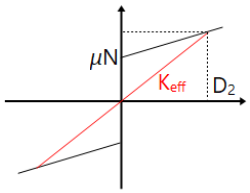
Gummi



Parameter:

$$D_1 = F_1/K_1$$
$$F_2 = F_1 + K_T(D_2 - D_1)$$
$$K_{eff} = F_2/D_2$$
$$\xi_{eff} = \frac{2}{\pi}\left(\frac{F_1}{F_2} - \frac{D_1}{D_2}\right)$$

Gleitpendellager



$$K_{eff} = N\left(\frac{1}{R} + \frac{\mu}{D_2}\right)$$
$$\xi_{eff} = \frac{2}{\pi}\left(\frac{1}{1 + \frac{D_2}{\mu R}}\right)$$

Wo N die Normalkraft ist, welche auf den Isolator wirkt

Anderer Typ

Der Benutzer definiert die effektive Steifigkeit (E_{xy}) und Dämpfungsgrad (ξ) (**siehe...** *3.1.17.2 Seismische Isolatoren*).

Vertikale und horizontale Steifigkeit des Isolatorensystems

$$K_v = \sum E_{z,i}\,, K_{esi} = \sum K_{eff,i}$$

Die fundamentale Periode des Isolatorensystems

$T_{is} = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{esi}/M_{is}}}$ wo M_{is} die Masse der isolierten Struktur ist

Dämpfungsgrad des Systems

$$\xi_{esi} = \frac{\sum \xi_{eff,i} K_{eff,i}}{K_{esi}}$$

Steifigkeitzentrum des Systems

$$dc_x = \frac{\sum x_i K_{eff,i}}{K_{esi}},\ dc_y = \frac{\sum y_i K_{eff,i}}{K_{esi}}$$

Während der Antwortspektrums Analyse werden Isolatoren auf die folgenden Weisen berücksichtigt (nur verfügbar, wenn NTC, die italienische Norm ausgewählt ist).

Horizontales Spektrum

Elastisches Spektrum, wenn

$$\xi = \begin{cases} 5\%, & T < 0.8T_{is} \\ \xi_{esi}, & T \geq 0.8T_{is} \end{cases}$$

- Für SLO, SLD Grenzwerte

$$\eta = \max\left(0.55, \sqrt{\frac{10}{5+\xi}}\right)$$

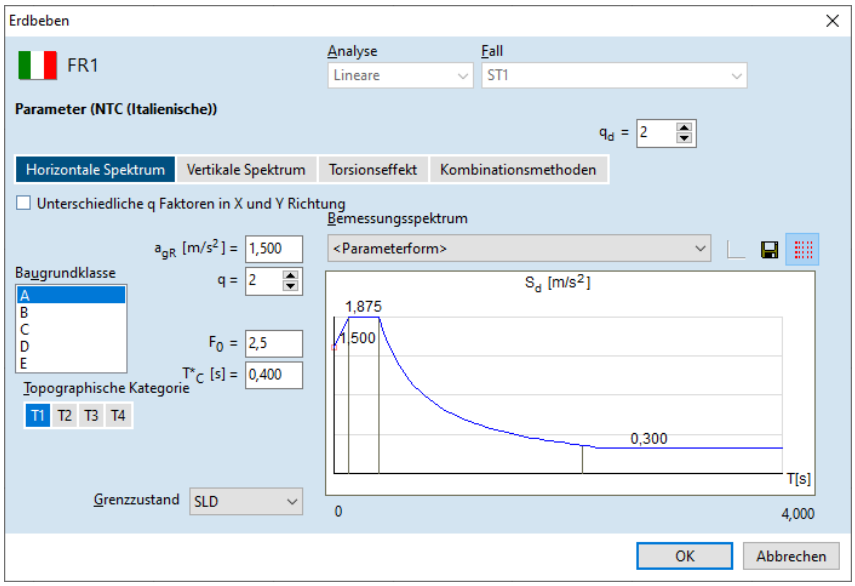
- Für SLV, SLC Grenzwerte

$\eta = \max\left(\frac{2}{3}, \sqrt{\frac{10}{5+\xi}}\right)$, mit diesemm Modifkationsfaktor kann das equivalente Verhalten nicht grösser als 1.5 sein.

Vertikales Spektrum

Elastisch Spektrum, wenn $\xi = 5\%$.

Das horizontale Spektrum, falls seismische Isolatoren vorhanden sind.



Linear statische Analyse

Das Programm wird in diesem Fall die effektive Steifigkeit des Isolators ($K_{eff,i}$), welche weiter oben eingeführt wurde, berücksichtigen.

Nichtlinear statische Analyse

Für nichtlineare statsiche Analysen (pushover) werden die Isolatoren mit einem bilinearen grundlegendem Gesetz berücksichtigt.

Vibration

Für Analysen der ersten und zweiten Ordnung werden effektive Steifigkeiten der Isolatoren ($K_{eff,i}$) berücksichtigt, welche weitere oben eingeführt wurden. Falls das Modell Isolatorelemente beinhaltet, wird zuerst eine lineare statsiche Analyse gemacht um die Masse des Isolatorensystems zu bestimmen.

Beulen

In Beulanalysen werden die Elemente mit der Anfangssteifigkeit (K_1) berücksichtigt. Im Fall von Gleitpendellager wird die horizontale Steifigketi zu 1e19 kN/m gesetzt.

Dynamisch

Ohne nichtlinearem Materialverhalten und fintiten Elemten

Die effektive ($K_{eff,i}$) Steifigkeit von Isolatoren, welche weiter oben eingeführt wurde, wird berücksichtigt. Weiter wird die dissipierte Energie, welche aus wesentlichem elastisch-plastischen Verhalten in den Isolatorelementen stammt, in Programm berückshichtigt durch:

$$c_i = \frac{W_{d,i}}{\pi\omega {D_{2,i}}^2}$$

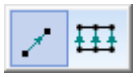
wo $\omega_{is} = \frac{2\pi}{T_{is}}$, $W_{d,i}$ die disspierende Energie in einem Umgang ist, welche $W_d = 4(F_1D_2 - F_2D_1)$ für Gummielemnte und $W_d = 4\mu N D_2$ für Schiebeelemente ist.

Mit nichtlinearem Materialverhalten und fintiten Elemten	Gummilager Isolatoren und Gleitpendellager werden mit dem grundlegendem bilinearem Gesetz berücksichtigt.

Anmerkung: Falls ein Gleitpendellager im Modell definiert wird, beginnt die Analyse mit einer linearen statischen Analyse um die Normalkraft auf das Sliderelement für den ausgewählten Lastfall zu bestimmen. Das Programm vernachlässigt die Oscillation der Druckkraft auf die Isolatorenelemente.
Das nichtlineare Verhalten der Isolatoren wird durch separate Federn in die x und y Richtung representiert. Keine Interaktion wird berücksichtigt.

4.9.20. Verbindungselement



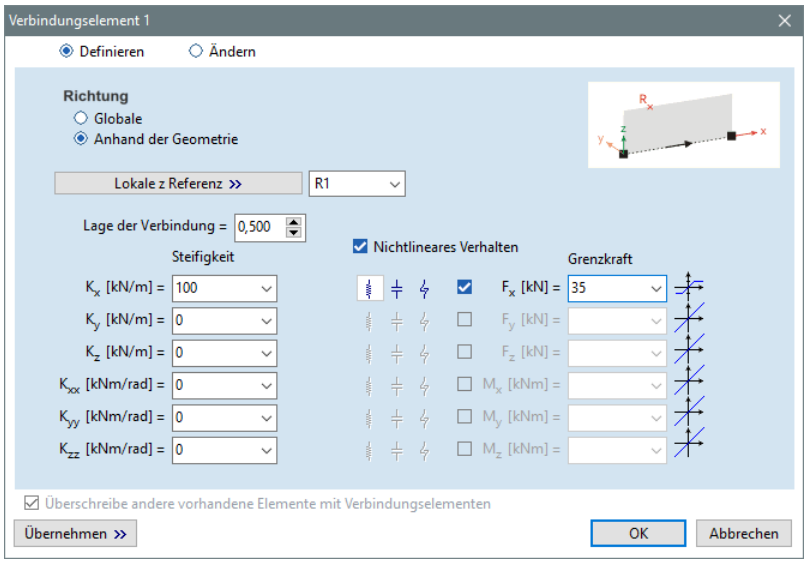


Die Interfaceelemente modellieren die Eigenschaften einer Verbindung zwischen zwei Punkte oder zwei Linien in ein ***Interface*** (eine Kraft-Verschiebungs-Verbindung) konzentriert.
Im Verbindungselement wird die Lage des Interfaces bei der Definition des Elementes festgesetzt. Die Interfaceelemente besitzen sechs Steifigkeitskomponenten, die in gegebenem Fall auch nichtlinear seien dürfen (nur auf Druck, nur auf Zug oder auf Grenzkraft).



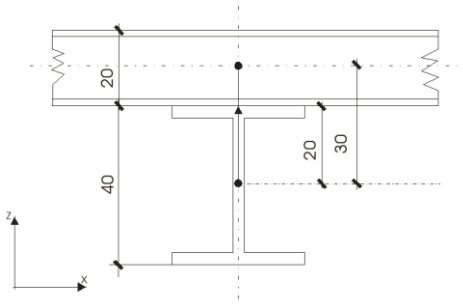
Knoten-Knoten Verbindungselement

Verbindet zwei Knoten mit einem Interface. Die Position des Interfaces ist innerhalb des Elementes beliebig wählbar. Mit den entsprechenden Einstellungen der Steifigkeitskomponenten der Verbindung kann man die Verschiebungs- und Kraftübergabe zwischen den zwei Knoten regulieren. Für jede Komponente ist möglich ein nichtlineares Verhalten zu definieren.



***Typische Anwendungen*:** Pfette-Hauptträger-Verbindung, einige Stabverbindungen bei Trägerroste, Stabverbindungen der Kreuzstrebe, beliebige Knoten-Knoten-Verbindungen.

***Beispiel*:** Pfette-Hauptträger-Verbindung
Siehe... Musterbeispiel Steel–Frame.axs im Verzeichnis Beispiele
Nehmen wir an, dass die senkrechte Achse die Z-Achse ist, und die ist mit der lokalen z-Achse parallel. Als Hauptträger wird ein IPE-400 Profil in der XZ Ebene und als Pfette ein I-200 Profil gewählt. Von der Pfette will man nur die Druck-, Zug- bzw. Schubkräfte übertragen - das Drehmoment nicht.



Beide Profile sind mit ihren Schwerpunktlinien dargestellt. Das Interfaceelement soll zwischen den Achsen, von oben gesehen im Schnittpunkt der Achsen, eingesetzt werden. In diesem Fall soll also das Interfaceelement zu einer senkrechten Linie zugeordnet werden. Die Länge dieser Linie ist identisch mit dem Abstand der Achsen, 30 cm (40/2 + 20/2). Definieren wir als Anfangspunkt des Interfaceelements den Punkt vom Hauptträger.
Das Interfaceelement soll immer am tatsächlichen Schnittpunk der Elemente gesetzt werden. Im Beispiel ist der Anfangspunkt des Interfaceelements 20 cm (40/2) weit von der Schwerpunktachse des Hauptträgers zu finden. So ist die Lage des Interfaceelements 20/30 = 0.666. Nimmt man eine verschiebungslose Verbindung an, ist als Verschiebungssteifigkeit 1E10 und als Verdrehungssteifigkeit 0 anzuwenden. Wenn die Pfette nur durch diese Interfaceelemente mit den Hauptträger verbunden sind, soll noch die Verdrehung um die eigene Achse mit KYY=0.001 (oder mit ähnlichem kleinen Wert) verhindert werden.

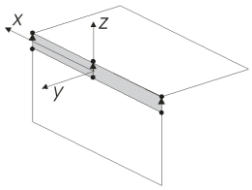
Nichtlineares Verhalten

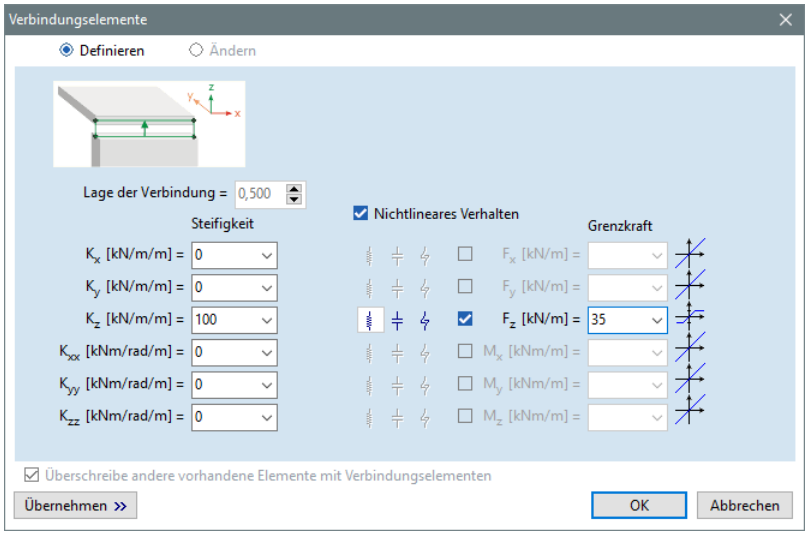
Nichtlineare Parameter können für jede Nichtnull-Steifigkeitskomponente zugewiesen werden. Um die Eigenschaften zu ändern, klicken Sie auf eine der drei Schaltflächen (bidirektional, nur Druck, nur Zug), klicken die Checkbox Grenzkraft an und geben gegebenenfalls einen Wert ein.

Linie-Linie Verbindungselement

Ein Interfaceelement kann Sechsknotenpunkt Rippenelemente oder die Kante von Flächenelemente verbinden. Die Position des Interfaceelements ist zwischen den verbundenen Elementen beliebig einstellbar. Mit den entsprechenden Einstellungen der Steifigkeitskomponenten des Interfaceelements – die entlang der Elemente definiert sind – kann man die Verschiebungs- und Kraftübergabe zwischen den zwei Rippen (oder zwei Flächenrande, bzw. ein Flächenrand und ein Rippenelement) regeln.

Die Richtung des Interfaceelements zeigt die lokale x-Achse, die z-Achse ist senkrecht darauf und liegt in der Ebene des Interfaceelements. Die lokale y-Achse ist nach dem rechtshändigen Koordinatensystem zu bestimmen.





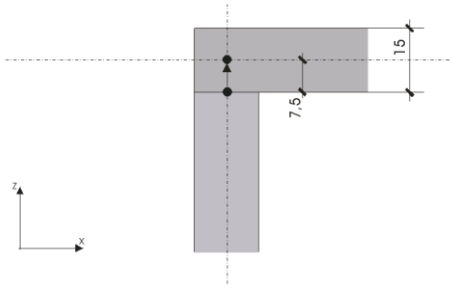
Lage

Die positiven Koordinatenrichtungen sind bei der Bestimmung der Steifigkeiten irrelevant.
Im allgemeinen sind die Steifigkeiten der Verdrehungskomponenten als Null anzunehmen.
Falls die Lage des Interfaceelementes 0 is, ist liegt das Interfaceelement an der Master-Linie (am Startpunkt des blauen Pfeiles). Falls die Lage des Interfaceelementes 1 is, ist liegt das Interfaceelement an der gegenüberliegenden-Linie (am Endpunk des blauen Pfeiles). Bei einem Wert zwischen 0 und 1 liegt das Inerfaceelement proportional zwischen den Linien.

***Typische Anwendungen*:** Decke-Wand-Verbindung, als Interface zwischen Bauteilen die aus verschiedenem Material bestehen Kompositträger, nicht Komposit- und teilweise Kompositträger, nachgiebige Rippe-Decken-Verbindungen, modellieren aufeinander liegenden Stäbe usw.

***Beispiel*:** auf die Wand stützende Decke - gelenkige Verbindung

Nehmen wir an, dass die senkrechte Achse die Z-Achse ist, die Wand mit der Y-Z, die Decke mit der X-Y Ebene parallel. Die Wand wird mit Schalenelementen modelliert.
Die Decke ist 15 cm dick.



Von der Decke will man nur die Druck-, Zug- bzw. Schubkräfte übertragen - das Drehmoment nicht.

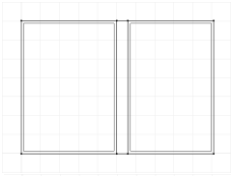
Beide Elemente sind mit ihren Mittelebenen dargestellt. Die Wand soll bis zur Unterkante der Decke aufgenommen werden. Die Interfaceelemente sollen zwischen den beiden Flächenelementen – zwischen der Oberkante der Wand und der Decke - eingesetzt werden. In diesem Fall sind die Interfaceelemente in der senkrechten Wandebene zugeordnet. Der Abstand zwischen den Rändern ist 7.5 cm (15/2). Definieren wir als Anfangspunkt der Interfaceelemente die Punkte von der Wandoberkante. So ist im Beispiel das Interface in der Ebene der Deckenunterkante (die tatsächliche Schnittebene der Elemente) vom Anfangspunkt 0 cm weit zu finden. So ist die Lage des Interface 0/7.5 = 0. Nimmt man eine verschiebungslose Verbindung an, ist als Verschiebungssteifigkeit 1E10 und als Verdrehungssteifigkeit 0 anzuwenden.

Nichtlineares Verhalten

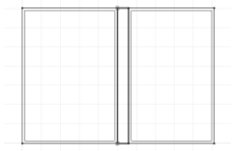
Ein Grenzwiderstand kann für jede Komponente die sich berührt und keine Nullsteifigkeit hat angegeben werden.

Bei Anwendung auf benachbarte Bereiche ist die Eingabe von Linien-Linien Verbindungselementen wie folgt:

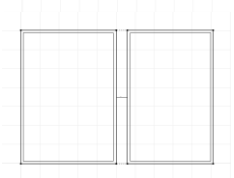
1. Definieren der Bereiche (**Siehe...** *4.9.6 Bereich*) und verbinden der gegenüberliegenden Knoten mit Linien (die Anzahl der Knoten der Kanten sollte gleich sein).



2. Markieren des Vierecks zwischen den Bereichen. Klicke **OK** im Auswahlwerkzeug.
3. Markieren der Masterlinie des Verbindungselementes. Klicke **OK** im Auswahlwerkzeug.



4. Definieren der Verbindungssteifigkeit und setzen des Verbindung. Voreingestellt wird die Verbindung in der Mitte angeordnet. Die Verbindungselemente sind erstellt.



5. Jetzt können die Bereiche vernetzt werden. (**Siehe...** *4.11.1.2 Netzgenerierung* **)**



6. Die Aufteilung der Verbindungselemente erfolgt entsprechend dem Netz.

4.9.21. Freiheitsgrade



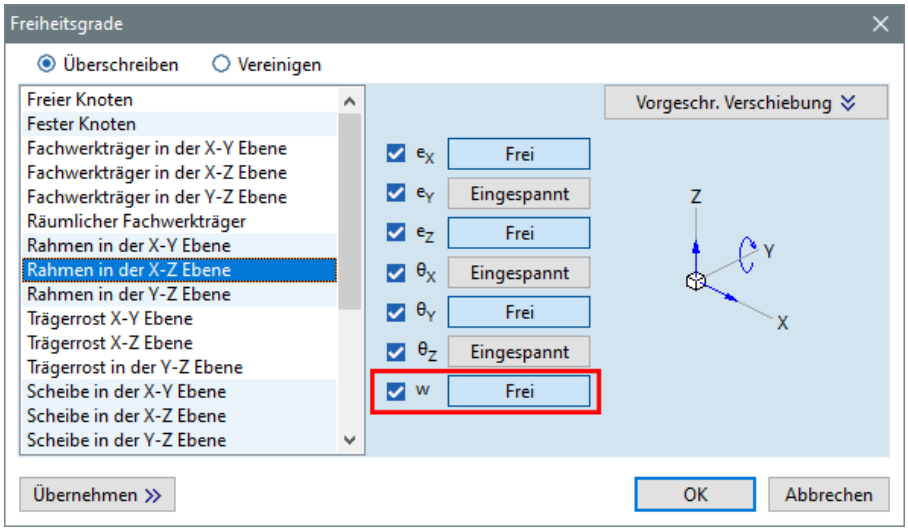
Die Knoten selbst sind keine finiten Elemente, aber ihre Freiheitsgrade stehen in einem direkten Zusammenhang mit der Finite-Elemente-Berechnung. Im Dialogfeld können Sie die sechs (oder sieben) Knotenfreiheitsgrade beschränken, diese lauten:
Verschiebungen *(e_X, e_Y, e_Z)*, Verdrehung (θ_X, θ_Y und θ_Z) und Verwölbung *(w)* (wenn das Modell einen oder mehrere 7-DOF-Stäbe enthält, **siehe...** *4.9.9.3. 7DOF - Stabelemente mit sieben Freiheitsgraden*. In der Voreinstellung haben keine Knoten eingeschränkte Freiheitsgrade.
Bei der Berechnung werden Gleichgewichtsgleichungen nur in Richtung der freien Verschiebungen (Verschiebungen/Verdrehungen) aufgestellt.
Jede Kombination der sechs Knotenfreiheitsgrade (e_X, e_Y, e_Z, θ_X, θ_Y und θ_Z) kann ausgewählt werden.

Die in der Bauingenieurpraxis häufig vorkommenden Probleme benötigen typische Kombinationen von Freiheitsgraden. Zu den folgenden Aufgaben kann man die Freiheitsgrade von einer Tabelle auswählen:

Modelltypen:
Ebenes Fachwerk / Räumliches Fachwerk / Ebener Rahmen / Trägerrost / Scheibe / Platte

Festlegen des Knonten-Freiheitsgrades

Definieren der Freiheitsgrade der markierten Knotenpunkte.
Angabe:



Überschreiben
Die ursprüngliche Codenummer wird mit dem neuen Wert überschrieben.
Vereinigen
Die ursprüngliche Codenummer wird mit dem neuen Wert kombiniert. Das Programm führt eine logische oder-Funktion durch, und das Ergebnis wird dem Knoten zugeordnet.
Definiert eine Einschränkung der Freiheitsgrade, wenn entweder der alte oder der neue Wert eine Einschränkung haben.
Dieses Verfahren kann beim Definieren der Symmetriebedingungen hilfreich sein.

Beispiel

	ex	eY	ez	θx	θY	θz	*w*
Ursprünglicher Code:	frei	fix	frei	fix	frei	fix	frei
Neuer Code:	frei	frei	frei	fix	fix	fix	frei
Ergebniscode:	frei	fix	frei	fix	fix	fix	frei

Die sieben Knotenfreiheitsgrade ($e_X, e_Y, e_Z, \theta_X, \theta_Y, \theta_Z, w$) werden durch einen sechsstelligen Code festgelegt, der aus *f* (freien) und *fest* (eingeschränkten) Symbolen besteht.
Jede Ziffer entspricht einer Freiheitsgradkomponente. Standardmässig werden die Knoten als frei betrachtet (alle Ziffern sind *f-freie* Symbole).
Mit dem Setzen von *fest* (eingeschränkt) wird die entsprechende Freiheitsgradkomponente eingeschränkt. Der Standard-Code der Knotenfreiheitsgrade lautet [f f f f f f].

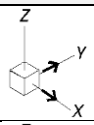
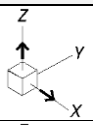
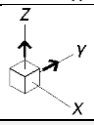
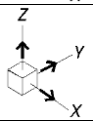
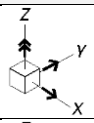
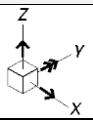
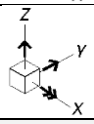
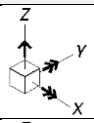
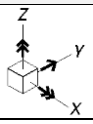
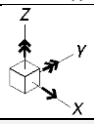
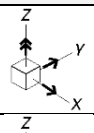
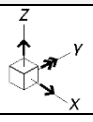
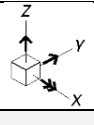
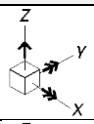
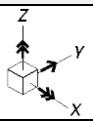
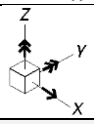
☞ ***Im Normalfall sind alle Knotenpunkte frei. Es kann beliebig verändert werden. In die Richtung der fixierten Verschiebungskomponenten werden die Last- und Gewichtskomponenten bei der Berechnung nicht berücksichtigt.***
Lasten in Richtung der fixierten Verschiebungskomponenten erscheinen in der Tabelle der unausgeglichenen Lasten.

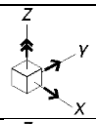
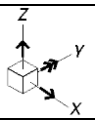
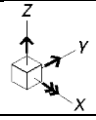
☞ Die Knoten, deren Freiheitsgrade von dem Standardwert [f f f f f f] abweichen, werden auf dem Bildschirm in der Frabe Cyan dargestellt.

Die Tabelle der Einstellung der Freiheitsgrade**:**

Zeichenerklärung: ↑ freie Verschiebung, ↟ freie Verdrehung in Achsenrichtung.

1	2	3	4	5	6
e_X	e_Y	e_Z	θ_X	θ_Y	θ_Z

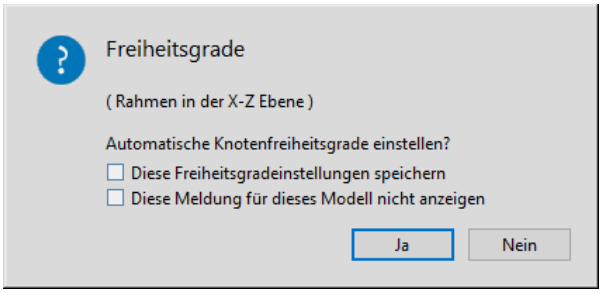
Freiheitsgrad	*Knotenpunkt*	*Freiheitsgrad*	*Knotenpunkt*
Fachwerkmodelle			
Fachwerkträger in der **X-Y** Ebene		Fachwerkträger in der **X-Z** Ebene	
Fachwerk in der **Y-Z** Ebene		Räumliches Fachwerkträger	
Rahmenmodelle			
Rahmen in der **X-Y** Ebene		Rahmen in der **X-Z** Ebene	
Rahmen in der **Y-Z** Ebene			
Trägerrostmodelle			
Trägerrost in der **X-Y** Ebene		Trägerrost in der **X-Z** Ebene	
Trägerrost in der **Y-Z** Ebene			
Scheibenmodelle			
Scheibe in der **X-Y** Ebene		Scheibe in der **X-Z** Ebene	
Scheibe in der **Y-Z** Ebene			
Plattenmodelle			
Platte in der **X-Y** Ebene		Platte in der **X-Z** Ebene	
Platte in der **Y-Z** Ebene			
Symmetrie			

X-Y Symmetrie-ebene		**X-Z** Symmetrie-ebene	
Y-Z Symmetrie-ebene			

Übernehmen>> Freiheitsgrade bestehender Knoten können übernommen und den selektierten Knoten zugewiesen werden.

Kontrolle der Knotenfreiheitsgrade vor der Brechnung

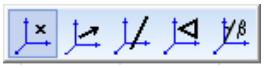
AxisVM prüft vor der Berechnung, ob die Knotenfreiheitsgrade mit der Geometrie und den Lasten der Struktur übereinstimmen, und gibt bei Bedarf eine Nachricht aus mit der Option, die Freiheitsgrade zu ändern
Die Einstellung kann temporär sein oder im Modell gespeichert werden über *Diese Freiheitsgradeinstellungen speichern*



Wenn Sie die zweite Option *Diese Meldung für dieses Modell nicht anzeigen* aktivieren, wird diese Nachricht in diesem Modell nicht mehr angezeigt, auch dann, wenn die Änderungen der Knotenfreiheitsgrade nicht gespeichert wurden.
Die Anzeige dieser Meldung kann unter Einstellungen/Grundeinstellungen/Berechnung wieder aktiviert werden (Häkchen bei *Meldung über Knotenfreiheitsgrade vor der Berechnung anzeigen* setzen), **siehe...** *3.3.11.13 Berechnung*

4.9.22. Referenzen





Definieren von Referenzen die, die räumliche Orientierung / Zuordnung des lokalen Koordinatensystems der finiten Elemente erleichtert.
Als Referenzen sind Punkte, Vektoren, Achsen und Ebenen anzuwenden.
Die räumliche Position, Orientierung, sowie das Bezugssystem einiger Parameter (Querschnittsparameter, Beanspruchungen, Richtung der Bewehrung) des finiten Elementes ist durch das lokale Koordinatensystem des Elementes definiert.
Bei Flächenelementen sind die Momente m_x, m_y, m_{xy} und die Scheibenkräfte v_{xz}, v_{yz} sowie n_x, n_y, n_{xy} und bei Stabelementen die Schnittkräfte N_x, V_y, V_z und T_x, M_y, M_z in dem lokalen Koordinatensystem zu verstehen.
Das lokale Koordinatensystem eines finiten Elementes kann man mit Hilfe von Referenzen angeben.

Schnelles Modifizieren**:** Klickt man auf ein beliebiges grafisches Referenzsymbol, öffnet sich das Referenzentabelle-Dialogfenster. Klickt man auf ein Referenzsymbol während mehreren Referenzen markiert sind, zeigt die sich öffnende Referenzentabelle alle Daten die zu den markierten Referenzen gehören. Definieren einen Referenzvektor oder eine Referenzachse erfolgt durch zwei Punkte, eine Referenzebene ist mit drei Punkten festzulegen. Die Normal- und Richtungsvektoren werden nach dem Abschliessen der Tabelle normiert.
Nach schliessen der Tabelle der Referenzvektoren und Achsen werden diese auf 1 normiert.

Die Richtungen des lokalen Koordinatensystems werden auf dem Bildschirm mit den folgenden Farben dargestellt:
x = rot, ***y*** = gelb, ***z*** = grün

Die Angabe und Anwendung einzelnen Referenzen wird im untenstehenden erläutert:

Automatische Referenzen

Automatische Referenzen zu Stäben und Fachwerkstäben**:**
Beim Auswählen *Automatischen Referenzen* wird vom Programm zu Stäbe und Fachwerkstäbe ein Vektor definiert wie folgt:

Wenn die Achse des Stabes oder Fachwerkstabes mit der globalen z-Achse parallel ist, dann zeigt der Referenzvektor in die globale x-Richtung.
In allen anderen Fällen wird der Referenzvektor in die globale z-Achse zeigen.
Für Kreisbögen: Wenn die Bogenfläche parallel zur globalen X-Y-Ebene ist, ist die automatische Referenz senkrecht ihr und zeigt auf die +Z-Richtung. Wenn der Bogen in einer anderen Fläche ist, ist sein Referenzvektor in der Bogenebene und zeigt nach aussen vom Bogenmittelpunkt.

Automatischer Referenzvektor zu Rippenelemente**:**
Bei Rippenelemente die mit keinen Flächenelementen verbunden sind, wird die Zuordnung des Referenzvektors wie bei den Stabelementen erfolgen.
Ist die Rippe mit einem Flächenelement verbunden, wird die automatische Zuordnung wie folgt fortgeführt:
Der Referenzvektor wird mit der Winkelhalbierenden der lokalen z-Achsen der - zu der Rippe – verbundenen Flächenelemente parallel angenommen.

Automatischer Referenzvektor zu Flächenelemente und Bereiche**:**
Zu Flächenelemente wird vom Programm ein Vektor nach den folgenden Regeln zugeordnet:

Definieren der lokalen x-Achse

Ist die Ebene des Flächenelements parallel zur X-Y Ebene, wird der Referenzvektor für die lokale x-Achse als Vektor paralles zur globalen X Achse erzeugt.
In allen anderen Fällen wird der Vektor parallel zur Schnittline der Flächen und der X-Y Ebene.

Definieren der lokalen z-Achse

Ist die Ebene des Flächenelements parallel zur Z-Achse, wird der Referenzvektor auf den Koordinatenursprung des XYZ Systems zeigen. In allen anderen Fällen wird es parallel zur Z-Achse sein.

Der Menüpunkt *Bearbeiten / Konvertieren automatische Referenzen* konvertiert automatische Referenzen in Referenzvektoren.

Die Angabe der einzelnen Referenzen werden im Späteren erläutert:

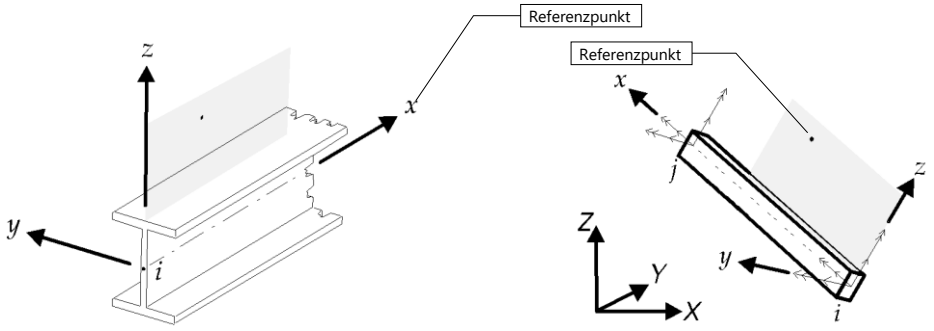
Referenzpunkt



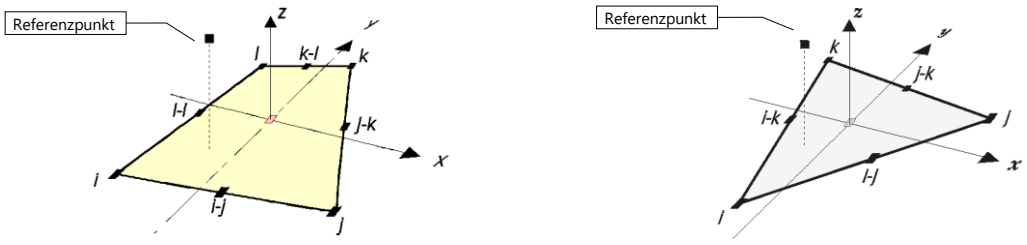
Der Referenzpunkt dient zur Bestimmung der räumlichen Orientierung der Auflagerelemente und der Stabelemente (ihr lokales Koordinatensystem), und zur Auswahl des positiven Richtungssinnes der *x,z*-Achse der Flächenelemente.
Zu jedem Stabelement muss ein Referenzpunkt im globalen Koordinatensystem zugeordnet werden. Dieser Punkt bestimmt die räumliche Lage des Elementes (*x, y, z* lokale Koordinatenachse) und die positive Richtung der*x-z* Ebene und der *z* Achse.

Referenzpunkte werden als kleine rote Symbole dargestellt.

Definieren des lokalen Koordinatensystems eines Stabelementes mit einem Referenzpunkt



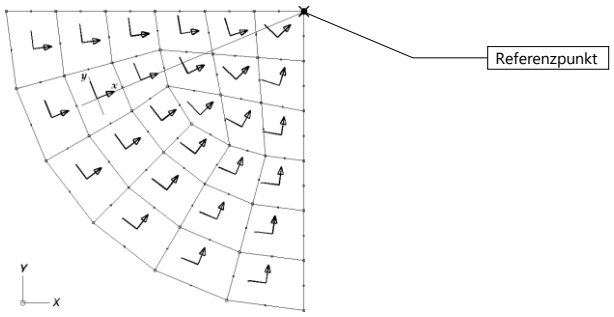
Bei Flächenelementen bestimmt der Referenzpunkt die positive Richtung der lokalen ***z***–Achse.



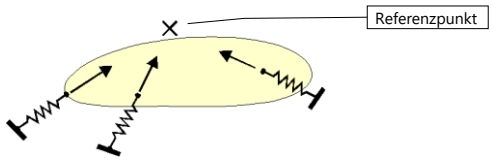
Die positive Richtung der lokalen ***z***-Achse zeigt in den Halbraum, in dem sich der Referenzpunkt befindet. Die ***z*** Achse ist senkrecht zum Flächenelement (der Referenzpunkt muss nicht unbedingt auf der ***z-***Achse liegen).

Die Referenzpunkte erscheinen auf dem Bildschirm als rote +Zeichen.

Die lokale ***x*** Achse des Flächenelementes zeigt in den Referenzpunkt (der Referenz-punkt muss in der Ebene der Flächenelemente liegen).



Im Falle von Auflagerelementen, die in der Richtung der Referenz wirken, dienen die Referenzpunkte folgenderweise zur Bestimmung der Richtung der Auflagerung:



Wenn mehrere Auflagerelemente zu einem Referenzpunkt zugeordnet werden, zeigen alle zum Referenz-punkt.

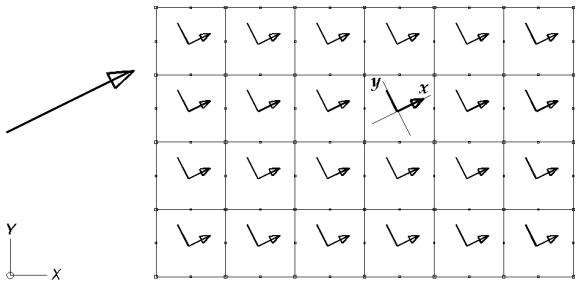
Referenzvektor



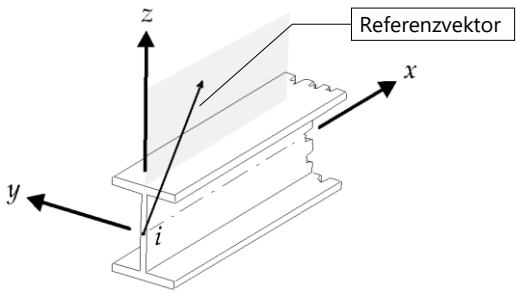
Bei Flächenelementen kann man das lokale Koordinatensystem der finiten Elemente mit der Festlegung der Richtung der ***x***- Achse, und des Referenzpunktes - der in die positive ***z*** Richtung zeigt – eindeutig definieren. Mit der Angabe von Referenzpunkt, -Vektor, -Achse, oder –Ebene kann man die positive Rich-tung der ***x-***Achse folgenderweise definieren:

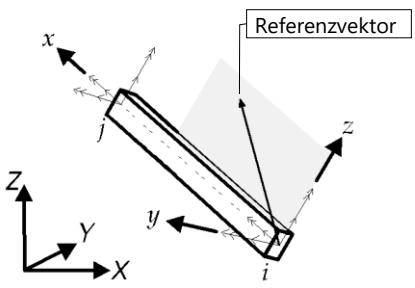
Referenzvektoren werden als rote Pfeile dargestellt.

Die lokale x Achse des Flächenelementes wird parallel zum Referenzvektor (der Referenzvektor muss pa-rallel zu der Flächenebene sein).



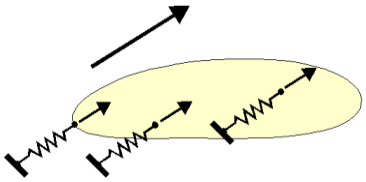
Definieren des lokalen Systems eines Stabelementes mit Hilfe eines Referenzvektors





Die Referenzen die zum Element zugeordnet sind, legen die positive Richtung der lokalen x- und z-Achse fest. Daraus folgt die positive Richtung der y-Achse, weil ein rechtshändiges Koordinatensystem benutzt wird. Eine Referenz kann auch mehreren Flächenelementen zugeordnet werden.

Im Falle von Auflagerelementen, die in der Richtung der Referenz wirken, dienen die Referenzpunkte folgenderweise zur Bestimmung der Richtung der Auflagerung:

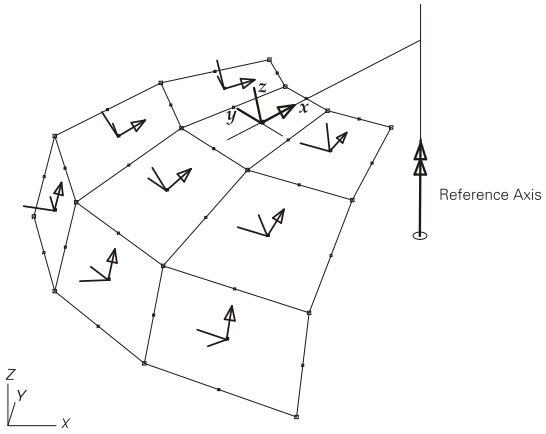


Wenn mehrere Auflagerelemente zu einem Referenzvektor zugeordnet werden, verlaufen alle parallel zum Referenzvektor.

Referenzachse



Die lokale x-Achse des Flächenelementes zeigt zur Referenzachse.
(Die Referenzachse darf nicht durch den Mittelpunkt des Flächenelementes durchgehen).

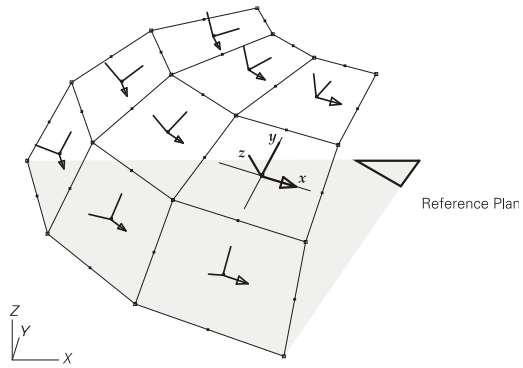


Referenzachsen werden als rote Doppelpfeile dargestellt.

Referenzebene



Die lokale x-Achse des Flächenelementes ist parallel zur Schnittlinie der Fläche und der Referenzebene (die Referenzebene darf nicht parallel zur Flächenebene sein).



Referenzwinkel



Die Rotation der Fachwerk- / Balken- / Rippenquerschnitte wird durch den Referenzwinkel vereinfacht. Das automatische lokale Koordinatensystem (und der Querschnitt) kann mit einem angepassten Winkel um die Elementenachse rotiert werden. Wenn das Element parallel mit der global Z-Richtung steht, ist der Winkel relativ zur globalen X-Achse. In jedem anderen Fall ist der Winkel relativ zur globalen Z-Achse.

Die Referenzen werden mit roter Farbe gekennzeichnet.

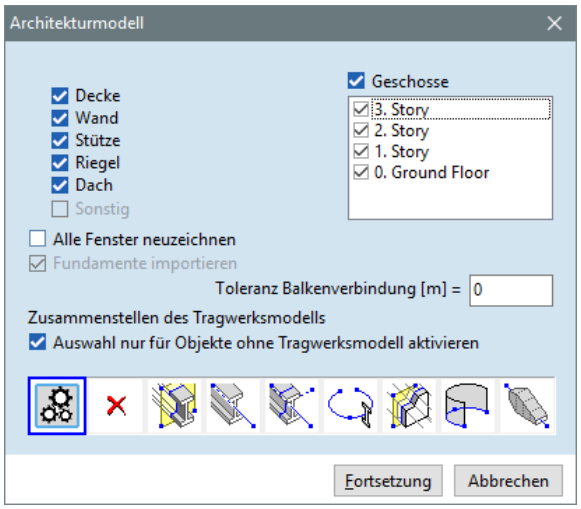
Die Referenzen die zum Element zugeordnet sind, legen die positive Richtung der lokalen *x*- und *z*-Achse fest. Daraus folgt die positive Richtung der *y*-Achse, weil ein rechtshändiges Koordinatensystem zugrunde liegt.

Nicht verwendete Referenzen können in den Tabellen gelöscht werden. Dazu im Kapitel „Referenzen" oben auf „Bearbeiten" gehen und „Nicht verwendete Referenzen löschen" auswählen.

4.9.23. Generieren eines statischen Systems aus einem Architekturmodell



Das Symbol startet die Generierungsfunktion für ein vorgängig importiertes Architekturmodell aus dem CAD-System ArchiCAD (*.ACH) oder einer IFC-Datei (*.IFC) durch *Datei / Import*.



Hier können die Layeroperationen gestartet werden, wenn vorher mit der Funktion *Datei/ Importieren ein Architekturmodell* als Hintergrundfolien geladen wurde.

Siehe... *3.1.7 Import*

Es wird das Zusatzmodul IFC benötigt.

Darstellung

Die Geschosse und Elemententypen des originalen Architektur Modells können zur Darstellung ausgewählt werden.

☞ ***Benutzen Sie den Architekturfilter zur Auswahl der zu bearbeitenden Objekte.***

Nützliche Informationen**:**
Die Auswahlbox erscheint im Bildschirm bei der Generierung eines statischen Systems oder beim Löschen der Objekte. Durch Anklicken des Filter-Ikons in der Auswahlbox kann eingestellt werden, welche Querschnittsabmessungsbereiche der Stützen bzw. welche Dickenbereiche der Decken, Wand und Dachelemente ausgewählt werden sollen.

Falls das Kästchen *Nur Objekte ohne statische Modelleigenschaften* aktiv ist, werden nur solche Elemente ohne AxisVM-Modelleigenschaften selektiert.

Alle Fenster neu zeichnen

Das Architekturmodell wird in allen Fenstern sichtbar.

Fundamente importieren

Aktiviert werden auch die Fundamente aus dem IFC File importiert.

Objekte löschen

Die markierten/ausgewählten Elemente des Hintergrundlayers können mit dieser Funktion entfernt werden.

☞ ***Durch das Löschen von Architekturobjekten , welchen statische Modelleigenschaften zugewiesen wurde, werden die zugehörigen statischen Modellobjekte nicht gelöscht.***

Generieren eines statischen Systems

AxisVM erstellt aus den markierten Elementen des Hintergrundlayers ein statisches System. Die Stützen und Riegel werden mit ihrer Mittellinien, dagegen Decken, Wände, und Dachelemente werden mit ihrer Mittelfläche berücksichtigt.

Wenn eine IFC-Datei importiert wird ist es nicht immer möglich, dass von allen Objekten das entsprechende statische Modell erkannt wird. Solche Objekte werden am Bildschirm gestrichelt dargestellt. Der Anwender hat dann mehrere Möglichkeiten, das statische Modell mit den folgenden Operationen zu vervollständigen:



Automatisches Erkennen des statischen Modells: Mehrere Objekte können für diese Operation ausgewählt werden.



Löschen der ausgewählten IFC-Objekte: Es ist wichtig zu wissen, dass wenn Objekte gelöscht werden, deren statische Modelle vorgängig erzeugt wurden, diese statischen Modellen nicht gelöscht werden. Mehrere Objekte können für diese Operation ausgewählt werden.



Schneiden von stabähnlichen Objekten mit einer Schnittebene: die ausgwählten Objekte werden durch eine Schnittebene geschnitten, welche vom Anwender durch 3 gegebene Punkte definiert wurde. So können die Querschnitte bestimmt und deren Normalen und Schwerpunkte berechnet werden. So können die selektierten Objekte in Stabmodelle überführt werden. Mehrere Objekte können für diese Operation ausgewählt werden.



Handling von stabähnlichen Objekten durch ihre Mittellinien: Der Anwender muss eine Linie durch 2 Punkte festlegen. Diese Linie dient dann als Basis für die resultierendenden Segmente, welche am Schluss in die Schwerpunkte der Querschnitte verschoben werden. Mehrere Objekte können für diese Operation ausgewählt werden.



Handling von stabähnlichen Objekten durch ihre Mittellinien und Position des Querschnittes: Praktisch wie die obige Operation mit dem Unterschied , dass der Anwender die Position des Querschnittes festlegen muss. Nur ein Objekte kann für diese Operation ausgewählt werden.



Handling von gebogenen stabähnlichen Objekten: Der Anwender muss einen Bogen durch 3 Punkte festlegen. Der Algorithmus ermittelt dann die erforderlichen geometrischen Daten, um das bogenförmige Stabelement in das Modell aufnehmen zu können. Mehrere Objekte können für diese Operation ausgewählt werden.



Schneiden von Platten mit Schnittebene: Die ausgewählten Bereiche werden durch eine durch 3 Punkte festgelegte Ebene geschnitten und die resultierenden Polygone werden zu Begrenzungen der statischen Objekte. Mehrere Objekte können für diese Operation ausgewählt werden.

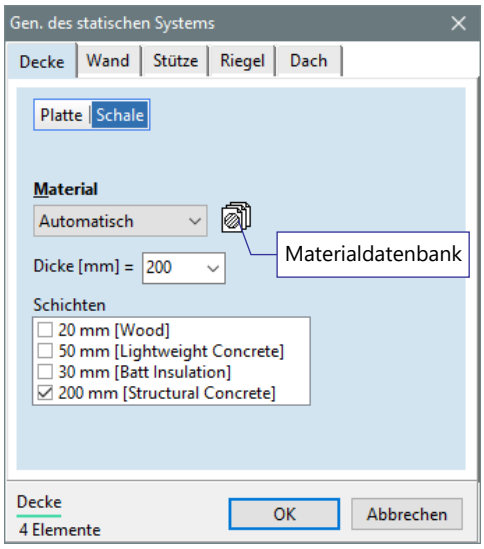


Schneiden eines zylindrischen Körpers mit einem Zylinder: Der Anwender muss einen Zylinder definieren welcher dann zum Schneiden verwendet wird. Dieser wird in zwei Schritten definiert. Zuerst wird ein Bogen über 3 Punkte festgelegt. Anschliessend wird der kreisförmige Bogen kopiert durch Bewegen der Maus. Dieser wird zur Basis des Zylinders. Seine Höhe wird automatisch aus den geometrischen Parametern des ausgewählten Körpers ermittelt. Nur ein Objekte kann für diese Operation ausgewählt werden

Bei all diesen Operationen erhält der Anwender ein visuelles Echtzeitfeedback über das statische Element, sodass ein korrektes statisches Element des Objektes editiert werden kann. Mit einem Filter können IFC-Objekte gefilter werden für welche schon ein statisches Element erzeugt wurde.

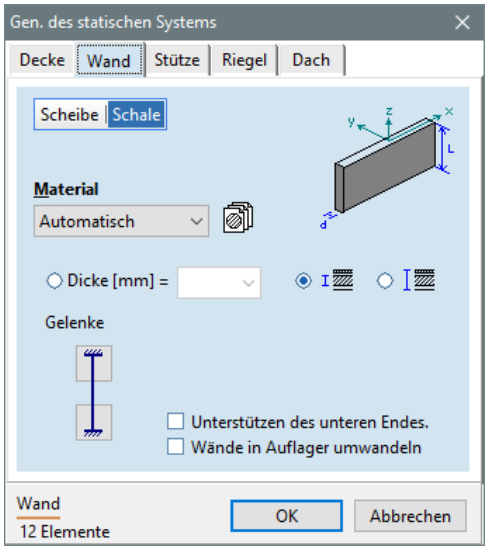
Gelenkige Wandverbindungen können mittels Randgelenken beim Generieren des statischen Systems modelliert werden.
Details werden automatsch generiert für Geschosse und Objekttypen und die für das statische Modell definierten AxisVM-Elemente werden automatisch den entsprechenden Details zugeordnet.
Gelenkige Wandanschlüsse können beim Erzeugen des statischen Modells aus dem Architekturmodell generiert werden. Fall das Feld Material auf Automatisch eingestellt ist und die IFC Datei Materialangaben und deren Zuordnungen an Objekte enthält, werden dies im importierten Modell berücksichtigt. Zu den markierten/ausgewählten Architekturobjekten können nach den folgenden Eigenschaften zugeordnet werden:

Decke



Die Decken können entweder als Platte oder als Schale erzeugt werden. Dann sollen die Dicke und das Material der Decke festgelegt werden.
Bei geschichteten Decken werden die Schichten und die Schicht-dicken der Decke in der Liste der *Objektschichten* aufgelistet.
In so einem Fall kann die Dicke auch mit dem Markieren der zu berücksichtigenden Schichten erfolgen. Als Standardwert bietet das Programm die Dicke der stärksten Schicht an.

Wand

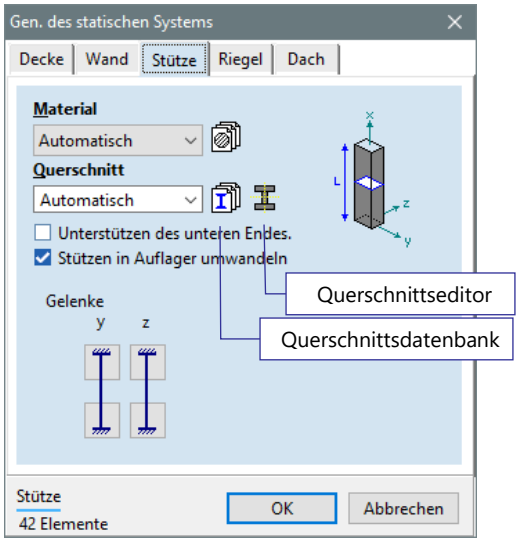


Die Wände können entweder als Scheibe oder als Schale erzeugt werden. Dann sollen die Dicke und das Material der Wand festgesetzt werden.
Bei geschichteten Wänden werden die Schichten und die Schichtdicken einer Wand in der Liste der *Objektschichten* aufgelistet. In dem Fall kann die Wand auch mit dem Markieren der zu berücksichtigenden Schichten erfolgen. Als Standardwert bietet das Programm die Dicke der stärksten Schicht an.

Durch Auswählen der Einstellung *Unterstützen des unteren Endes* wird an der unteren Wandseite ein Auflager erstellt.
Schaltet man den Knopf *Wände konvertiert in Auflager* an, werden die ausgewählten Wandobjekte als Linienlager umgestaltet. In diesem Fall werden diese Linienlager in der Oberkante der Wand eingesetzt.

Bei der Berechnung der Auflagersteifigkeiten werden die, an der oberen und unteren Wandseite eingestellten, Verbindungen – eingespannt / gelenkig - auch berücksichtigt.

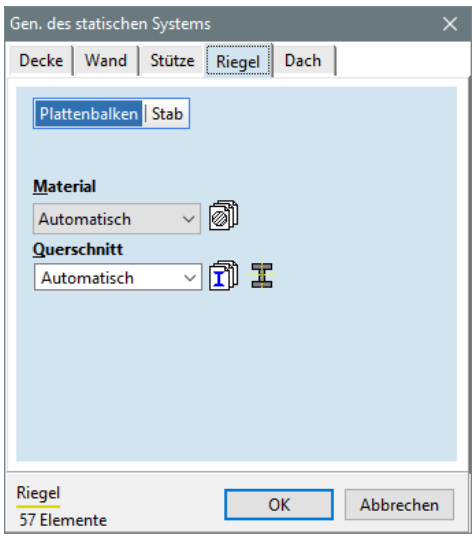
Stütze



Die Stützen werden immer zu Stäben konvertiert / umgewandelt. Danach sollen das Profil und das Material der Stütze angegeben werden. Wählt man beim Profil *Automatisch* aus, werden die Querschnitte entsprechend den geometrischen Merkmalen der Architekturobjekte automatisch ausgesucht.
Durch Auswählen der Einstellung *Unterstützen des unteren Endes* wird am unteren Ende der Stütze ein Auflager erstellt.

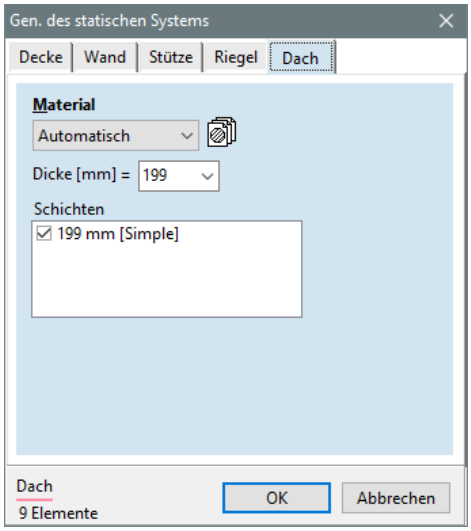
Wählt man *Stützen konvertiert in Auflager* aus, werden die ausgewählten Stützen als Knotenlager umgestaltet/konvertiert. In diesem Fall wird das Auflager am oberen Ende der Stütze eingesetzt. Bei der Berechnung der Auflagersteifigkeiten werden die, am oberen und unteren Ende der Stütze in der lokalen y und z Achse eingestellten, Verbindungen - eingespannt/gelenkig - auch berücksichtigt.

Riegel



Die Riegel können entweder als Rippe oder als Stab erzeugt werden. Danach sollen das Profil und das Material des Riegels bestimmt werden.
Wählt man beim Profil *Automatisch* aus, werden die Querschnitte der Riegel entsprechend den geometrischen Merkmalen der Architekturobjekte automatisch ausgesucht.

Dach



Ein Dach wird immer als Schale erzeugt. Danach sollen das Material und die Dicke des Daches bestimmt werden.
Bei geschichteten Dächern werden die Schichten und die Schichtdicken des Daches in der Liste der *Objektschichten* aufgelistet. In so einem Fall kann die Dicke auch mit dem Markieren den berücksichtigenden Sichten erfolgen.
Als Standardwert bietet das Programm die Dicke der stärksten Schicht an.

4.9.24. Ändern

Erlaubt das Anpassen von Eigenschaften von modellierten Elementen.

1. Drücken Sie die **[Shift]** Taste, und markieren Sie die zu modifizierenden Elemente. Zur Markierung können Sie auch den Markierungsrahmen oder die Markierungspalette benutzen.
2. Klicken Sie auf das Symbol des Elements.
3. In der Zeile der zu modifizierenden Angabe schalten Sie den Knopf ein.
4. Modifizieren Sie die Daten.
5. Schliessen Sie das Dialogfenster mit **OK**.

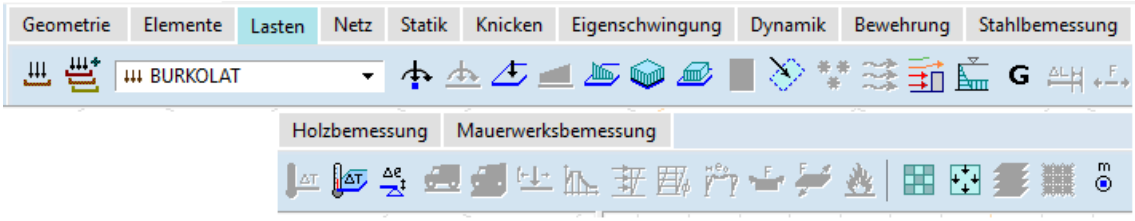
☞ ***Das Modifizieren ist ähnlich zur Dateneingabe, jedoch kann hier auf einmal nur eine Eigenschaft der Elemente modifiziert/eingegeben werden. Die nicht veränderten Eigenschaften der ausgewählten Elemente werden beibehalten. Wenn man bei der Markierung nicht nur die richtigen Elementtypen markiert werden, werden nur die zugehörigen Elemente berücksichtigt.***

Schnell-Editor**:** Wenn Sie das zu modifizierende Element anklicken, erscheint sofort die nötige Dialogbox. Wenn mehrere markierte Elemente vorhanden sind, und eines davon angeklickt wird, können die Eigenschaften aller entsprechenden markierten Elemente in einen Schritt geändert werden. Wenn ein nicht markiertes Element angeklickt wird, wird die Markierung aufgelöst, und nur das angeklickte Element bearbeitet. Wenn ein Knotenpunkt angeklickt wird, können die Knotenfreiheitsgrade schnell geändert werden. Eigenschaften können auch über den Eigenschaftseditor modifiziert werden.
Siehe... *3.6.1 Eigenschaftseditor*

4.9.25. Löschen

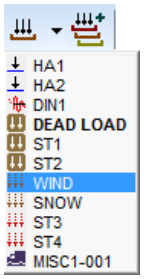
[Del] **Siehe...** *3.2.9 Löschen*

4.10. Lasten



Erlaubt die Eingabe von Lasten für die statische, dynamische und Knickanalyse sowie die Eingabe von konzentrierten Massen für die Schwingungsanalyse.

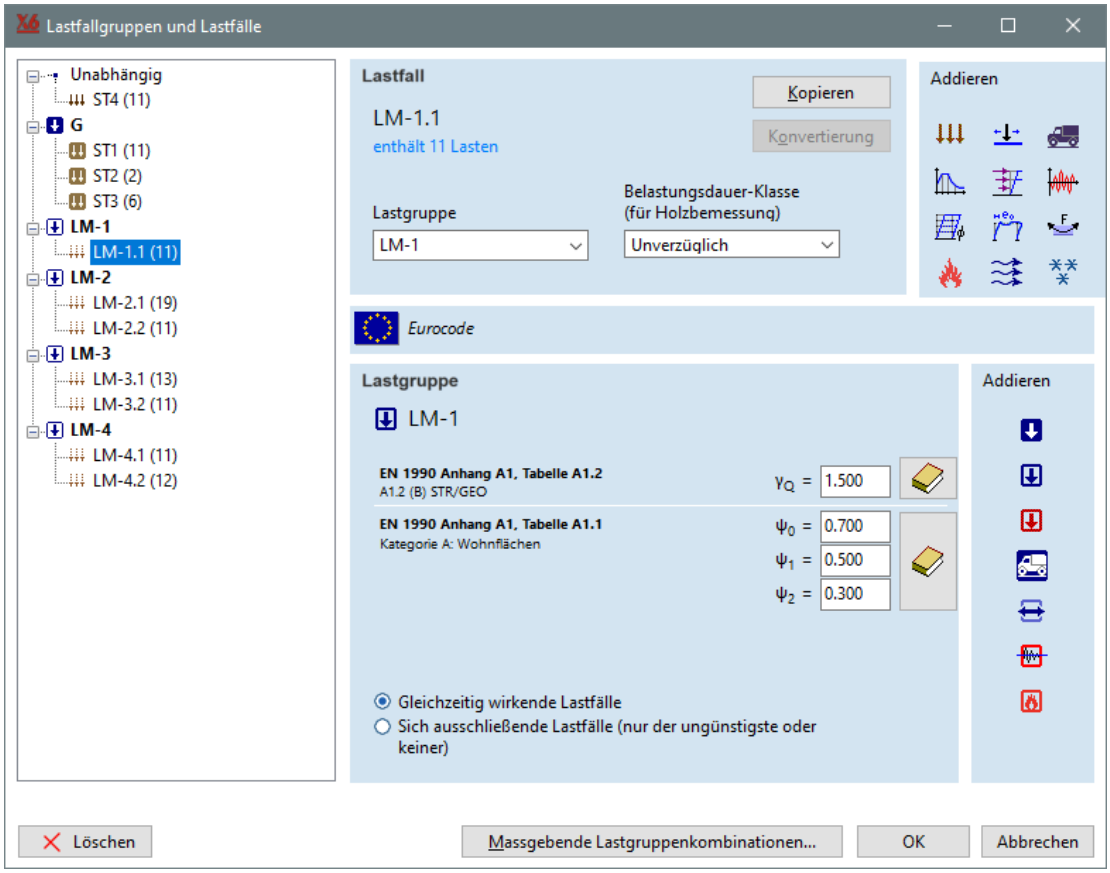
☞ ***Für die Berechnungsmodule Statik, Schwingung/II, Knicken muss mindestens einen Lastfall definiert werden.***



Aus den definierten Lastfällen kann man den aktuellen Lastfall auch mit Hilfe der Pull-down-Menü, neben dem Ikon *Lastfälle, Lastgruppen,* auswählen (die gewählten Lasten werden in diesem Lastfall gespeichert).

4.10.1. Lastfälle, Lastfallgruppen





Lastfälle Lastgruppen

Zeigt die vorhandenen Lastfälle an, lässt Sie den aktuellen Lastfall (den für die Speicherung der nachfolgend einzugebeden Lasten) wählen, lässt Sie neue Lastfälle kreieren, oder bestehende Lastfälle modifizieren oder löschen.

Jede definierte Last wird automatisch im aktuellen Lastfall gespeichert. In der Professional Version ist die Anzahl der Lastfälle unbegrenzt. Lastgruppen können aus den vorhandenen Lastfällen zusammengestellt werden.

Neuer Lastfall

Wenn Sie das *Neuer Lastfall* Ikon anklicken, wird in der Lastfall-Liste ein neues Feld erstellt. In diesem Feld kann der Name des Lastfalles eingetippt werden. Jeder Lastfall muss einen eigenen Namen haben.



Der Lastfall soll einem der folgenden Lastfalltypen angehören:

1. *Statischer Lastfall*

Dieser Lastfall kann bei der Berechnungsmodule Statik, Schwingung und Knicken verwendet werden. Die Lasten des Lastfalles können bei der Schwingungsanalyse als Massen berücksichtigt werden. Der Lastfall kann zu einer Lastgruppe zugeordnet werden, und wird dann bei der Bestimmung der massgebenden Lastfallkombination mit den Faktoren der Lastgruppe berücksichtigt werden.

☞ ***Die massgebende Lastfallkombination kann nur aus den Ergebnissen der linearen Analyse bestimmt werden.***

2. *Einflusslinien-Lastfall*

Hier kann man nur die relative Querschnittsverschiebungen definieren, die zur Erzeugung der Einflusslinien nötig sind. Der Lastfall kann bei der linearen statischen Analyse auch angewandt werden. Die Ergebnisse sind die Einflusslinien aus beliebigen X, Y, Z Einheitskräfte.

☞ ***Wenn ein Lastfall als Einflusslinien-Lastfall definiert wird, dann kann in den weiteren Menüs nur eine Belastung von Einflusslinien-Typ ausgewählt werden.***

3. *Bewegliche Lasten*

Für diesen Lastfall-Typ können nur bewegliche Lasten (Linien oder Flächen) –Lasten definiert werden. Beim Definieren eines beweglichen Lastfalles wird eine Gruppe von neuen Lastfällen erzeugt. Die Anzahl solcher Lastfälle ist identisch mit der Anzahl der gewählten Schritte (N). Ihr Name wird automatisch generiert wie z. Bsp. MOV_xx. Da sie automatisch einer Lastgruppe angehören kann der ungünstigste Effekt durch Anzeige der massgebenden Min/Max Grenzwerte ermittelt werden.
Diese automatisch erzeugten Lastfälle können nur zusammen und nur in eine andere Lastgruppe des Typs „bewegliche Lastgruppe" verschoben werden.
Falls mehr als eine bewegliche Last demselben Lastfall zugeordnet ist wird die Anzahl der Schritte (und automatisch erzeugte Lastfälle) gleich sein wie die maximale Anzahl definierter Schritte. Ist die maximale Anzahl der Schritte *k,* und ein anderer beweglicher Lastfall hat *i* Schritte *(i < k)*, dann bleibt diese Last am Ende des Lastweg in Schritten von *i+1, i+2, ..., k.*
Siehe... *4.10.29 Bewegliche Lasten*

☞ ***Bewegliche Lastfälle können nur in beweglichen Lastgruppen platziert werden. Statische Lasten können auch in bewegten Lastfällen definiert werden. Sie sind in allen Schritten vorhanden, jedoch nur in bewegten Lastfällen.***

4. *Erdbeben (SE1 Modul erforderlich)*

Hier können die Parameter für Erdbebenbelastung definiert werden. Vor der Erstellung einen Erdbeben-Lastfalls muss eine Schwingungsanalyse des Modells durchgeführt werden. Das Programm wird Erdbeben-Lastfälle zu jeder Eigenform nach den Frequenzen und Massen automatisch generieren. Wenn k Eigenformen bestimmt wurden, werden k+2 Lastfälle generiert, wobei die zusätzlichen Lastfälle mit **+** und **–** Zeichen die massgebende Beanspruchungen beinhalten.

Mehrere seismische Aktivitäten können für eine Struktur definiert werden. Seismsiche Aktivitäten können kombiniert werden.

Siehe im Detail unter *4.10.24 Erdbebenbemessung – SE1 Modul*

☞ ***Wenn ein Lastfall als Erdbeben-Lastfall definiert wird, dann kann in den weiteren Menüs nur eine Belastung von Erdbeben-Typ ausgewählt werden.***

5. *Pushover-Lastfall (SE2 Modul erforderlich)*

Hier können die Parameter der Lastverteilungen, die für Pushover Untersuchung nötig sind, definiert werden. Vor der Definition des Pushover-Lastfalls muss die Schwingungsanalyse des Modells durchgeführt werden. Den später ausgewählten Eigenformen entsprechend setzt das Programm eine konzentrierte Last auf jeden Knotenpunkte des Modells an. Es werden vier Lastfälle generiert. Diese beschreiben eine gleichförmige (U) und eine modale (M) Lastverteilung in Richtung der zwei horizontalen Achsen (X und Y im Grundriss). Die gleichförmige Lastverteilung erzeugt Knotenlasten proprtional zu den den Knoten zugehörigen Massen in jedem Knoten des Modells. Die modale Lastverteilung benutzt die Eigenform gewichtet mit den Massen in jedem Knoten um die Knotenlastverteilung zu generieren. In beiden Fällen beträgt die Summe der generierten Lasten 1 kN in derselben horizontalen Richtung.
Siehe... *4.10.25 Pushover Lasten – SE2 Modul*

☞ ***Im Fall der Wahl des Pushover-Lastfalls ist nur das Pushover-Icon in der Werkzeugliste aktiv***

6. *Globale Imperfektion und lokale Imperfektionen proportional zur Knickform*

Falls ein Imperfektions-Lastfall erzeugt wird er automatisch einer Imperfektions-Lastgruppe zugeordnet, welche nur Imperfektionslastfälle enthalten kann. Diese Lastgruppe hat keine Parameter und wird automatisch gelöscht, wenn deren Lastfälle gelöscht werden. Imperfektions-Lastfälle können für die nichtlineare Analyse mit geometrischer Nichtlinearität eingesetzt werden. Wenn massgebende ULS Lastkombinationen in der Lastkombinationstabelle generiert werden, können Imperfektionslastfälle eingeschlossen werden. Lastkombinationen welche einen Imperfektions-Lastfall enthalten erfordern eine nichtlineare Analyse mit geometrischer Nichtlinearität.
Siehe Details ... *4.10.26 Globale Imperfektion*, *4.10.27 Lokale Imperfektionen proportional zur Knickform*

☞ ***Imperfektions-Lastfälle können in einer linearen Analyse nicht berücksichtigt werden.***

7. *Vorspannung (PS1 Modul erforderlich)*

Falls die Berechnung der Vorspannung unter der aktuell gewählten Norm unterstützt wird, können Lastfälle vom Typ Vorspannung erzeugt werden. Diese Lastfälle werden immer in einer Lastfallgruppe vom Typ Vorspannung abgelegt. Nach der Definition eines Lastfalls mit dem Namen *name* werden zwei Lastfälle erzeugt. Der Lastfall *name-T0* enthält die Ersatzlasten für den Zustand am Ende des Vorspannprozesses. Der Lastfall *name-T1* enthält die langfristigen Ersatzlasten. Beide Lastfälle können ausgewählt werden, um die Vorspann-Lasten zu definieren.
Nach der Definition der Vorspannung werden nur im Lastfall *name-T0* Lasten erzeugt, das zur Berechnung der Langzeiteinflüsse die Resultate der statischen Berechnung benötigt werden.
Siehe... *4.10.28 Vorspannung – PS1 Modul*

☞ ***Wenn Vorspannungslastfall ausgewählt ist, ist das einzige verfügbare Icon in der Werkzeugleiste die Vorspannung.***

8. *Dynamischer Lastfall (DYN Modul erforderlich)*

Nach der Definition und Auswahl eines Lastfalls ermöglicht der Tabulator *Lasten* die Definition von dynamischen Lasten und Knotenbeschleunigung.
Siehe... *4.10.30 Dynamische Lasten (für Time-History-Berechnung)*

☞ ***Dynamische Lastfälle können nicht in Lastgruppen und Lastkombinationen eingeschlossen sein. Lasten innerhalb dynamischer Lastfälle werden nur in der dynamischen Berechnung angewendet.***

9. *Lastfall Schnee (SWG Modul erforderlich)*

AxisVM kann Schneelasten auf ein Bauwerk berechnen und anwenden. Die Grenzen der automatischen Schneelast Generierung sind erklärt im *4.10.13 Schneelasten – SWG Modul*
Schneelasten können auf flachen Lastebenen in einer willkürlichen Ebene platziert werden. In einem ersten Schritt wird in der Schneelastgruppe ein temporärer Schneelastfall erstellt und benannt. Falls die geltende Norm einen Nachweis für eine außergewöhnliche Schneelast verlangt, wird ein zusätzlicher Lastfall in einer eigenen Lastgruppe erstellt (ausser für außergewöhnliche Schneelasten wie beim Anhang B des Eurocode 1-3). Nachdem die Lastebenen definiert und die Schneelastparameter eingestellt sind, ersetzt das Programm den temporären Lastfall mit den automatisch generierten Schneelastfällen.

Der Lastfall ohne Schneeverwehungen bekommt ein UD Suffix (undrifted). Lastfälle mit Schneeverwehungen bekommen ein D Suffix mit 2-4 Extrazeichen. Diese Extrazeichen bezeichnen die Windrichtung (X+, X–, Y+, Y–). Neben den Windrichtungen parallel zu den Koordinatenachsen, werden auch Winde in Richtung 45°+*n**90° (wobei *n* = 0, 1, 2, 3) berücksichtigt und mit dem Quadrant der Windvektorrichtung indiziert. X+Y– bezieht sich auf ein Wind in 315° Richtung zum Beispiel (0° ist definiert von der positiver X-Achse, Winkel sind gegen den Uhrzeigersinn gemessen.).
Vom Algorithmus werden nur die notwendigen Lastfälle generiert. Daher hängt die Anzahl der Lastfälle und deren Typ von der Art des Bauwerks unter Beachtung der Schneelastparameter ab. Die Lastparameter sollten nach dem Schliessen des Lastfalldialoges definiert werden, in dem man das Schneelasticon in der Toolbar anklickt. Bevor dieser Schritt ausgeführt wird ist es empfohlen die Lastebenen des Gebäudes über das Icon Lastebenen in der Toolbar zu definieren
Für Details zur Schneelast Generierung **siehe**... *4.10.13 Schneelasten – SWG Modul*

☞ ***Wenn ein Schneelastfall ausgewählt ist, sind nur zwei Icons im Lastenregister anwählbar. Diese sind die Lastebenen und die Schneelastdefinition.***

10. *Lastfall Wind (SWG Modul erforderlich)*

Bei der parametrischen Definition von Windlasten ist es notwendig, eine oder mehrere dem Wind ausgesetzte Unterkonstruktionen zu definieren. Wenn *getrennte Lastfälle für jede Unterstruktur* ausgewählt wird, werden Windlasten verschiedener Unterstrukturen in verschiedenen Lastfällen erzeugt. Andernfalls werden einige Lastfälle die Windlasten mehrerer Unterkonstruktionen enthalten.
Die berechneten Windlasten stimmen nur für die in der jeweiligen Norm beschriebenen Gebäudetypen. Es wird empfohlen, automatische Windberechnungen nur für Geometrien anzuwenden, welche die entsprechenden Abgrenzungen einhalten. Diese sind detailliert beschrieben im *4.10.14 Windlasten – SWG Modul*
Windlasten können auf flache Lastebenen in jeglichen Ebenen platziert werden. In einem ersten Schritt wird ein temporärer Windlastfall in der Windlastgruppe generiert. Nach der Definition der Lastebenen und der Windlastparameter, ersetzt das Programm den temporären Lastfall mit automatisch generierten Windlastfällen.
Windlastfälle werden nach der jeweiligen Lastsituation benannt.
Die ersten zwei Zeichen nach dem Namen des Lastfalles beschreibt die Windrichtung (X+, X–, Y+, Y–). Das System hinter dieser Notation ist dasselbe wie bei den Schneelasten.
Die nächsten ein oder zwei Zeichen bezeichnen die Art der Windeinwirkung.
P und S benennen Druck (pressure), beziehungsweise Sog (sucking). Für Giebeldächer verlangt die Norm eine Untersuchung alle möglichen Kombinationen von Windeinwirkung auf beiden Seiten des Daches.
Deshalb werden für Giebeldächer die Lastfälle Pp, Ps, Sp und Ss generiert. Hier bezieht sich der erste Buchstabe auf die dem Wind ausgesetzte Seite, der zweite auf die Windgeschütze. Für spezielle Torsionseinwirkungen werden die Bezeichnungen T+ und T– verwendet, je nach Richtung der Torsionseinwirkung.
Der letzte Buchstabe bezeichnet die Art der Einwirkungen innerhalb des Gebäudes. O bedeutet, dass die inneren Einwirkungen ignoriert werden, P steht für inneren Druck, S für inneren Sog. Diese Lastfälle werden nur benötigt wenn keine weiteren Informationen für innere Belastungen verfügbar sind. So muss ein kritischer positiver und negativer Wert als konservative Näherung angenommen werden.
Wenn der letzte Buchstabe ein C ist, wurde der Lastfall mit einem benutzerdefinierten μ Wert generiert, der von dem Layout der Gebäudeöffnungen abhängt. Wenn ein C Lastfall für eine Richtung generiert wurde, sind P und S Lastfälle nicht notwendig und werden nicht erstellt.
Nur die notwendigen Lastfälle werden vom Algorithmus erstellt, so dass die Nummer der Lastfälle und deren Art von dem Gebäudetyp und den benutzerdefinierten Parameter abhängt. Nach dem Schliessen des Lastfalldialogs können die Lastparameter mit einem Klick auf das Windlast Icon in der Toolbar eingegeben werden. Vor diesem Schritt wird empfohlen die Lastebenen an den Gebäudewänden und Dächer mit dem Lastebenen Icon in der Toolbar zu definieren
Für Details zur Windlastdefinition **siehe...** *4.10.14 Windlasten – SWG Modul*

☞ ***Wenn ein Windlastfall selektiert ist, sind nur zwei Buttons auf der Lasten-Toolbar verfügbar. Das ist die Lastebene und die Windlast.***



***11.** Brandlastfälle (SD8 oder TD8 Modul erforderlich)*

Brandeinwirkungen können Linienelementen aus Stahl und Holz zugeordnet werden. In Brandlastfällen können Brandeinwirkungen Elementen (in der vorliegenden Version nur auf Stahlträger, Rippen und Fachwerkelemente) zugeordnet werden. Eine neue Brandlastgruppe wird bei Bedarf erstellt. Brandlastgruppen enthalten nur Brandlastfälle. Diese Lastgruppe hat keine Parameter und wird automatisch gelöscht, wenn ihre Lastfälle gelöscht werden.
Bei der Suche nach massgebenden Einwirkungskombinationen berücksichtigt AxisVM Brandlastfälle nur bei zufälligen Lastkombinationen. Es ist jedoch auch möglich, Brandlastfälle in benutzerdefinierten Einwirkungskombinationen zu berücksichtigen.
Die Definition von Brandeffekten wird beschrieben unter *4.10.31 Brandeinwirkung auf Lienienelemente aus Stahl –* SD8 Modul *und 4.10.32 Brandeinwirkung auf Lienienelemente aus Holz –* TD8 modul

☞ ***Wenn ein Brandlastfall ausgewählt wird, ist in der Lasten-Toolbar nur der Button "Feuereffekte an linienelemente" aktiviert.***

Lasteinwirkungsdauer Das Modul Holzbemessung erfordert Informationen über die Lasteinwirkungsdauer. Wenn ein Holzmaterial in dem Modell festgelegt wurde, kann eine Lastfalldauer-Klassifizierung eingegeben werden. (*Permanent*: > 10 Jahre; *langfristig:* 6 Monate bis 10 Jahre; *mittelfristig:* 1 Woche bis 6 Monate; *kurzfristig:* < 1 Woche; sofort, nicht-definiert)

Kopieren Es ermöglicht das Kopieren eines vorhandenen Lastfalles unter einem anderen Namen. Ein Skalierfaktor soll auch angegeben werden. Alle Lasten im neuen Lastfall werden mit diesem Faktor multipliziert. Dieser Faktor kann auch ein negativer Wert sein.

☞ ***Ausgewählte Lasten können in einen anderen Lastenfall kopiert oder verschoben werden, indem der Lastenfall während des Kopier- oder Verschiebungsvorgangs verändert wird.***

Umwandlung Automatisch erzeugte Wind- und Schneelasten können in normale Lastfälle umgewandelt werden. Alle Lastfälle eines ausgewählten Typs werden mit dem Schalter *Umwandlung* konvertiert. Danach können die einzelnen Lasten und Lastfälle bearbeitet oder gelöscht werden.

Löschen Löscht den gewählten Lastfall oder Lastgruppe. Alle verknüpften Lastfälle und Lastgruppen werden ebenfalls gelöscht. (z.B. das Entfernen einer seismsichen Lastgruppe entfernt auch alle generierten seischmischen lasten und Lastgruppen.

Um die Reihenfolge der Lastfälle zu ändern, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf einen Lastfall in der Liste. Wählen Sie Alphabetische Reihenfolge oder In der Reihenfolge der Definition aus dem Popup-Menü, um die Lastfälle innerhalb der Gruppe neu anzuordnen.
Um die Position von nicht gruppierten Lastfällen zu ändern, wählen Sie eine der beiden Optionen (nicht gruppierte Lastfälle zuerst oder … am Ende).

Klicken sie mit der rechten Maustaste auf die Liste und wählen Sie *Reihenfolge der Lastfälle* um in einen Dialog zu gelangen, welcher die Reihenfolge der Lastfälle regelt. Dieser Dialog ist auch über den Tabellen-Browser verfügbar (*Format / Reihenfolge der Lastfälle).*

Lastkombinationen Lastkombinationen werden verwendet, wenn Grenzwerte (Bemessung) von Resultaten generiert werden.

Neue Kombination Eine neue Lastkombination kann definiert werden. Sie müssen Namen und Typ (ständig, quasi-ständig, selten) der Lastkombination sowie die entsprechenden Faktoren gemäss akutellem Bemessungsnorm definieren.

Reihenfolge der Lastfälle Die Reihenfolge der generierten Lastfälle kann verändert werden, wenn wir den Lastfall oder die ganze Gruppe in der Liste mit der Maus nach oben/unten ziehen. In der Lastkombinationstabelle sowie bei Ergebnisabfrage werden die Lastfälle in der hier angezeigten Reihenfolge dargestellt. Wenn wir mit der rechten Taste in die Liste klicken, können wir andere Sortierungsoptionen wählen.
(Buchstabenordnung oder Generierungsreihenfolge). Hier kann gewählt werden, ob die unabhängigen (nicht zu einer Gruppe gehörenden) Lastfälle am Anfang oder am Ende der Liste stehen sollen.

Sicherheitsklassen Wählt die Sicherheitsklasse des Gebäudes aus der Combobox aus. Das Ändern der Sicherheitsklasse kann Änderungen in den zugeordneten Gruppenfaktoren $\gamma_{f;q}$, Ψ und Ψ_t. erfordern.

Neue Lastgruppe

Hier können die Lasten für die massgebende Lastkombination gruppiert werden. Wenn Sie das *Neuer Lastfall* Ikon anklicken, wird in der Lastfall-Liste ein neues Feld erscheinen. In diesem Feld kann der Name des Lastfalles eingetippt werden. Jeder Lastfall muss einen eigenen Namen haben. Beim Erzeugen einer Lastgruppe müssen die zugehörigen Faktoren (Sicherheitsbeiwert, Kombinationsbeiwert und dynamiSchub Faktor) festgelegt werden. Die Lastfälle können zu den hier definierten Lastgruppen zugeordnet werden.

Einen Lastfall markiert, können Sie aus der Auswahlliste ***Lastgruppe*** auswählen, zu welchen er gehören soll. In dem Baum in der linken Seite können Sie die Lastfälle durch ziehen mit der Maus auch zu einer anderen Lastgruppe zuordnen.
Auswahl einer neuen Gruppe erstellt eine neue Gruppe im Baum und dieser Gruppe kann ein Name zugewiesen werden. Dabei bleiben bestehenden Namen unverändert. Danach sind für die neue Gruppe die Sicherheitsfaktoren einzugeben. Ein Lastfall kann per Maus in eine Lastgruppe gezogen werden. Auch kann ein Lastfall einer Lastgruppe zugewiesen werden.
Siehe noch *4.10.2 Lastfallkombinationen*

Die Standardeinstellungen von neuen Lastfällen können definiert werden unter Einstellungen / Grundeinstellungen / Lastgruppen. ***Siehe...*** *3.3.11 Grundeinstellungen...*



Klicken Sie auf diese Schaltflächen, um die Faktoren aus einer Liste vorgeschlagener Werte gemäss aktueller Bemessungsnorm zu wählen.

Lastgruppentypen

Die vier Lastgruppentypen sind (basierend darauf das der Standard ausgewählt wurde):



1. *Ständige*

Lastgruppe der ständigen Lasten (Eigengewicht, andere ständige Lasten, usw.). Alle Lastfälle in dieser Lastgruppe nehmen in allen Lastkombinationen mit den angegebenen Sicherheitsbeiwerten teil.

Alle Lastgruppen in Kombinationen einbeziehen
Alle Lastgruppen aus der Gruppe werden bei allen Lastkombinationen mit ihren höheren oder niedrigeren Sicherheitsfaktoren einbegriffen.

Nur den unvorteilhaftesten Lastfall einbeziehen
Nur der unvorteilhafteste Lastfall mit seinem höheren oder niedrigeren Sicherheitsfaktor wird aus der Lastgruppe einbezogen.



2. *Veränderliche*

Gruppe der veränderlichen Lasten (Verkehrslast, Windlast, Schnee, Temperaturänderung, Kranlast, usw.). Die Lastfälle in einer Lastgruppe dieses Lastfalltyps können nicht gleichzeitig auftreten. Nur ein Lastfall aus einer Gruppe nimmt in einer Lastfallkombination teil.

Simultane Lastfälle
Eine beliebige Anzahl von Lastfällen aus der Gruppe kann simultan in kritischen Kombinationen zusammenwirken.

Sich gegenseitig ausschliessende Lastfälle
In einer kritischen Kombination wird nur ein Lastfall aus der Gruppe zur Zeit einbezogen.



3. *Aussergewöhnliche*

Lastgruppe der aussergewöhnlichen Lasten (Erdbeben, Auflagerbewegung, Explosion, Anprall, usw.). Die Lastfälle in einer Lastgruppe dieses Lastfalltyps können nicht gleichzeitig auftreten. Nur ein Lastfall aus dieser Gruppe nimmt in einer Lastfallkombination ohne Kombinationsbeiwert teil, die anderen Lastfälle werden einen Kombinationsbeiwert $\alpha = 0$ haben.



4. *Bewegliche Lasten*

Selbst erzeugte Lastfälle für bewegliche Lasten werden automatisch einer Lastgruppe „bewegliche Lasten" zugeordnet.



5*. Lastfallgruppe Vorspannung*

(falls die Vorspannung nach der aktuell gewählten Norm berechnet werden kann)

Die Lastfallgruppe Vorspannung wird als ständige Lastfallgruppe behandelt. Sie kann ausschliesslich Lastfälle vom Typ Vorspannung enthalten. Es können nicht beide Lastfälle einer Vorspannung (*name-T0* und *name-T1*) in derselben Lastfallkombination verwendet werden.

6. *Erdbeben Lastfallgruppe* (Eurocode, SIA 26x, DIN 1045-1, STAS und Italienischer Code)

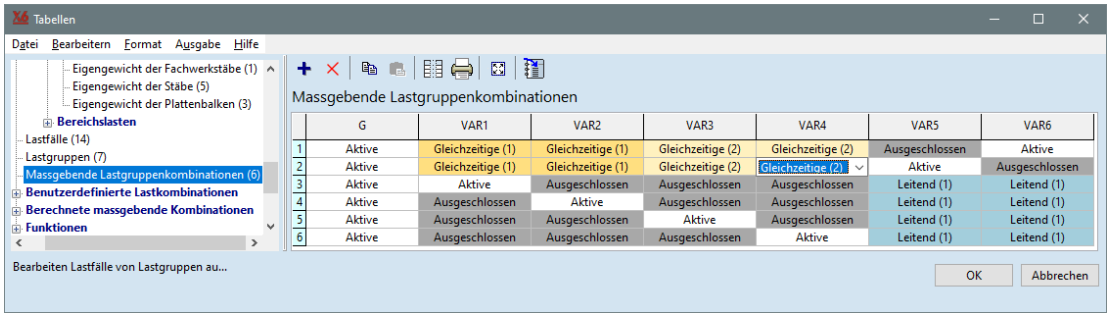
Nur ein Lastfall wird pro Zeiteinheit berücksichtigt. Dieser Lastfall muss den Simultanfaktor $\alpha = 0$ haben.

7. *Brandlastfälle* (Eurocode)

Brandlastkombinationen enthalten nur Brandlastfälle. Lastfälle können gleichzeitig wirken oder sich gegenseitig ausschliessen. Ein Linienelement kann einen Brandeffekt haben bei gleichzeitigen Lastfällen

Massgebende Lastgruppen-kombinationen

Die massgebenden Lastkombinationen werden anhand der Lastgruppen ermittelt. Die sich gegenseitig ausschliessenden Bemessungssituationen (z.B. Schneelast und aussergewöhnliche Schneelast) werden dabei erkannt (damit die massgebenden Kombinationen nicht Schnee und aussergewöhnlichen Schnee gleichzeitig berücksichtigen). Falls es nötig ist, die Gleichzeitigkeit von ganzen Lastgruppen auszuschliessen, können die massgebenden Lastgruppenkombinationen manuell festgelegt werden.
Diese Kombinationen werden in der Tabellenansicht unter massgebende Lastgruppenkombinationen definiert.



Die Spalten der Tabelle listen die Lastfälle des Modells auf. In jeder Reihe wird eine massgebende Kombination definiert.

Mit einem Klick auf die Schaltfläche *Neue Datenzeile* kann eine Reihe hinzugefügt werden. Der Status *Aktive* kann bei ständigen Lasten nicht verändert werden. Bei veränderlichen Lasten kann in der Ausklappliste gewählt werden, wie diese Lasten in der Lastkombination berücksichtigt werden sollen.

Aktive Lasten mit dem Status *Aktive* werden in der automatischen Lastkombination berücksichtigt.

Ausgeschlossen Lasten mit dem Status *Ausgeschlossen* werden in der automatischen Lastkobination nicht berücksichtigt. Sich gegenseitig ausschliessende Lastfälle können erzeugt werden, indem so viele neue Datenzeilen wie die Anzahl der sich ausschliessenden Lastfälle hinzugefügt werden und in jeder Datenzeile lediglich eine Last *aktiv* ist, während die anderen Lasten *ausgeschlossen* sind.

Gleichzeitige (1), (2), ... Lastgruppen, welche als Gleichzeitig festgelegt werden, erhalten in allen automatisch erzeugten Kombinationen den gleichen Lastfaktor. Es kann mehr als eine Gruppe gleichzeitig wirkender Lastgruppen festgelegt werden. Sobald mindestens zwei Lastgruppen mit dem Status Gleichzeitig (1) definiert sind, wird der Status Gleichzeitig (2) verfügbar.

Leitend (1), (2), ... Lasten mit dem Status *Leitend* werden in der Lastkombination als Leiteinwirkungen berücksichtigt. Lasten mit demselben Status werden in der Lastkombination immer in derselben Weise berücksichtigt. Es kann bei mehr als einer Last der Status *Leitend* ausgewählt werden. Nachdem bei der ersten Last *Leitend (1)* gewählt wurde, wird bei der zweiten Last *Leitend (2)* verfügbar.

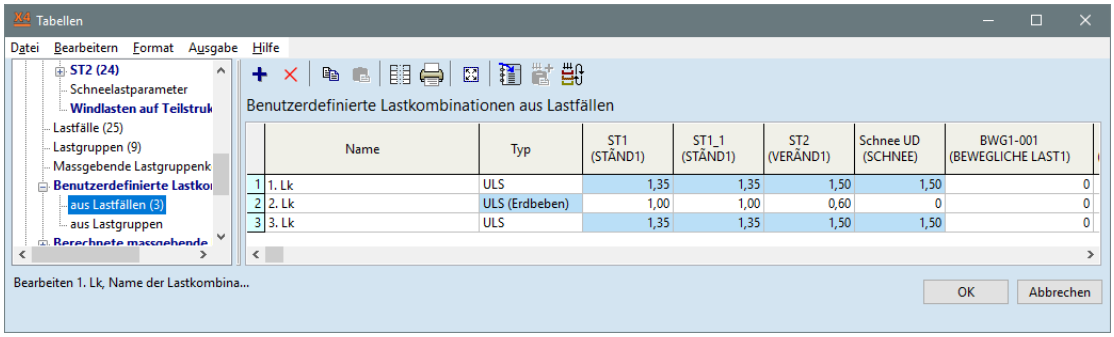
AxisVM bildet basierend auf den eingegebenen Lasten und ihren Status Lastkombinationen und bestimmt anschliessend die ungünstigste Lastkombination als Bemessungskombination.
In der Tabelle *Benutzerdefinierte Lastkombinationen* können die automatisch erzeugten Lastkombinationen händisch definiert werden. Das ist nützlich, um die Auswirkungen von bestimmten Lastkombinationen zu überprüfen, da die Anzahl automatisch generierten Kombinationen sehr gross sein kann. Um die Auswirkungen des Bemessungslastfalles zu erhalten, ist es jedoch nicht nötig, diesen händisch zu definieren.

Lasttypen Die Belastungsmöglichkeiten der einzelnen Elemententypen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Lasttyp	Elementtyp
Konzentriert	Knoten, Stabelement
Linienartig	Stab, Plattenbalken
Kantenbezogen	Scheiben-, Platten-, Schalenelement
Eigengewicht	Fachwerkstab, Stab, Plattenbalken, Platte, Scheibe und Schale
Längenänderung	Fachwerkstab, Stabelement
Temperaturänderung	Fachwerkstab, Stab, Plattenbalken, Platte, Scheibe und Schale
Vorspannkraft	Fachwerkstab, Stab
Zug / Druck	Fachwerkstab, Stab
Auflagerbewegung	Auflagerelement
Flüssigkeitsbelastung	Platte, Schale
Einflusslinie	Fachwerkstab, Stabelement
Erdbebenbelastung	Knoten
Vorspannung	Stab, Plattenbalken
Beweglich	Stab, Plattenbalken, Platte, Schale
Schnee	Riegel, Unterzug, Platte, Schale
Wind	Riegel, Unterzug, Platte, Schale
Feuer	Balken, Plattenbalken, Fachwerkstab

4.10.2. Lastfallkombinationen





Sie können hier Lastfallkombinationen von den vorhandenen Lastfällen bilden. Die Lastfälle müssen einen eigenen Multiplikator bekommen, der den Sicherheitsbeiwert, den Kombinationsbeiwert und den dynamischen Beiwert des entsprechenden Lastfalles beinhaltet. Das Ergebnis der Lastkombination wird durch lineare Kombination der Ergebnisse der einzelnen Lastfälle berechnet, und dabei werden die Ergebnisse mit den zugehörigen Multiplikatoren multipliziert. Wenn ein Lastfall in der aktuellen Lastkombination nicht beteiligt ist, muss er einen Multiplikator = 0 haben.
Um die ungünstigste benutzerdefinierte Kombination zu definieren, kann hier eine Umhüllende für die Kombinationen erzeigt werden.
Lastkombinationen können durch Lastfälle oder Lastgruppen aufgelistet, definiert und gelöscht werden. Im ersten Fall muss ein Faktor für jeden Lastfall eingegeben werden. Im letzteren muss für jede Lastgruppe ein Faktor eingegeben werden.
Die tatsächliche Lastkombination wird erzeugt mit diesen Faktoren und übereinstimmend mit den Eigenschaften der Lastgruppen (z.B. wenn die Lastfälle in den Lastgruppen sich gegenseitig ausschliessen). Lastgruppen kombinieren mit vielen Lastfällen kann in einer grossen Zahl von individuellen Lastkombinationen enden.

☞ ***Es ist nicht notwendig Lastkombinationen zu erzeugen um die massgebende kritische Kombination zu finden.***

Wenn Lastgruppen definiert und Lastfälle innerhalb der Lastgruppen platziert wurden, wird das Programm automatisch die massgebende Kombination in jedem Punkt des Gebäudes finden, auch ohne selber Kombinationen zu erzeugen.

Bei einer Berechnung nach der Theorie II. Ordnung bildet AxisVM zuerst die Lastfallkombination aus den Lastfällen, und dann berechnet es aus diesen Lastfallkombination die Beanspruchungen.
Eine Berechnung nach der Theorie II. Ordnung erfolgt nur aus einer einzelnen Lastfallkombination.

Nach der Berechnung nach der Theorie I. Ordnung lassen sich nachträglich weitere Lastfallkombinationen bilden, löschen oder die vorhandene ändern. Nach der Änderung der Lastfallkombinationstabelle wird AxisVM im Ergebnismodul automatisch die Ergebnisse für die neuen Lastfälle auch berechnen.
Wenn die Berechnung nach der Theorie II. Ordnung durchgeführt wurde, werden die Ergebnisse der geänderten Lastfallkombinationen gelöscht.



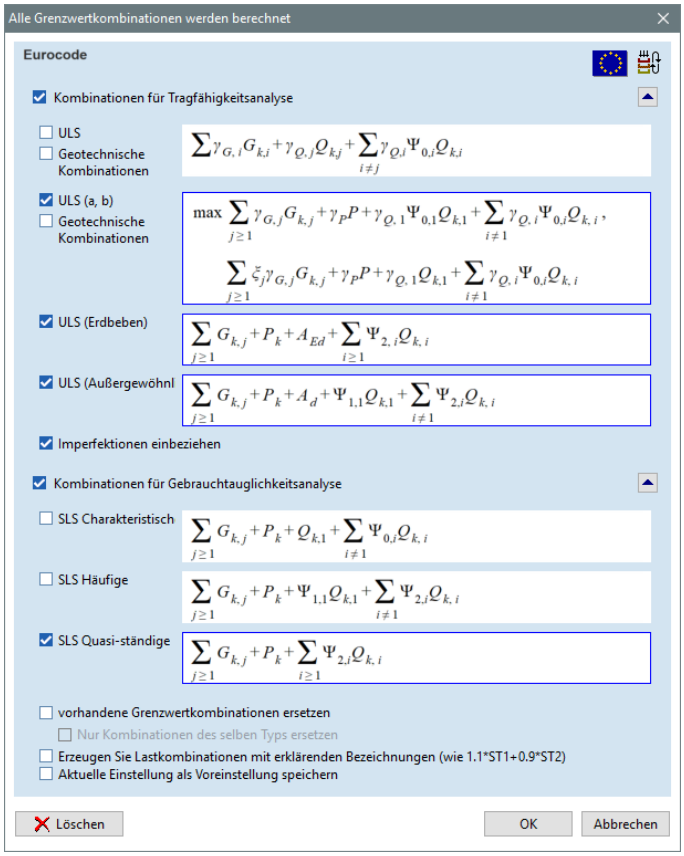
Fügt eine Lastkombinations-Tabelle in die aktuelle Ausgabe ein.



Fügt die in der Zwischenablage gesammelten Lastkombinationen ein.
Wenn Minimum und Maximum Werte gesucht werden oder Resultate für ein beliebiges Element angezeigt werden, kann der Anwender die dann massgebende Kombination in einer Liste in die Zwischenablage speichern (**siehe...** *6.1.1 Minimum-, Maximum Werte*). Dies ist das Icon welches diese Kombinationen in die Tabelle einfügt.



Berechnet automatisch alle massgebenden Kombinationen basierend auf den Lastgruppendefinitionen und speichert diese Kombinationen in der Lastkombinations-Tabelle.



Die Option *Imperfektion einbeziehen* erscheint nur, wenn das Modell eine Lastgruppe Imperfektion hat.

Wenn *Vorhandene Grenzwertkombination ersetzen* ausgewählt ist, werden alle vorher generierten kritischen Kombinationen gelöscht und ersetzt mit den neuen Kombinationen. Wenn *Nur Kombinationen desselben Typs ersetzen* ausgewählt ist, werden nur die Kombinationstypen ersetzt, die auch ausgewählt wurden.

Wird *Erzeugen Sie Lastkombinationen mit erklärenden Bezeichnungen* ausgewählt, so werden die Kombinationsnamen die Kombinationen beschreiben (z.B. 1.1*ST1+0.9*ST2, anstelle von Kom.1, Kom2,...)

☞ ***Sie können auch Lastkombinationen nach Berechnung einer linearen Analyse definieren. Die Resultate dieser Kombinationen werden dann automatisch generiert.***
Im Falle von nichtlinearer Analyse, generiert AxisVM zuerst die Kombinationen und führt dann die Analyse durch (eine Lastkombination nach der andern).

Bildung der massgebende Lastkombination

Bei der Bestimmung der massgebenden Lastfallkombination addiert das Programm alle *ständige* Lasten, dann nimmt es jeweils einen Lastfall aus der Lastgruppe der *veränderlichen* oder der *aussergewöhnlichen* Lastgruppen und multipliziert ihn mit dem zugehörigen Kombinationsbeiwert. Auch alle anderen möglichen Lastfallkombinationen (gleichzeitiges Wirken mehrerer veränderlichen Lasten) werden berechnet.

Das Programm gibt am Ende die Maximal- und Minimalwerte der Ergebnisse (Verschiebungen, Schnittkräfte, Auflagerkräfte) aus.

Automatische Lastkombinationen

Das Programm ermittelt alle möglichen Lastkombinationen aufgrund der definierten Lastgruppen-Parameter und den Erfordernissen der gewählten Berechnungs-Norm.
Die minimalen und maximalen Resultate dieser Kombinationen werden als **Massgebende** (Bemessungs) Werte ausgegeben. Massgebende Kombinationen für Eurocode, SIA26x, STAS, DIN, Italienische Norm werden gemäß den nachfolgenden Belastungsvorschriften zusammengestellt:

Massgebende Kombinationen für Schnittgrössen (ULS - Tragfähigkeit)

ULS1 - Ständig und Veränderlich

Eurocode

AxisVM benutzt die Kombinationsformeln gemäß EN 1990:2005 (6.10.a) und (6.10.b). Diese Formeln ergeben kleinere Schnittgrössen und führen zu einer wirtschaftlicheren Bemessung.

$$\max \begin{Bmatrix} \sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \Psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i} \\ \sum_{j\geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i} \end{Bmatrix} \begin{matrix} 6.10.a \\ 6.10.b \end{matrix}$$

In gewissen Ländern z. Bsp. Österreich) erlaubt der nationale Anhang nicht die Anwendung von (6.10.a) und (6.10.b). In diesen Fällen werden folgende Formeln verwendet:

Eurocode(A), DIN, SIA26x, Italienische Norm

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Lastbeiwerte für den geotechnische Grenzzustandsnachweis (GEO)

Bei geotechnischen Lastkombinationen verwendet das Programm ebenfalls die oben genannten Formeln. Die Lastbeiwerte für Einwirkungen werden aus den Gruppen A1 und A2 ausgewählt, die gem. Anhang A von EN 1997-1 kategorisiert sind.

Wirkung		Symbol	Set	
			A1	A2
Ständig	ungünstig	γ_G	1,35	1,0
	günstig		1,0	1,0
Veränderlich	ungünstig	γ_Q	1,5	1,3
	günstig		0	0

Anmerkung: Die Werte können im Nationalen Anhang anders spezifiziert werden. Die Spezifikationen der ausgewählten NA werden berücksichtigt.

Lastbeiwerte für den Grenzgleichgewichtszustandsnachweis (EQU)

Bei der Überprüfung des statischen Gleichgewichts werden folgende Lastbeiwerte berücksichtigt (Anhang A von EN 1997-1):

Wirkung		Symbol	Wert
Ständig	ungünstig (destabilisierend)	$\gamma_{G;dst}$	1,1
	günstig (stabilisierend)	$\gamma_{G;stb}$	0,9
Veränderlich	ungünstig (destabilisierend)	$\gamma_{Q;dst}$	1,5
	günstig (stabilisierend)	$\gamma_{Q;stb}$	0

ULS 2 - Erdbeben

Eurocode, SIA26x

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P_k + A_{Ed} + \sum_{i\geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Italienische Norm

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P + E + \sum_{i\geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

DIN

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + A_{Ed} + \sum_{i\geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

ULS 3 – Aussergewöhnlich

Eurocode und ander Normen

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P_k + A_d + \Psi_{1,1} Q_{k,1} \sum_{i\neq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

SIA26x

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P_k + A_d + \Psi_{2,1} Q_{k,1} \sum_{i\neq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Massgebende Kombinationen von Verformungen (SLS)

SLS 1 – Charakteristisch

Eurocode und andere Normen

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \sum_{i\neq 1} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

SLS 2 – Häufig

Eurocode und andere Normen

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P_k + \Psi_{1,1} Q_{k,1} \sum_{i\neq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

SLS 3 - Quasiständig

Eurocode und andere Normen

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P_k + \sum_{i\geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

STAS, Eurocode(RO)

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + 0.6\gamma_I A_{Ek} + \sum_{i\geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Die Methode für die Ermittlung der massgebenden Lastkombinationen für Schnittkräfte und Verformungen werden automatisch vom Progarmm gewählt. Die Methode für die Ermittlung der massgebenden Lastkombinationen für Verformungen (SLS) ist abhängig vom Bauwerkstyp. Klicken Sie auf die Funktion "Parameter für die Darstellung der Ergebnisse" im Register "Statik" um die gewünschte Kombinationsformel zu wählen.

Erdbebenlasten: siehe oben bei Schnittkräften

Italienischer Code

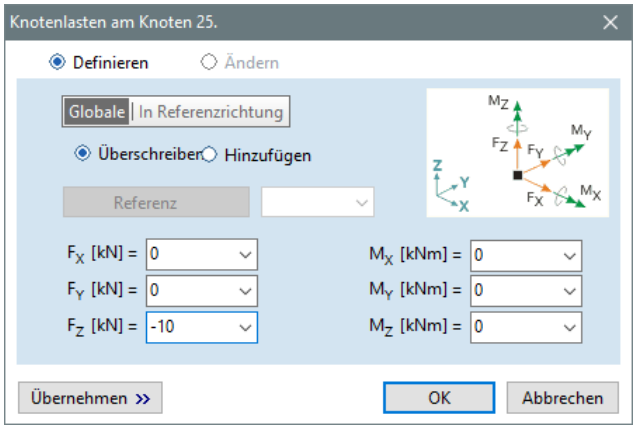
Kombination seismischer Lasten mit anderen Lasttypen: $\sum G_K + \gamma_I \cdot E + \sum \Psi_{ji} Q_{Ki}$

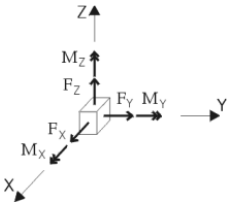
Wobei:

γ_I	Wichtigkeitsfaktor
E	Seismische Last
G_K	Charakteristischer Wert permanenter Lasten
Q_{Ki}	Charakteristischer Wert variabler Lasten
Ψ_{ji}	Ψ_{2i}(ULS) Kombinationsfaktor für quasipermanente Q_i
Ψ_{0i}	(DLS) Kombinationsfaktor für seltene Q_i

4.10.3. Knotenlasten







Die Knotenlasten werden durch ihre Komponenten Fx, Fy, Fz, Mx, My, Mz eingegeben. Die Komponenten sind bezüglich auf das globale Koordinatensystem definiert.
Für Lasten in Referenzrichtung (ausgerichtet in eine Referenzrichtung) ist *Fx* und *Mx* einzugeben.
Wenn Sie einen Knoten belasten wollen, der bereits belastet wurde, können Sie die Belastungen addieren oder die ursprüngliche Belastung mit dem neuen Wert überschreiben.

Die positiven Richtungen der Knotenlasten beziehen sich auf die positiven Richtungen des globalen Koordinatensystems.

Ändern eines Knotens

Sie können die Last unabhängig vom Knoten auswählen, kopieren oder ändern.

Ändern der Position

1. Wählen Sie die Lasten die Sie verschieben wollen.
2. Wählen Sie eine durch Drücken der linken Maustaste.
3. Verschieben Sie diese an die neue Position.
4. Drücken Sie die linke Maustaste oder eine Taste(Enter oder Leertaste).

Ändern des Wertes

1. Wählen Sie die Last.
2. Klicken Sie auf das Icon Knotenlast in der Toolbar.
3. Ändern Sie die Werte.

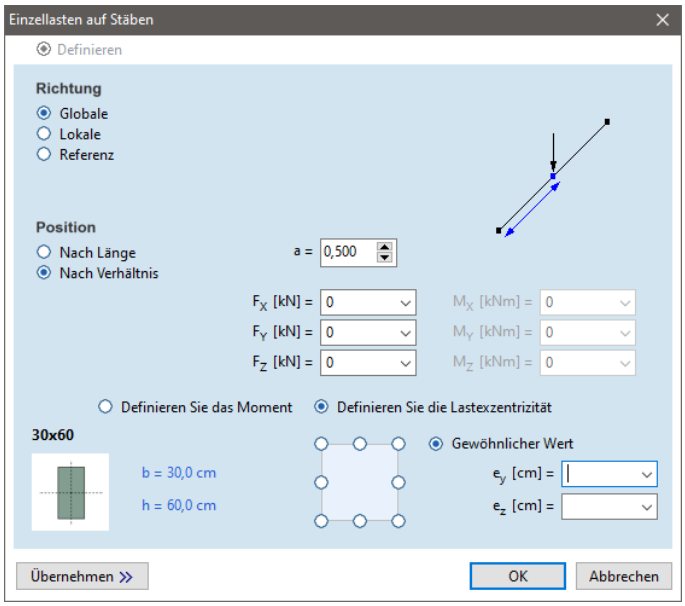
Knotenlasten können auf Stäbe, Plattenbalken oder Flächen verschoben werden.
Die Vorzeichen der Lastordinaten beziehen sich auf die Linke-Hand-Regel.

☞ ***Wenn ein Knoten einen unterdrückten Freiheitsgrad in einer Richtung hat, bleibt die Lastkomponente in dieser Richtung bei der Berechnung unberücksichtigt.***

AxisVM zeigt die Knotenlasten auf dem Bildschirm mit einem gelben Pfeil, die Knoten-momente mit einem gelben Doppelpfeil an.

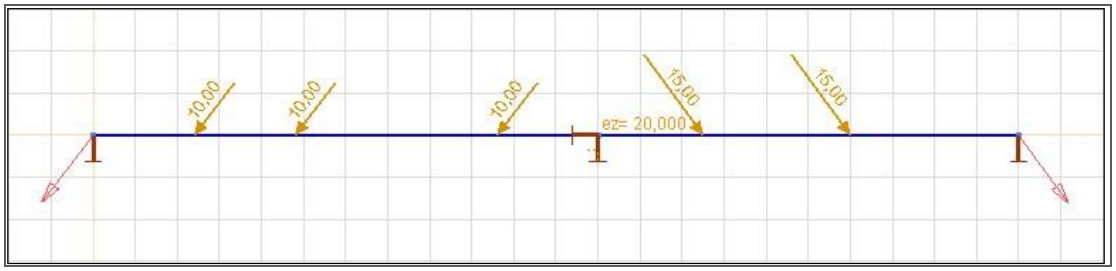
4.10.4. Konzentrierte Lasten auf Stabelementen





Erlaubt das Aufbringen von konzentrierten Lasten/Momenten auf Stäbe oder Plattenbalken.
Die Einzellasten auf den Stab werden durch ihre Komponenten Fx, Fy, Fz, Mx, My, Mz eingegeben.
Die Lastkomponenten können gemäß dem globalen oder lokalen Koordinatensystem definiert werden.
Wenn Sie einen Querschnitt belasten wollen der bereits belastet wurde, können Sie die Belastungen addieren oder die ursprüngliche Belastung mit dem neuen Wert überschreiben.
Für eine Last mit einer Referenzrichtung sind die nur die Werte *Fx* und *Mx* einzugeben. Die Referenz kann aus der Liste ausgewählt werden, oder mit dem Referenzschalter aus der Ansicht herausgepickt werden (wenn die Darstellung von Referenzen aktiviert ist. **Siehe...** *2.16.18 Darstellung*

Anstatt ein Moment direkt einzugeben, gibt es auch die Möglichkeit, eine Kraft mit einer Exzentrizität e_y oder e_z einzugeben. Wählen Sie *Definieren Sie die Lastexzentrizität* und wählen Sie anschliessend eine der runden Schaltflächen auf dem Querschnitt oder geben Sie den Wert der Exzentrizität händisch ein.



Last in Referenzrichtung auf einem Balken

Wenn Sie eine konzentrierte Last auf einen Knoten anwenden, der bereits belastet ist, können Sie sie zur vorhandenen Last hinzufügen oder diese überschreiben.

Konzentrierte Lasten können unabhängig des Stabes ausgewählt, verschoben, kopiert oder geändert werden. Das Ändern der Lastwerte erfolgt wie bei Knotenlasten.

Die positiven Richtungen der Knotenlasten beziehen sich auf die positiven Richtungen des globalen Koordinatensystems.

☞ ***Wenn nur ein Teil des Stabes ausgewählt wird (z.B. bestimmte finite Elemente), werden Lasten im lokalen System der gewählten finiten Elemente interpretiert. In Die gleiche Last wir auf alle ausgewählten Finiten Elemente aufgebracht.***

AxisVM zeigt die Einzellasten auf dem Bildschirm mit einem gelben Pfeil, die Einzelmomente mit einem gelben Doppelpfeil an.

Interpretation der Lasten auf exzentrischen Elementen

Im Fall von exzentrischen Balken oder Rippen ist die Achse der Elemente nicht identisch mit der Strecke, die die Knoten verbindet. Die Exzentrizität von Lasten ist relativ zur Exzentrizität des Elementes.

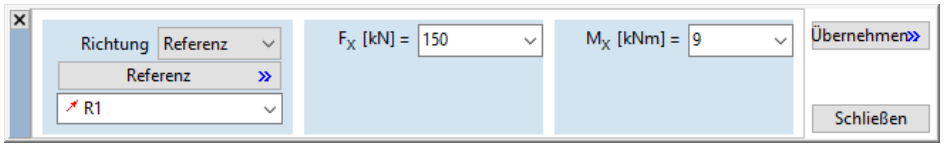
4.10.5. Einzellast auf Bereich oder Lastebene

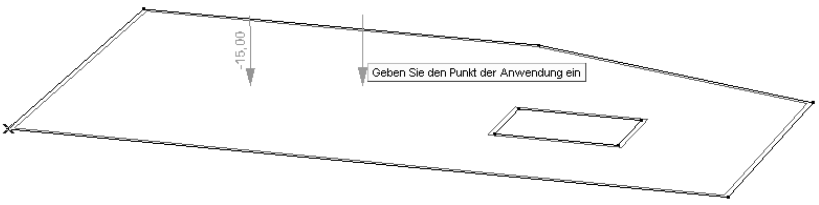


Setzen einer netzunabhängigen Knotenlast für einen Bereich. Die Koordinateneingabe kann mit dem Cursor oder im Cursorfenster erfolgen.
Beachte: Netzunabhängig Lasten sind im Sinne einer FEM-Berechnung keine Einzellasten sondern werden entsprechend ihrem Abstand zu den nächstliegenden Netzknoten auf diese verschmiert!
Siehe... *4.7.2 Die numerische Eingabe eines Koordinatenwertes*

Die Lastrichtung kann sein:

- *Global* (unter Verwendung des globalen Koordinatensystems)
- *Lokal* (unter Verwendung des lokalen Koordinatensystems)
- *Referenz* (unter Verwendung einer Referenz)





Ändern Sie können die Position und die Lastordinate wie folgt ändern:

Position
1. Markieren der Last mit dem Cursor.
2. Linke Maustaste drücken.
3. Maus an die gewünschte neue Position ziehen oder die neuen Koordinaten eingeben.
4. Linke Maustaste loslassen, um neue Position zu übernehmen.

Lastordinate
1. Markieren der Last mit dem Cursor.
2. Linke Maustaste drücken.
3. Die neue Lastordinate im Dialog eingeben.
4. Den *Ändern-Button* drücken, um die Laständerung zu übernehmen

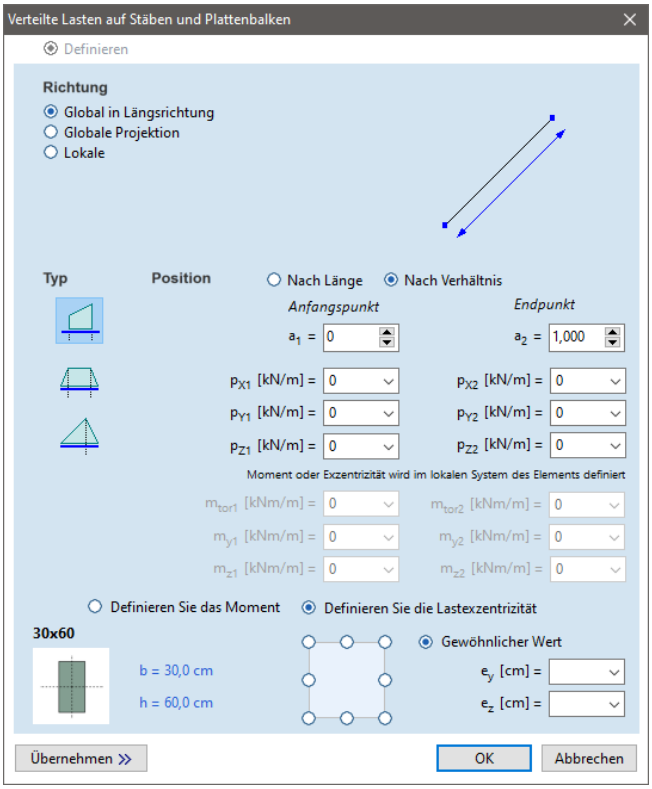
Die Lastordinate kann auch in der Tabellenanzeige geändert werden.

☞ ***Netzunabhängige Lasten bleiben bei Netzänderungen erhalten.***

4.10.6. Linienlast auf Stab /Plattenbalken



Bietet Ihnen die Möglichkeit, konstante oder linear verteilte Lasten und Drehmomente auf den ausgewählten Stab oder Plattenbalken aufzubringen. Sie können mehrere verteilte Lasten auf einen Stab bzw. Plattenbalken in demselben Lastfall definieren.
Anstatt ein Moment direkt einzugeben, gibt es auch die Möglichkeit, eine Linienlast mit einer Exzentrizität e_y oder e_z einzugeben. Wählen Sie *Definieren Sie die Lastexzentrizität* und wählen Sie anschliessend eine der runden Schaltflächen auf dem Querschnitt oder geben Sie den Wert der Exzentrizität händisch ein.
Momente und Exzentrizitäten werden immer im lokalen Koordintensystem des Elementes definiert – auch dann, wenn die *Richtung* zu *Globale* gewählt wird.

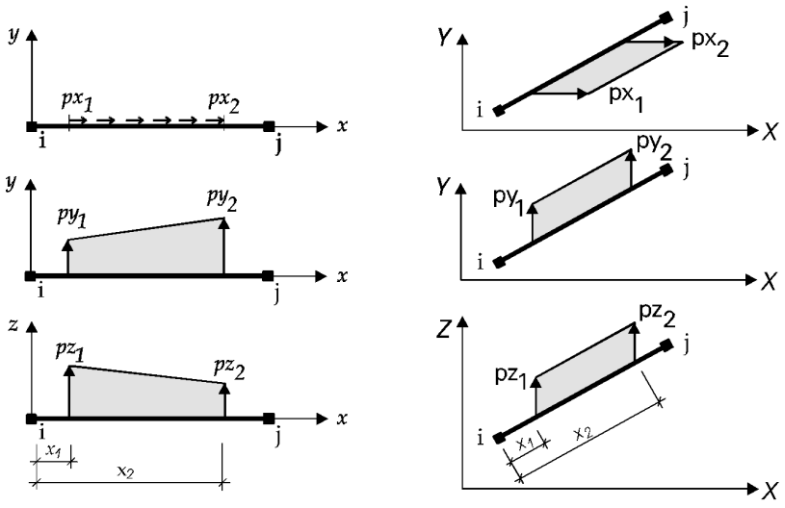


Linienlasten können ausgewählt, verschoben, kopiert und individuell angepasst werden. Das Anpassen der Lasten ist identisch wie bei den Punktlasten. Wenn eine Punktlast in einem Ort aufgebracht wird, in welchem sich bereits eine Punktlast befindet, kann die neue Last die alte überschreiben oder zur alten addiert werden.

☞ ***Wenn nur ein Teil des Elements ausgewählt wird (d.h. bestimmte Finite Elemente), werden die Lasten im lokalen System der Finiten Elemente interpretiert. In diesem Fall wird die gleiche Last auf alle ausgewählten Finiten Elemente angewendet.***

☞ ***Die gleiche Last wir auf alle ausgewählten Finiten Elemente aufgebracht.***

Lasten in lokalen Richtungen *Lasten in globalen Richtungen*



Die folgenden Parameter müssen eingestellt werden:

Lastrichtung: Bezüglich des lokalen oder globalen Koordinatensystems, oder projiziert im globalen KS.

Lasttyp:  *Rechteck*  *Trapezförmig*  *Dreieck*

Lastintensität px2, py2, pz2 [kN/m] im Endpunkt.

Position: Die Abstände der Lastanfangs- und Lastendpunkten gemessen vom Stabanfangspunkt können im Verhältnis zur Stablänge (***A***-gemäß Verhältnis)

($0 \le x1 < x2 \le 1$), oder direkt in Meter (***H***-gemäß Abstand)
($0 \le x1 < x2 \le L$, wobei L ist die Stablänge) eingegeben werden

Anfangspunkt: x1 gemäß Position

Anfangswert: Lastintensität px1, py1, pz1 [kN/m], m_{TOR1} [kNm/m] im Anfangspunkt

Endpunkt: x2 gemäß Position

Endwert: Lastintensität px2, py2, pz2 [kN/m], m_{TOR2} [kNm/m] im Endpunkt

Die Lastintensität beträgt bei der projizierten Belastung $p_r = p^*\sin\alpha$, wobei α der Winkel zwischen dem Stabachse und der Lastrichtung ist.

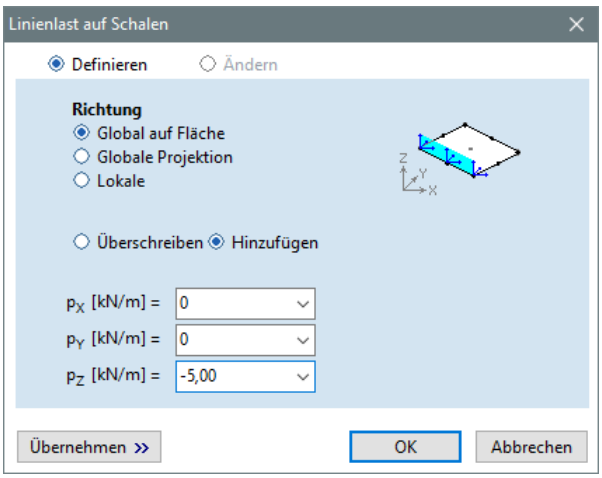
Interpretation von Lasten auf exzentrischen Elementen

Im Fall von exzentrischen Balken oder Rippen ist die Achse der Elemente nicht identisch mit der Strecke, die die Knoten verbindet. Die Exzentrizität von Lasten ist relativ zur Exzentrizität des Elementes.

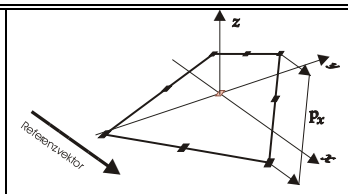
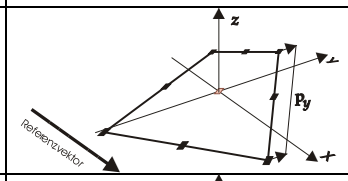
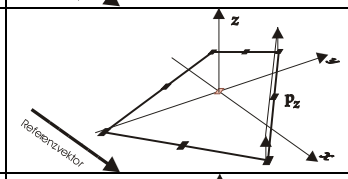
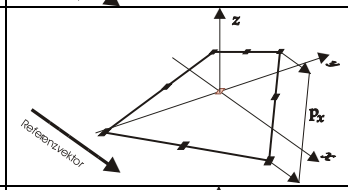
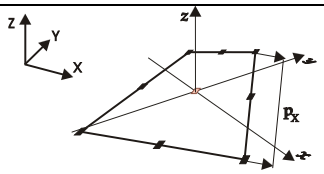
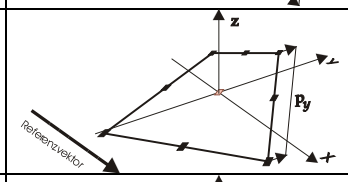
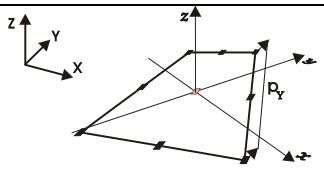
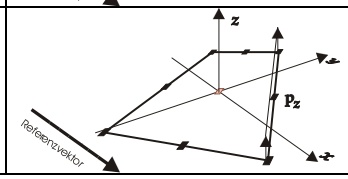
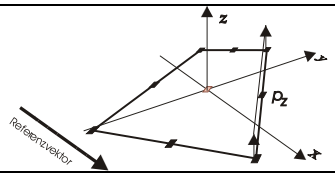
4.10.7. Randlast



Hier lassen sich konstante Randlasten auf die vorher markierten Kanten der Flächenelemente aufbringen. Die Intensität der Randlasten entlang einer Elementenkante ist konstant.
Die Lasten können abhängig vom Elemententyp wie folgt definiert werden:
Wenn mehr als zwei Finite Elemente an einer Kante verbunden sind oder wenn die Elemente lokale Koordinatensysteme haben müssen für die Randlast die Kante und die Elementränder gewählt werden. Die Last wird dann entsprechend der lokalen Koordinatensysteme gesetzt



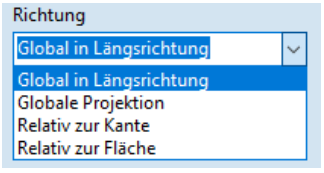
Bei den Schalenelementen kann man für die Lasten in globale Richtungen eine projizierte Verteilung (Kraftzerlegung in die Hauptrichtungen) wählen, die Lastintensität wird in diesem Fall wie folgt berechnet: $p_f = p^*\cos\alpha$, wobei α der Winkel zwischen der Flächennormale und der Lastrichtung ist.

Element	*Last in Richtung des lokalen Koordinatensystems*		*Last in Richtung des globalen Koordinatensystems*	
Scheibe	*x*		-	-
	y		-	-
Platte	*z*		-	-
Schale	*x*		*X*	
	y		*Y*	
	z		*Z*	

4.10.8. Linienlast auf Bereich oder Lastebene

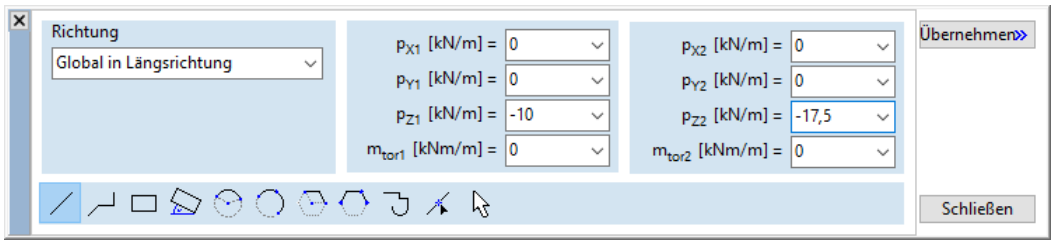


Setzen einer netzunabhängigen Linienlast für einen Bereich oder eine Lastebene.
Die Koordinateneingabe kann mit dem Cursor oder im Koordinatenfenster erfolgen. Beachte: Netzunabhängig Lasten sind im Sinne einer FEM-Berechnung keine Linienlasten sondern werden entsprechend ihrem Abstand zu den nächstliegenden Netzknoten auf diese verschmiert!

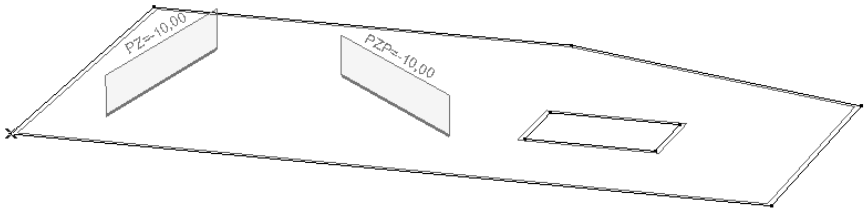


Die Richtung der Last kann global projeziert, global entlang des Elements, relativ zur Kante oder relativ zur Fläche sein.
Wird Relativ zur Kante gewählt, verläuft das lokale Koordinatensystem der Linenlast entlang einer definierten Kante (Linie, Bogen, Polygon). Die X-Achse ist identisch der Kantenachse und zeigt in die Richtung, wie die Kante eingegeben wurde. Die lokale Z-Achse der Last ist entsprechend der Z-Achse des Bereichs ausgerichtet. Wenn eine Linienlast auf eine existierende Kante im Model platziert wird, ist immer die Richtung der Belastung zu überprüfen. Die Richtung des gewählten Linienelements kann nicht von den Knotennummern abgeleitet werden
Wird Relativ zur Fläche gewählt, folgt das lokale Koordinatensystem der Last (X, Y, Z Achse) dem Koordinatensystem des Bereichs.

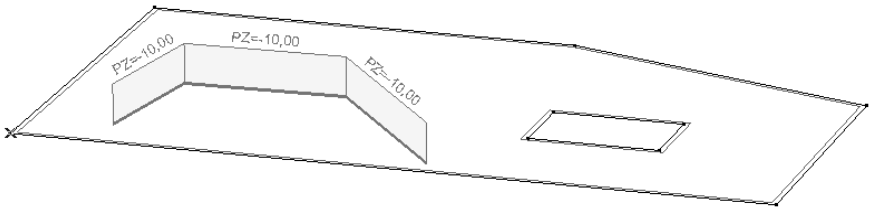
Das m_x ist immer das Torsionsmoment (um die Längsrichtung). Geben Sie die gewünschten Lastparameter ein und zeichnen Sie dann die Lastgeometrie (oder klicken auf eine als Lastlinie zu übernehmende vorhandene Linie).



Einzelne Linienlast



Polygon Linienlast





Linienlast entlang eines Rechtecks



Linienlast entlang eines gedrehten Rechtecks

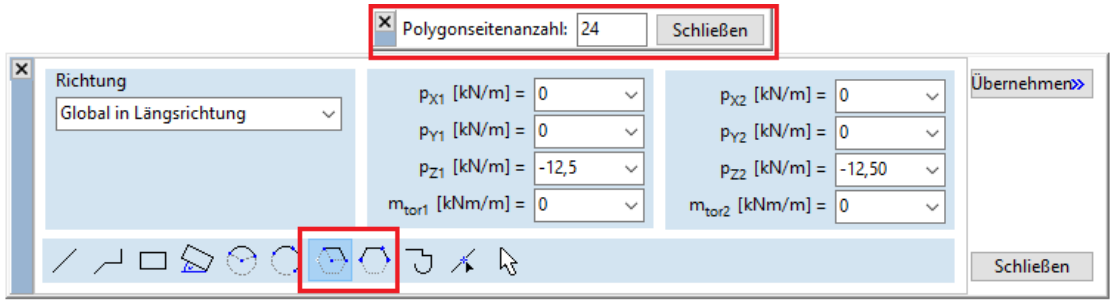


Linienlast entlang eines Bogens, der durch seinen Mittelpunkt und 2 Punkte definiert ist



Linienlast entlang eines Bogens, der durch 3 Punkte definiert ist

Anzahl Polygonseiten





Linienlast entlang eines Bogenpolygons, der durch seinen Mittelpunkt und 2 Punkte definiert ist



Linienlast entlang eines Bogenpolygons, der durch 3 Punkte definiert ist



Linienlast entlang eines komplexen Polygons. Komplexe Polygone können Bögen enthalten.



Während der Festlegung eines komplexen Polygons erscheint eine kleine Symbolleiste mit verschiedenen geometrischen Funktionen. Es stehen zur Verfügung: Zeichnen einer Linie, Zeichnen einer Linie als Tangente eines Bogens, Zeichnen eines Kreises mit Mittelpunkt, Zeichnen eines Kreises mit 3 Punkten, Zeichnen eines Tangentenbogens, Zeichnen eines Bogens mit einer gegebener Tangente, Abgreifen einer vorhandenen Linie.



Linienlast auf eine existierende Linie
Klicken Sie auf eine Linie oder einen Bogen an einem Bereichsrand oder innerhalb eines Bereiches, um die vorgängig definierten Lastparameter zuzuweisen. Diese Art Last ist assoziativ. Ein Bewegen der Grenze oder internen Linie, bewegt auch die Last. Ein Löschen der Linie löscht die Last.



Linienlast anhand Markierung
Das Programm setzt die vorher angegebene Last auf die markierte Linie. Die Last ist assoziativ.

Ändern Die Position, Form und Intensität einer netzunabhängigen Linienlast kann geändert werden:

Position
1. Markieren der Last mit dem Cursor.
2. Linke Maustaste drücken.
3. Maus an die gewünschte neue Position ziehen oder die neuen Koordinaten eingeben.
4. Linke Maustaste loslassen um neue Position zu übernehmen.

Ecke
1. Schieben Sie den Cursor auf die Ecke (ein Symbol für Polygon Linienlast erscheint neben dem Cursor).
2. Drücken Sie die linke Maustaste.
3. Drücken Sie erneut die linke Maustaste und verschieben Sie die Ecke.
4. Klicken Sie wieder die linke Maustaste.

Lastordinate
1. Markieren der Last mit dem Cursor.
2. Linke Maustaste drücken.
3. Die neue Lastordinate im Dialog eingeben.
4. Den *Ändern-Button* drücken um die Laständerung zu übernehmen

Die Lastordinate kann auch in der Tabellenanzeige geändert werden.

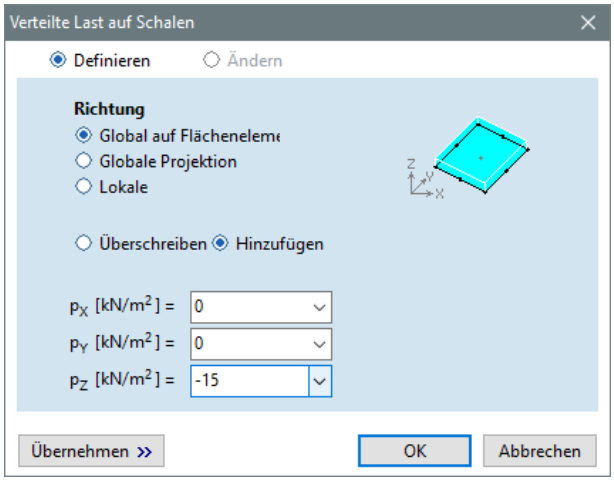
Löschen Wählen Sie die zu löschenden Lasten und drücken Sie danach die Taste **[Del].**

☞ ***Netzunabhängige Lasten bleiben bei Netzänderungen erhalten.***

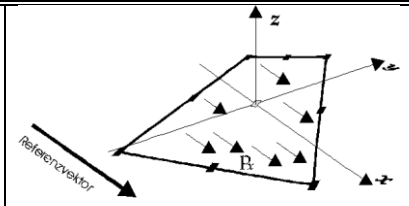
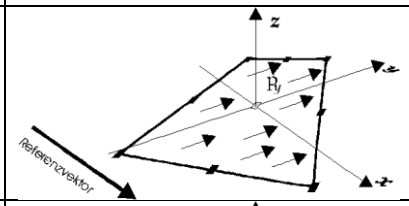
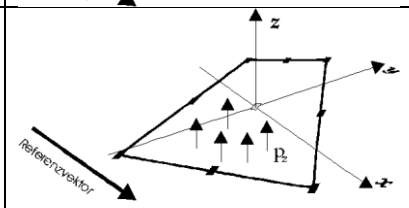
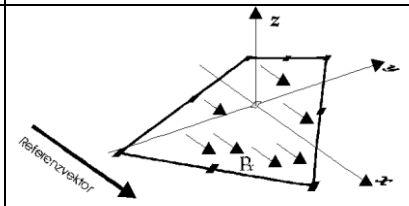
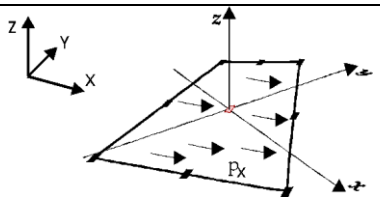
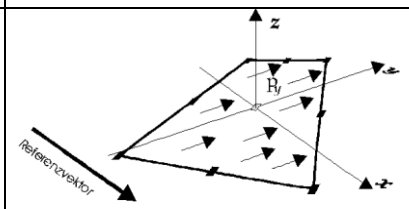
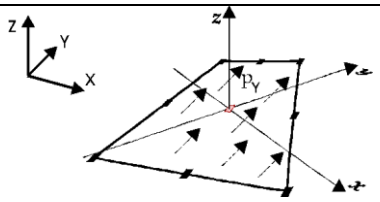
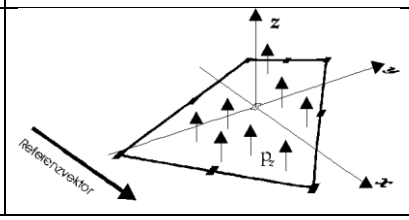
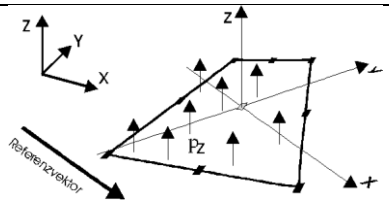
4.10.9. Flächenlasten



Flächenlasten können auf finite Flächenelemente, Bereiche und Lastebenen gesetzt werden.
Die Intensität der Flächenlasten innerhalb eines Flächenelementes ist konstant.
Verteilte Lasten bleiben bei Netzänderungen erhalten.



Die Lasten können abhängig vom Elemententyp wie folgt definiert werden:

Element	*Last in Richtung des lokalen Koordinatensystems*		*Last in Richtung des globalen Koordinatensystems*	
Scheibe	*x-Richtung*		-	-
	y-Richtung		-	-
Platte	*z-Richtung*		-	-
Schale	*x-Richtung*		*X-Richtung*	
	y-Richtung		*Y-Richtung*	
	z-Richtung		*Z-Richtung*	

4.10.10. Netzunabhängige Flächenlasten auf Bereichen



Setzen einer netzunabhängigen Flächenlast für einen Bereich.
Die Koordinateneingabe kann mit dem Cursor oder im Cursorfenster erfolgen.
Das Flächenelement bestimmt welche Lastenarten möglich sind. Für eine **Scheibe** muss die Last in der Scheibenebene wirken. Für eine **Platte** muss die Last senkrecht zur Plattenebene wirken. Für eine **Schale** kann die Last in jede Richtung wirken. Lastebenen erlauben Lasten in jede Richtung, aber wenn diese Ihre Lasten an Platten oder Scheiben weitergibt, sind die oben erwähnten Einschränkungen wirksam
Die Last kann global, global projiziert oder lokal auf dem Flächenelement wirken.
Es kann zwischen einer konstanten oder einer linear veränderlichen Last entschieden werden und ob die Last über Löchern verteilt werden oder entfallen.



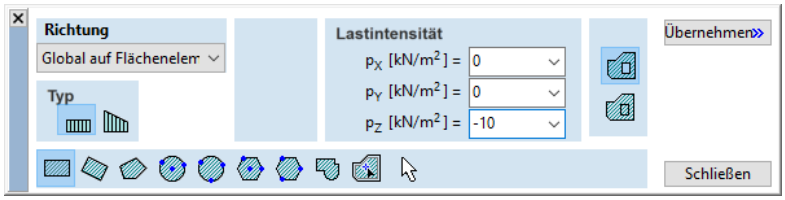
Last wird verteilt / nicht verteilt

Das erste Symbol verteilt die Lasten über dem Loch auf die Plattenränder.
Beim zweiten Symbol entfallen die Lasten über dem Loch ersatzlos.



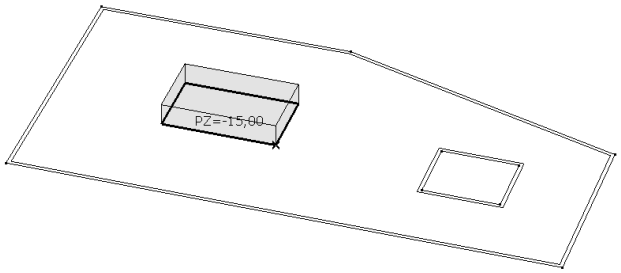
Konstante Last

Schritte zur Lastdefinition im Falle einer konstanten Last:





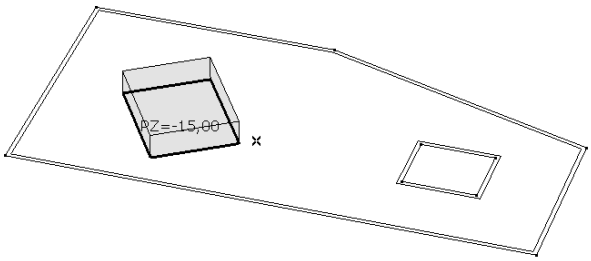
Rechteckige Flächenlast



1. Eingabe der Lastordinaten (p_x, p_y, p_z)
2. Eingeben der Punkte der Diagonalen durch Mausklick oder Koordinatenangabe (nur möglich in der X-Y, Y-Z und X-Z Ebene).



Gedrehte Rechteckige Flächenlast



1. Eingabe der Lastordinaten (p_x, p_y, p_z).
2. Eingabe der drei Ecken des Vierecks durch Mausklick oder Koordinaten.



Polygonlast

1. Eingabe der Lastordinaten (p_x, p_y, p_z).
2. Eingabe der Punkte des Polygons durch Mausklick oder Koordinaten. Die Eingabe des letzten Punktes erfolgt bei Koordinateneingabe durch zusätzliches drücken von Enter. Bei Cursoreingabe durch Doppelklick oder durch Anwahl des ersten Punktes.



Kreisförmige Last, die durch den Mittelpunkt und zwei weiteren Randpunkten definiert wird.



Kreisförmige Last, die durch drei Randpunkte definiert wird.



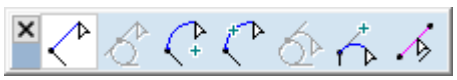
Regelmässiges Polygon, welches durch den Mittelpunkt und zwei weiteren Randpunkten definiert wird.



Regelmässiges Polygon, welches durch drei Randpunkte definiert wird.



Komplexe Last



Während der Eingabe der komplexen Last erscheint eine Werkzeugleiste mit verschiedenen Geometriefunktionen: During definition of a complex polygon a pet palette appears with several geometry functions. These are: Linie, Tangente, Kreis mit Mittelpunkt, Kreis mit drei Punkten, Tangentenbogen, Kreisbogen mit benutzerdefinierter Tangenten, Linie abgreifen.



Verteilte Flächenlast

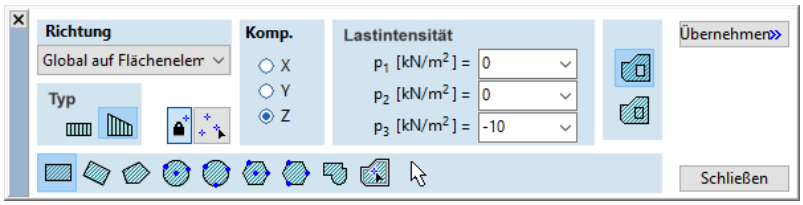
1. Eingabe der Lastordinaten (p_x, p_y, p_z).
2. Klicken in den Bereich.

Die Last wird auf den Bereich verteilt. Diese Lastart passt sich automatisch allen Geometrieänderungen an. Innerhalb eines Lastfalls kann nur eine verteilte Flächenlast verwendet werden. Neue überschreiben bestehende.



Lineare Flächenlast

Schritte zur Lastdefinition im Falle einer linear veränderlichen Last:



Die Lastebene ergibt sich aus den Lastordinaten (p_1, p_2, p_3) in den drei Punkten [(1), (2), (3)] in der Ebene des Bereiches. Diese Punkte sind die Referenzpunkte der Flächenlast. Wenn diese Referenzpunkte für andere Lasten benutzt werden sollen so können Sie diese sperren.



Referenzpunkte der Lastordinaten



Lastordinaten der Referenzpunkte sperren



Rechteck

1. Eingabe der Lasten der Referenzpunkte (p_1, p_2, p_3).
2. Eingeben der Punkte der Diagonalen durch Mausklick oder Koordinatenangabe (nur möglich in der X-Y, Y-Z und X-Z Ebene).
3. Eingeben der drei Referenzpunkte durch Cursor oder Koordinaten.



Gedrehte Rechteckige Flächenlast

1. Eingabe der Lasten der Referenzpunkte (p_1, p_2, p_3).
2. Eingabe der Punkte des Polygons durch Mausklick oder Koordinaten. Die Eingabe des letzten Punktes erfolgt bei Koordinateneingabe durch zusätzliches drücken von Enter. Bei Cursoreingabe durch Doppelklick oder durch Anwahl des ersten Punktes
3. Eingeben der drei Referenzpunkte durch Cursor oder Koordinaten



Polygonlast

1. Eingabe der Lasten der Referenzpunkte (p_1, p_2, p_3).
2. Eingabe der Punkte des Polygons durch Mausklick oder Koordinaten. Die Eingabe des letzten Punktes erfolgt bei Koordinateneingabe durch zusätzliches drücken von Enter. Bei Cursoreingabe durch Doppelklick oder durch Anwahl des ersten Punktes.
3. Eingeben der drei Referenzpunkte durch Cursor oder Koordinaten



Kreisförmige Last, die durch einen Mittelpunkt und 2 Punkte festgelegt wird



Kreisförmige Last, die durch 3 Punkte festgelegt wird



Regelmässige Polygonlast, die durch einen Mittelpunkt und 2 Punkte festgelegt wird



Regelmässige Polygonlast, die durch 3 Punkte festgelegt wird



Komplexe Polygonlast



Während der Festlegung eines komplexen Polygons erscheint eine kleine Symbolleiste mit verschiedenen geometrischen Funktionen. Es stehen zur Verfügung: Zeichnen einer Linie, Zeichnen einer Linie als Tangente eines Bogens, Zeichnen eines Kreises mit Mittelpunkt, Zeichnen eines Kreises mit 3 Punkten, Zeichnen eines Tangentenbogens, Zeichnen eines Bogens mit einer gegebener Tangente, abgreifen einer vorhandenen Linie.



Verteilte Flächenlast

1. Eingabe der Lasten der Referenzpunkte (p_1, p_2, p_3).
2. Anwahl der Bereiche.
3. Eingeben der drei Referenzpunkte durch Cursor oder Koordinaten

Die Last wird auf den Bereich verteilt. Diese Lastart passt sich automatisch allen Geometrieänderungen an. Innerhalb eines Lastfalls kann nur eine verteilte Flächenlast verwendet werden. Neue überschreiben bestehende.

Ändern Flächenlasten

Die Position, Form und Intensität einer netzunabhängigen Flächenlast kann geändert werden.

Ändern der Position

1. Platzieren Sie den Mauszeige über die Last.
2. Drücken der linken Maustaste und Bewegen der Maus.
3. Neue Position per Maus oder Koordinaten bestimmen.
4. Setzen der Position durch linke Maustaste oder der Enter-Taste.

Ändern der Form

1. Platzieren Sie den Mauszeige über die Ecke des Lastpolygons.
2. Drücken der linken Maustaste und Bewegen der Maus.
3. Neue Position der Ecke per Maus oder Koordinaten bestimmen.
4. Setzen der Position der Ecke durch linke Maustaste oder der Enter-Taste.

Ändern der Intensität

1. Platzieren Sie den Mauszeige über die Last.
2. Drücken der linken Maustaste und Bewegen der Maus. Die Dialogbox öffnet sich
3. Ändern der Lastordinaten.
4. Klicken des *Übernehmen-Buttons*.

Mehrere Lasten können so geändert werden.

Die Lastordinate und Form kann auch in der Tabellenanzeige geändert werden.

Löschen

Markieren der Last und die **[DEL]-**Taste drücken

☞ ***Netzunabhängige Lasten bleiben bei Netzänderungen erhalten.***

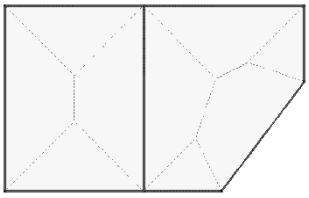
4.10.11. Flächenlast verteilt über Linienelemente



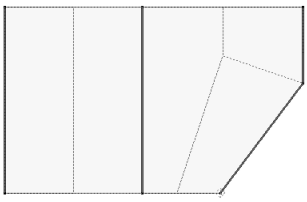
Eine konstante Oberflächenlast kann auf Fachwerkstäbe, Balken und Plattenbalken verteilt werden. Dies ist nützlich, wenn Schnee- oder Windlast für Balkenstrukturen modelliert werden.
Lasten auf Fachwerkstäben werden automatisch in Knotenlasten in den Fachwerkstabenden konvertiert.

1. Klicken Sie auf das Icon und wählen Sie den Lastverteilungsbereich aus dem Katalog aus.

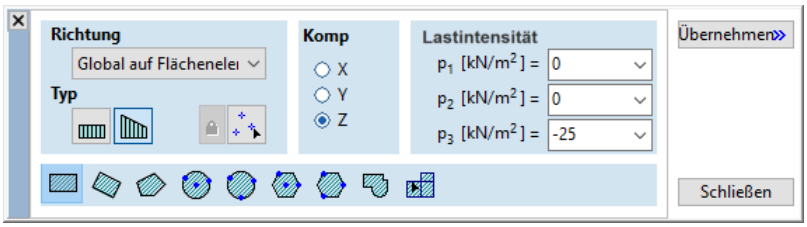
Auto verteilt die Last auf die Elemente unter der Last. Jede/r neu unter der Last definierte Fachwerkstab/Balken/Plattenbalken verteilt die Last neu.



Nur auf ausgewählte Elemente verteilt die Last nur auf ausgewählte Elemente. Wählen Sie die Linien mithilfe der Auswahl-Werkzeugleiste aus. Die Verteilung bleibt gleich, wenn ein neuer Balken/ Plattenbalken unter der Last definiert wird.

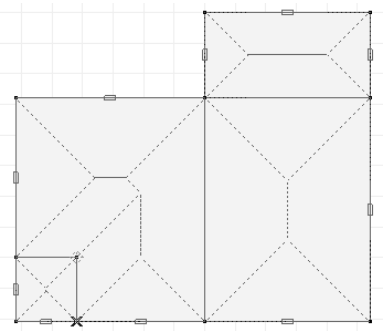


2. Definieren Sie ein Lastpolygon gleich wie eine konstante oder linear veränderliche Bereichsflächenlast.



Lastrichtung kann global auf der Oberfläche, global projektiv oder lokal ausgeübt werden. Lokalrichtungen werden wie automatische Referenzen für Bereiche definiert. **Siehe...** *4.9.22 Referenzen.* Lastwerte in die Editierungsfelder eingeben (p_X, p_Y, p_Z).

Das Lastpolygon kann ein Rechteck, abgeschrägtes Rechteck oder ein beliebiges geschlossenes Polygon sein. Die vierte Methode auf der Ikon-Werkzeugleiste ist das Anklicken eines/r geschlossenen Balkens / Plattenbalken / Polygons. Auf diese Weise wird die Last assoziativ. Ein Bewegen der Elemente oder deren Endknoten verändert das Lastpolygon entsprechend.



Der Menüpunkt *Bearbeiten / Konvertieren Flächenlasten verteilt über Fachwerkstäben / Stäben / Plattenbalken* konvertiert Lasten, die auf diese Art erzeugt wurden, in individuelle Stablasten.

4.10.12. Lastebenen



Lastebenen übertragen Punkt-, Linien- und Bereichslasten auf strukturelle Elemente. Es ist zwingend erforderlich Lastebenen zu definieren, falls Wind- und/oder Schneelasten durch das Programm erzeugt werden sollen (SWG Modul). Lastebenen stellen kein tragendes Bauteil dar, ihre einzige Funktion ist es Lasten auf Bereiche, Stäbe und Plattenbalken zu übertragen. Die Lasten werde automatisch auf alle Bereiche, Stäbe und Plattenbalken übertragen, wenn diese innerhalb der Lastebene liegen. Es ist möglich, die belasteten Elemente manuell anzugeben, innerhalb oder ausserhalb der Lastebene. Die Projektion der belasteten Bauteile in die Ebene der Lastebene sollte jedoch innerhalb der Kontur der Lastebene liegen.



Rahmen



Rechteck



Gedrehtes Rechteck



Kreise mittels Zentrum und zwei Bogenpunkten



Kreise durch drei Bogenpunkte



Regelmäßige Polygone mittels Zentrum und zwei Bogenpunkten



Regelmäßige Polygone mittels drei Bogenpunkte



Polygonal

Spezielle Auswahl-funktionen



Bedeckt ganze Bereiche mit einer Lastebene



Lastebenen für ausgewählte Bereiche erzeugen



Platziert Lastebenen auf Ebene Zonen definiert durch selektierte Linien

Lastverteilung



Lasten werden über Bereiche und Linienelemente unter der Lastebene verteilt



Last wird auf allen Flächenelementen sowie Stäbe und Plattenbalken verteilt.
Lasten auf Lastebenen können auch auf selektierten Knoten verteilt werden.
Lasten können auch über Knoten, Stäben und Plattenbalken verteilt werden, wenn Sie außerhalb der Lastebene liegen, solange deren Projektion zur Lastebene innerhalb deren Umrisse liegt. In diesem Fall werden Lasten über die projizierten Segmente verteilt, aber wirken in der Elementposition.

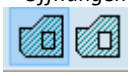


Last wird verteilt auf ausgewählte Bereiche und ausgewählte Plattenbalken und Stäbe.



Lasten werden nur auf Bereiche und Linienelemente von aktiven Details verteilt und die unter der Lastebene sind

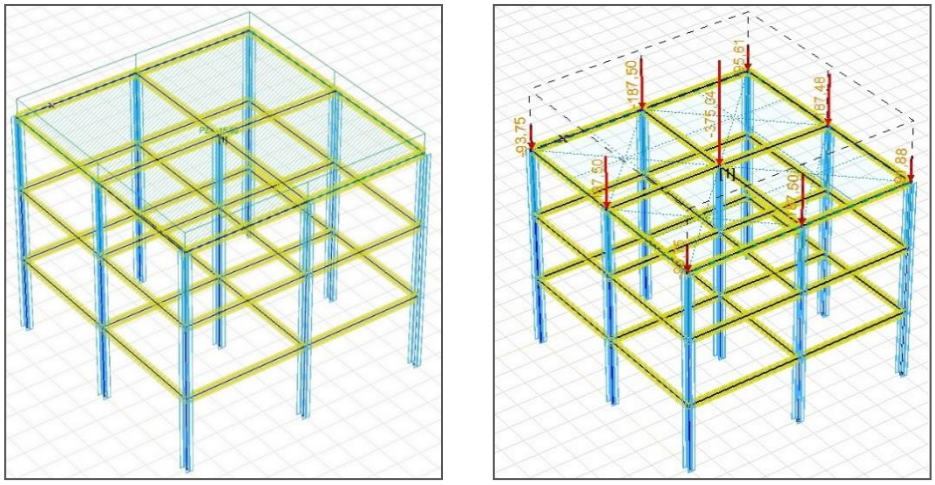
Lastoptionen für Öffnungen



Bei Auswahlt des ersten Symbols wird der Öffnung eine Last aufgetragen (Öffnungen werden als Fenster interpretiert), andernfalls werden die Lasten über der Öffnung ignoriert (Interpretation als tatsächliche Öffnungen).

Lasten von der ausgewählten Lastebene können in Einzellasten umgewandelt werden.
Siehe... *3.2.19 Konvertieren von Lasten einer ausgewählten Lastebene zu einzelnen Lasten*

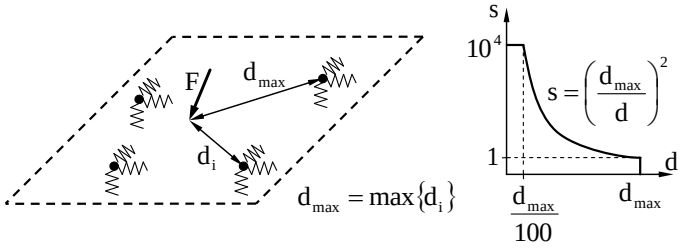
☞ ***Ausgewählte Stäbe, Plattenbalken, Bereiche können ausserhalb der Lastebene sein.***
Wenn mehrere Bereiche ausgewählt wurden und derern projizierte Umrisse überlappen sich, werden die Lasten nur auf den am nächsten zur Lastebene liegende Bereich verteilt.



Konzentrierte Lasten auf Stützen durch die Verteilung aus der Lastebene

Methode der Lastaufteilung

Die Verteilung einer konzentrierten Last modelliert die Lastebene als eine starre Fläche, die durch drei Federn an jedem Lastverteilungspunkt gelagert ist. Diese drei Federn haben die identische umgekehrt proportionale Steifigkeit zum Quadrat der Distanz zum Lasteinleitungsort



Verteilte Lasten entlang von Linien sind in eine Reihe von Punktlasten umgewandelt und diese Punktlasten werden, wie oben beschrieben, verteilt. Flächenlasten werden verteilt entsprechend der Methode **Siehe...** *4.10.11 Flächenlast verteilt über Linienelemente*

Lasten definieren

Punkt, Linien und Flächenlasten können auf den Lastebenen platziert werden. Ein Beispiel:

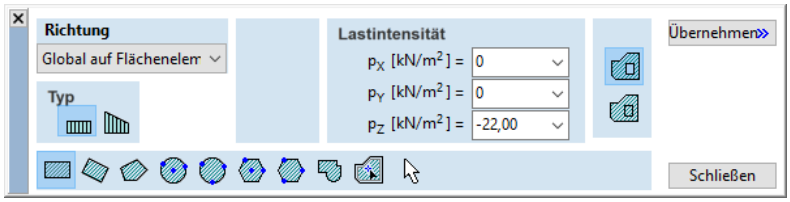


Den Registerreiter *Lasten* anwählen und *Bereichslast auswählen.*



Lastwert eingeben und *Verteilte Bereichslast* auswählen.

Durch klicken auf einen Bereich oder einer Lastebene wird die Last auf diese verteilt.



4.10.13. Schneelasten – SWG Modul

Hintergrund Normen

Schneelasten werden vom Programm automatisch nach der im jeweiligen Land gültigen Norm und den entsprechenden Anhängen generiert. Die Normen für welche die Schneelastberechnung verfügbar ist sind unten aufgelistet. Die nationalen Bemessungsstandards, welche die Basis der Berechnung liefern, sind auch aufgelistet.

 Eurocode general	*EN 1991-1-3:2003 (EC 1-3)* *Eurocode 1 Einwirkungen auf Tragwerke* *Part 1-3 Einwirkungen – Schneelasten*
 EC Deutschland	*EN 1991-1-3:2003* *DIN EN 1991-1-3/NA Dezember 2010*
 NTC Italien	*EN 1991-1-3:2003* *UNI EN 1991-1-3/NA Juli 2007* *NTC 2018*
 EC Niederlande	*EN 1991-1-3:2003* *NEN EN 1991-1-3/NB November 2007*
 EC Ungarn	*EN 1991-1-3:2003* *MSZ EN 1991-1-3:2016/NA September 2016*
 EC Rumänien	*CR 1-1-3/2012* *konform mit SR EN 1991-1-3*
 EC Tschechien	*EN 1991-1-3:2003* *CSN EN 1991-1-3/NA Juli 2012*
 EC Slowakei	*EN 1991-1-3:2003* *STN EN 1991-1-3/NA Dezember 2004*
 EC Polen	*EN 1991-1-3:2003* *PN EN 1991-1-3/NA September 2005*
 EC Dänemark	*EN 1991-1-3:2003* *DS/EN 1991-1-3 DK NA Oktober 2015*
 EC Belgien	*EC 1991-1-3:2003* *NBN EN 1991-1-3/ANB Oktober 2007*
 EC Österreich	*EN 1991-1-3:2003* *ÖNORM B 1991-1-3 September 2013*
 EC Finnland	*EN 1991-1-3:2003* *SFS-EN 1990-1-3/NA November 2007*
EC Norwegen	*EN 1991-1-3:2003* *NS-EN 1991-1-3/NA 2018*
 EC Griechenland	*EN1991-1-3:2003* *ELOT EN 1991-1-3*
 Schweiz	*SIA261:2020 Einwirkungen auf Tragwerke* *SIA261/1:2003 Ergänzende Festlegungen*

Annahmen Anwendungs-grenzen

Die Anwendbarkeit des Programms ist durch die jeweiligen Angaben der zu Grunde liegenden Norm begrenzt. Es folgt eine Liste solcher Begrenzungen für jede im Programm verfügbare Norm.

 Eurocode allgemein

- Der Algorithmus generiert Schneelasten auf Gebäudedächern. Es ist nicht empfohlen ihn für andere Bauwerke, wie zum Beispiel Brücken, zu benutzen.
- Der Algorithmus ist auf verschiedene Dachformen anwendbar. Er berücksichtigt den Effekt, den Giebel und Vertiefungen auf Schneeansammlungen haben beim berechnen der Schneelast angrenzend an den Giebel oder die Vertiefung. Es berücksichtigt nicht den Effekt auf Schneeansammlungen auf nicht angrenzende Dachebenen, deshalb ist es nicht empfohlen den Algorithmus

auf komplexe Dachgeometrien anzuwenden, wo solche Effekte eine signifikante Rolle spielen. Auch der EC 1-3 liefert keine Berechnungsangaben für solche Fälle.
- Die Höhe über Meer muss kleiner sein als 1500 m.
- Die Wirkung von Schnee der von einem höheren Dach runter fällt wird nicht miteinbezogen. Die Schneelast wird immer als statische Last behandelt.
- Eislasten werden nicht berücksichtigt.
- Seitliche Schneeansammlungen werden nicht berücksichtigt.
- Aussergewöhnliche Schneelasten mit Verwehungen nach Anhang B werden nicht berücksichtigt.
- Aussergewöhnliche Schneelasten werden nicht berücksichtigt.
- Es wird angenommen, dass das abrutschen des Schnees vom Dach nicht verhindert wird.
- Lokale Schneeansammlungen in der Umgebung von höheren Konstruktionen oder kleineren Vorsprüngen werden berücksichtigt.
- Schnee, der über die Dachkante hinausragt, wird berücksichtigt.
- Schneelast auf Schneeschutz wird nicht berücksichtigt.
- Das Programm kann eine Schneelast erzeugen, die einer beliebigen Wiederkehrperiode entspricht.


EC Deutschland
- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, gelten dessen Grenzen mit den folgenden Erweiterungen/Modifikationen:
- Die Methodik in 5.3.4 für mehrfeldrige Dächer ist nicht umgesetzt da es zu nicht eindeutigen Lastgenerierungen in 3D Fällen führen kann.
- Aussergewöhnliche Schneelast mit der gleichen Belastung wird berücksichtigt.


NTC Italien
- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, gelten dessen Grenzen.


EC Niederlande
- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, gelten dessen Grenzen.
- Da in den Niederlanden keine Meereshöhen über 1500m vorkommen ist diese Beschränkung nicht anwendbar.


EC Ungarn
- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, gelten dessen Grenzen.


EC Belgien
- Da die Berechnung auf dem allgemeinen Eurocode basiert, gelten die dort angegebenen Grenzwerte auch für diese Norm mit den unten aufgeführten Erweiterungen / Änderungen.
- In Belgien gibt es keine Höhen über 1500 m, daher ist die Höhenbegrenzung nicht anwendbar


EC Rumänien
- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, gelten dessen Grenzen.


EC Tschechien
- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, gelten dessen Grenzen.


EC Slowakai
- Da die Berechnung auf den Eurocode basiert, sind die Grenzwerte hier auch anzuwenden.
- Aussergewöhnliche Schneelast mit der gleichen Belastung wird berücksichtigt.


EC Polen
- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, gelten dessen Grenzen.


EC Dänemark
- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, gelten dessen Grenzen.


EC Österreich
- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, gelten dessen Grenzen mit den unten aufgeführten Erweiterungen:
- Der Algorithmus erzeugt verlässliche Werte unterhalb von 1500m. Für Werte oberhalb 1500m sollte die Schneelast nach 5.1 im EC 1-3 Na berechnet werden.

- Der Einfluss von Solarfeldern wie beschrieben im Anhang B im EC 1-3 NA ist nicht berücksichtigt.
- Es wird angenommen, dass der Einfluss der Schneelast grösser als 10m2 ist. Für Tragbauteile die beeinflusst werden durch kleinere Schneeflächen ist 9.2.1.1. in EC 1-3 NA zu berücksichtigen mit einem erhöhten sk in der Berechnung.
- Es wird angenommen, dass die totale Dachfläche kleiner 2000m2 ist. Für größere Dächer ist 9.2.1.2. im EC 1-3 NA anzunehmen und einen erhöhten sk für die Berechnung zu berücksichtigen.
- Der Einfluss kleiner Dachtraufen (h<0.5m) nach 9.2.1.3 im EC 1-3 NA ist nicht automatisch berücksichtigt.


EC Finnland

- Da die Berechnung auf dem allgemeinen Eurocode basiert, gelten die dort aufgeführten Grenzwerte auch für diese Norm.

EC Norwegen

- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, sind die dortigen Werte auch für diese Norm anwendbar.
- Der charakteristische Wert der Schneelast wird nach NA 4.1 berechnet – auch für Höhen über 1500 m.
- Aussergewöhnliche Schneelasten werden nicht berücksichtigt.


EC Griechenland

- Da die Berechnung auf dem allgemeinen Eurocode basiert, gelten die dort angegebenen Anwendungsgrenzen auch für diese Norm
- Der charakteristische Wert der Schneelaste wird nach NA 4.1.


Schweiz

- Der Algorithmus generiert Schneelasten auf Gebäudedächern. Es wird nicht empfohlen ihn auf andere Bauwerke, wie zum Beispiel Brücken, anzuwenden.
- Der Algorithmus ist auf verschiedene Dachgeometrien anwendbar. Er berücksichtigt den Effekt von Giebeln und Senkungen des Daches, welche Schneeansammlungen für die angrenzenden Dachflächen verursachen. Weiter entfernte Dachebenen werden nicht in die Berechnung miteinbezogen. Für komplexe Dachgeometrien wo solche Effekte eine signifikante Rolle spielen ist diese Anwendung nicht empfohlen. Für solche Fälle hat auch die SIA 261 keine Berechnungsangaben für die Schneelastberechnung.
- Die Höhe über Meer muss kleiner sein als 2000 m.
- Aussergewöhnliche Schneelasten werden nicht berücksichtigt.
- Es wird angenommen, dass das Abrutschen von Schnee vom Dach nicht verhindert wird.
- Lokale Schneeansammlungen in der Umgebung von höheren Konstruktionen und kleineren Vorsprüngen werden berücksichtigt.
- Schneeüberhänge über den Rand werden nicht berücksichtigt.
- Schneeüberhang an Dachkanten wird berücksichtigt.
- Die Software kann den Effekt von Schneefängern berücksichtigen.
- Das Programm berücksichtigt die Vergrösserung der Schneelasten auf grossen Dächern mit geringer Neigung. Wenn die Option *Nach maximaler Grösse* gewählt wird, muss die Referenzgrösse vom Benutzer eingegeben werden. In diesem Fall wird in jeder Lastebene eine vergrösserte Schneelast angesetzt. Wenn die Option *Nach zusammenhängenden Lastebenen* gewählt wird, wird die Grösse und die Geometrie jeder Gruppe von Lastebenen vom Programm analysiert. Eine vergrösserte Schneelast wird in jeder Gruppe von Lastebenen aufgrund der Ergebnisse der Analyse angesetzt. Diese Option funktionert nur für runde oder rechteckige Lastebenen.

Berechnungsdetails

Das System der Schneelastberechnung wird unten für jegliche Normen beschrieben.


Eurocode allgemein

- Die empfohlenen Werte werden für alle Faktoren angenommen, sofern sie nicht vom Anwender definiert wurden. Aus den Nationalen Anhängen werden keine Empfehlungen übernommen.
- Die Faktoren für Lastfallkombinationen, häufiger und quasi-ständiger Lastfall werden übernommen aus Tabelle 4.1 des EC 1-3.
- Der charakteristische Wert der Schneelast auf dem Boden soll von Anwender definiert werden.
- Schneelast auf dem Dach wird berechnet nach Eq. (5.1) im EC 1-3.

- Der Expositionskoeffizient basiert auf der vom Anwender gewählten Topographie. Der Ce Wert, der sich auf den Topographietyp bezieht, stammt aus der Tabelle 5.1 aus dem EC 1-3.
- Der thermische Koeffizient ist standardmässig auf 1.0 eingestellt und kann vom Anwender verändert werden, falls dies gerechtfertigt ist.
- Der Dachformfaktor für Schneelasten aus ebenen Flächen zusammengesetzten Dächern, wird berechnet nach Abschnitt 5.3.1 - 5.3.4 des EC 1-3.
- Die Formfaktoren für Schneelastfälle ohne Verwehungen basieren auf dem μ1 aus der Tabelle 5.2 des EC 1-3. Jede Fläche hat einen eigenen μ1 Wert welcher aufgrund der Neigung der Fläche berechnet wird.
- Die Formfaktor für Lastfälle mit Schneeverwehungen basieren auf dem μ2 aus der Tabelle 5.2. μ2 Werte für Vertiefungen werden nach Figur 5.4 des EC 1-3 berechnet unter Berücksichtigung der Neigung der angrenzenden Dachflächen in Windrichtung des gegebenen Schneelastfalls mit Verwehungen (e.g.: Eine horizontale Vertiefung in X Richtung ergibt keine Schneeansammlung wenn der Wind in X-Richtung weht, da die Neigung der angrenzenden Dachfelder = 0° sind.) Falls keine Durchlässe auf dem Dach vorhanden sind, werden die verwehten Laststellungen aus Figur 5.3 des EC 1-3 verwendet. Die reduzierte Schneelast wird immer auf der dem Wind ausgesetzten Seite des Daches angenommen.
- Der Formfaktor für Schneelasten für zylinderförmige Dächer werden nach 5.3.5. im EC 1-3 berechnet. Um eine ausreichende Genauigkeit zu erreichen wird empfohlen das Zylinderförmige Dach mit einer Annäherung aus mindestens 20 Flächenelementen zu modellieren.
- Der Effekt höheren Bauten und Hindernissen auf dem Dach werden nach 5.3.6. und 6.2. des EC 1-3 angenommen. Ihre Einflüsse werden nur bei Lastfällen mit Verwehungen berücksichtigt. Schneeverwehungen werden nur angenommen wenn die Mauer oder das Hindernis nicht parallel zur Windrichtung stehen.
- Schneelast, die über die Dachkante hinausragt, wird berücksichtigt gem. 6.3 in EC 1-3.
- Schneelast, die einer benutzerdefinierten Wiederkehrperiode entspricht, wird nach dem Verfahren in Anhang D der EC 1-3 berechnet.



EC Deutschland

- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, wird das dort dokumentierte Verfahren auch in dieser Norm angewandt mit den folgenden Modifikationen und Erweiterungen.
- Der Wert für die charakteristische Schneelast auf dem Boden wird automatisch berechnet nach 4.1 im EC 1-3 NA aus der vom Anwender eingegebenen Zone und Höhe über Meer.
- Eine außergewöhnliche Schneelast wird erstellt. Der Koeffizient für die außergewöhnliche Schneelast wird standardmässig mit 2.0. angenommen, sollte aber mit einem entsprechenden Wert aus 4.3. des EC 1-3 NA ersetzt werden für Anwender aus Norddeutschland.
- Der Einfluss von höheren Bauwerken auf dem Dach wird berechnet nach 5.3.6 des EC 1-3 NA.



NTC Italien

- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, wird das dort dokumentierte Verfahren auch in dieser Norm angewandt mit den folgenden Modifikationen und Erweiterungen.
- Der charakteristische Wert der Schneelast am Boden wird automatisch nach 4.1. des EC 1-3 NA berechnet mit Berücksichtigung der durch den Anwender gewählten Zone und Höhe über Meer.
- Der Wert für den Expositionskoeffizienten basiert auf 5.2 (7) im EC 1-3 NA.



EC Niederlande

- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, wird das dort dokumentierte Verfahren auch in dieser Norm angewandt mit den folgenden Modifikationen und Erweiterungen.
- Der charakteristische Wert der Schneelast am Boden wird als 0.7 kN/m2 angenommen aus 4.1 (1) im EC 1-3 NA.

- Die Faktoren für Lastfallkombinationen, häufige und quasi-ständige Lastfälle der Schneelast werden als 0, 0.2, und 0, respektive nach 4.2 (1) des EC 1-3 NA angenommen.



EC Belgien

- Da die Berechnung auf dem allgemeinen Eurocode basiert, wird das dort dargestellte Verfahren auch für diese Norm mit den unten aufgeführten Modifikationen / Erweiterungen angewendet.
- Die charakteristische Schneelast am Boden wird automatisch gemäss 4.1 (1) im EC 1-3 NA als Funktion einer benutzerdefinierten Höhe berechnet.
- Die Kombinationsfaktoren für häufige und quasi-ständige Lastkombinationen basieren auf EC 1-3 NA 4.2 (1).
- Die Expositions- und Temperaturkoeffizienten werden als 1.0 angenommen gemäss Regulierung der EC 1-3 NA 5.2 (7) und (8).
- Bei der Berechnung der Wirkung von grösseren Bauarbeiten wird die obere Grenze von μw als 2.0 definiert, gemäss EC 1-3 NA 5.3.6 (1).
- Der Effekt von Schneeüberhang auf dem Dach wird nicht berücksichtigt (EC 1-3 NA 6.3).



EC Ungarn

- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, wird das dort dokumentierte Verfahren auch in dieser Norm angewandt mit den folgenden Modifikationen und Erweiterungen.
- Der charakteristische Wert für die Schneelast am Boden wird automatisch nach NA 1.6 des EC 1-3 NA berechnet unter Berücksichtigung der von Anwender eingegebenen Höhe über Meer.
- Eine außergewöhnliche Schneelast wird erstellt. Als Koeffizient wird 2.0. angenommen nach NA1.8 des EC 1-3 NA.



EC Rumänien

- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, wird das dort dokumentierte Verfahren auch in dieser Norm angewandt mit den folgenden Modifikationen und Erweiterungen.
- Der charakteristische Wert der Schneelast auf dem Boden wird automatisch nach 3.1 des CR 1-3 berechnet mit Berücksichtigung des Basis sk Wertes und der vom Anwender eingegebenen Höhe über Meer.
- Schneelasten auf dem Dach werden den berechnet nach Eq. (4.1) des CR 1-3.
- Der Bedeutungsfaktor soll vom Anwender gewählt werden. Die Liste der vorgeschlagenen Werte basiert auf der Tabelle 4.2 im CR 1-3.
- Die Faktoren für Lastfallkombinationen, häufige und quasi-ständige Lastfälle werden als 0.7, 0.5, und 0.4, respektive nach Tabelle 4.4 des CR 1-3 angenommen.



EC Tschechien

- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, wird das dort dokumentierte Verfahren auch in dieser Norm angewandt mit den folgenden Modifikationen und Erweiterungen.
- Der charakteristische Wert der Schneelast am Boden basiert auf der Karte aufgeführt in 2.7 des EC 1-3 NA (www.snehovamapa.cz)
- Die Schneelastform Beiwerte für zylinderförmige Dächer werden nach 2.19 und Figur NA.1 des EC 1-3 NA berechnet.
- Der Effekt von höheren Bauwerken auf dem Dach wird berücksichtigt nach 2.20 des EC 1-3 NA mit der folgenden Annahme: b1,s = 0.5b1.



EC Polen

- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, wird das dort dokumentierte Verfahren auch in dieser Norm angewandt mit den folgenden Modifikationen und Erweiterungen.
- Der charakteristische Wert der Schneelast am Boden wird automatisch nach 1.7, Figur 1 und Tabelle 1 des EC 1-3 NA mit Berücksichtigung der vom Anwender eingegebenen Zone und Höhe über Meer.



EC Dänemark

- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, wird das dort dokumentierte Verfahren auch in dieser Norm angewandt mit den folgenden Modifikationen und Erweiterungen.
- Der charakteristische Beiwert von Schneelasten auf dem Boden wird mit 1.0KN/m2 angesetzt wie beschrieben in 4.1 (1) Punkt 1 im EC 1-3 NA.

- Die zusätzlichen Schneeanordnungen wie in 5.3.3(4) im EC 1-3 NA werden nicht berücksichtigt.
- Beiwerte für die Schneelast von Gewölbedächern werden nach 5.3.5. (3) im EC 1-3 NA berechnet.
- Der Einfluss von größeren Tragstrukturen wird nach 5.3.6. im EC 1-3 NA berücksichtigt mit folgenden Annahmen: (i) Der Schutz ist global; (ii) b_{sl} = 0.5b_1; (iii) Der Schutz ist auf der Wind abgewandten Seite.



EC Österreich

- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, gelten dessen Grenzen mit den unten aufgeführten Erweiterungen:
- Die charakteristische Schneelastauf dem Boden wird automatisch berechnet nach Formel (C1) im EC 1-3 NA mit den entsprechenden Zonen und Höhenlage.
- Beiwerte für die Schneelasten von Mehrspann-Satteldächern werden nach 9.2.3. im EC 1-3 NA berechnet.
- Beiwerte für die Schneelast von Gewölbedächern werden nach 9.2.4.3 im EC 1-3 NA berechnet.
- Die Anpassungen für die Berechnung von größeren Tragstrukturen wie in 9.2.5.1. im EC 1-3 NA beschrieben, werden nicht berücksichtigt.



EC Finnland

- Da die Berechnung auf dem allgemeinen Eurocode basiert, wird das dort vorgestellte Verfahren auch für diese Norm mit den nachfolgend aufgeführten Änderungen / Erweiterungen angewendet.
- Der charakteristische Wert der Schneelast auf dem Boden ist vom Benutzer anhand der Karte in Abbildung 4.1 in EC 1-3 NA anzugeben.
- Die Expositionskoeffizienten basieren auf Tabelle 5.1 in EC 1-3 NA.
- Die Schneelastanordnung von zylindrischen Dächern wird nach EC 1-3 berechnet. Die in Abbildung 5.6 in EC 1-3 NA eingeführte Anordnung von Einzellasten wird nicht angewendet. Dies könnte bei flachen zylindrischen Dächern zu erheblichen Fehlern führen.
- Die Änderungen zur Berechnung der Auswirkungen höherer Bauarbeiten in 5.3.6 (1) in EC 1-3 NA werden berücksichtigt. Die Fläche des Daches wird als grösser als 6 m^2angenommen.



EC Norwegen

- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, wird das dort präsentierte Vorgehen mit den unten aufgelisteten Anpassungen auch für diese Norm angewandt.
- Schneeverwehungen für runde Dächer werden nach NA 5.3.5 berechnet, spezielle Lastfälle für Schnee entlang von Dachüberhängen werden keine erstellt.
- Die Berechnung der Schneelast für Dächer, welche nahe höheren Gebäuden stehen, berücksichtigt nicht den Fall II nach NA 5.3.6(1).



Schweiz

- Die empfohlenen Werte werden für alle Koeffizienten angenommen ausser sie wurden vom Anwender speziell definiert.
- Der charakteristische Wert der Schneelast am Boden wird automatisch nach der Referenzhöhe berechnet. Die Referenzhöhe muss vom Anwender eingegeben werden nach der Karte in Anhang D.
- Die Schneelast auf dem Dach wird berechnet nach Eq. (9) der SIA261.
- Der Expositionskoeffizient basiert auf der Topographie welche der Anwender ausgewählt hat. Der Ce Wert der mit der jeweiligen Topographie korrespondiert stammen aus 5.2.4 der SIA261.
- Der thermische Koeffizient wird standardmäßig als 1.0. angenommen und sollte vom Anwender eingegeben werden, falls eine Änderung gerechtfertigt ist.
- Der Schneelastform Koeffizient für Dächer wird nach 5.3 und Figuren 2 und 3 der SIA261 berechnet. Jede Fläche hat ihren eigenen μ Wert welcher sich aus der Neigung der Fläche berechnet.
- μ2 Koeffizienten für Dachvertiefungen werden nach der zweiten Spalte der Figur 3 der SIA 261 berechnet, aufgrund der Neigungen der angrenzenden Dachfelder in Windrichtung des aktuellen Schneelastfalls. (Eine Vertiefung in X-Richtung zum Beispiel ergibt keine Schneeansammlungen wenn der

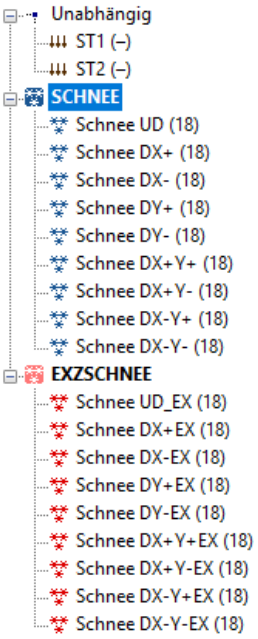
Wind in X-Richtung weht, wenn die angrenzenden Dachflächen eine Neigung von 0° haben.) Wenn keine Vertiefungen auf dem Dach vorhanden sind werden die Laststellungen nach der Figur 3 in der SIA 261 verwendet. Die reduzierte Schneelast wird immer an der dem Wind ausgesetzten Seite angenommen.

- Schneelastform Koeffizienten für zylinderförmige Dächer werden nach der dritten Spalte der Figur 3 der SIA261 berechnet. Um eine ausreichende Genauigkeit zu bekommen wird empfohlen das zylinderförmige Dach mit einer Annäherung aus mindestens 20 Flächenelementen zu modellieren.
- Die Effekte von höheren Bauwerken und Hindernissen werden nach SIA261 5.3.6 einbezogen. Es wird auch das Gewicht des Schnees mit den empfohlenen Werten aus 5.4.1. nach SIA 261 berücksichtigt. Der Einfluss der Bauwerke und Hindernisse werden nur in Lastfällen mit Verwehungen berücksichtigt. Es wird angenommen das Verwehungen nur entstehen wenn die Mauern oder Hindernisse nicht parallel zur Windrichtung stehen.
- Für grosse Dächer mit geringer Neigung wird die Vergrösserung der Schneelast nach SIA261 5.3.5 berechnet.
- Schneeüberhang wird berücksichtig nach EC 1-3 6.3.

Gebrauch

Die folgenden Paragraphen erklären den Gebrauch des automatischen Schneelast Generator Moduls.





Um Schneelasten anzuwenden muss zuerst über den Lastfälle und Lastgruppen Button einen Lastfall Schnee erstellt werden. Dies geschieht über das Schneelast Icon. Die Lastgruppe wird automatisch definiert. Ebenfalls wird eine Lastgruppe für außergewöhnliche Schneelast definiert, falls die Option angewählt ist und es nach jeweils geltender Norm verfügbar und erforderlich ist.

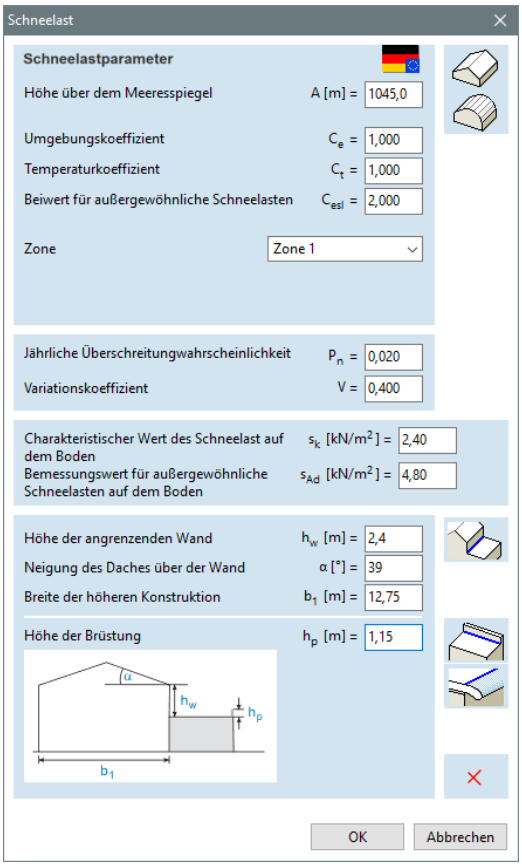
In der Schneelastgruppe wird ein temporärer Schneelastfall generiert. Nach der Eingabe der Schneelast Parameter wird dieser durch den definierten Schneelastfall ersetzt. Der Algorithmus behandelt Lastfälle mit Schneeverwehungen und ohne. Die Windrichtungen X+, X–, Y+, Y– und in Richtung 45°+*n**90° (wobei *n* = 0, 1, 2, 3) werden berücksichtigt. Für Details und Konventionen zur Benennung **siehe...** *4.10.1 Lastfälle, Lastfallgruppen.* Um die Schneelast Parameter einzugeben muss einer der Schneelastfälle angewählt werden. Daraufhin ist es möglich das Schneelast Icon im Register Lasten anzuwählen.

Falls noch keine Lastebenen generiert wurden, können diese neu gezeichnet werden. **Vergleich...** *4.10.12 Lastebenen*



Schneelast Parameter können mit einem Klick auf das Schneelast Symbol im Lasten Register eingegeben werden. Der Parameterdialog erlaubt die Auswahl eines Giebeldaches (auch Flachdächer) oder eines Bogendaches um Lastebenen zuzuordnen.

Schneelast Parameter



Zwei Dachformen können den Lastebenen zugeordnet werden. Mit einem Klick wird die zutreffende angewählt.


Giebeldach (oder Flachdach)


Bogendach

Schneelast Parameter:

Höhe über dem Meeresspiegel
Die charakteristische Schneelast am Boden ist abhängig von der klimatischen Region und der Höhe über Meer. Größere Höhen führen normalerweise zu grösseren Schneelasten. Das Programm berechnet die Schneelast Intensität aufgrund dieser Parameter.

Umgebungskoeffizient
Im Falle spezieller Umstände kann ein Umgebungsfaktor ungleich 1 eingesetzt werden. (dem Wind *ausgesetzt, normal, geschützt* oder *andere*). Es kann auch ein benutzerdefinierter C_e Wert eingegeben werden. In diesem Fall fragt das Programm nach Bestätigung und führt dann die Berechnung aufgrund dieses Faktors aus.

Temperatur Koeffizient
Der Temperatur Koeffizient C_t kann nur ungleich 1 gesetzt werden, wenn der Ingenieur eine Wärme Durchlässigkeitsberechnungen für das Dach durchgeführt hat (Wärmeverlust verursacht schmelzen des Schnees). In diesem Fall fragt das Programm nach Bestätigung und verwendet danach den eingegebenen Wert.

Beiwert für außergewöhnliche Schneelast
In gewissen Ländern fordert die Norm eine Prüfung auf außergewöhnliche Schneelasten. Diese werden aus den charakteristischen Schneelasten multipliziert mir dem Faktor C_{esl}. Berechnet. Es können auch eigene Werte eingegeben werden, das Programm fragt dann nach Bestätigung.

Zone
In Länder, wo die charakteristische Schneelast von der geografischen Lage abhängt, ist das Land in Zonen aufgeteilt. Die Wahl der entsprechenden Zone beeinflusst die charakteristische Schneelast.

Bedeutungsfaktor
Ein Bedeutungsfaktor kann abhängig von der Gebäudeklassifikation eingegeben werden, falls es von der Norm verlangt wird. Werte welche nicht einem Standardwert entsprechen können auch eingegeben werden.
Jährliche Überschreitungswahrscheinlichkeit und Variationskoeffizient
Eingabedaten, die zur Berechnung der Schneelast für eine benutzerdefinierte Rückkehrperiode benötigt werden. Die Standardwerte entsprechen dem Standardzeitraum von 50 Jahren.

Charakteristischer Wert der Schneelast am Boden
AxisVM berechnet den s_k und den s_{Ad} Wert aufgrund der obigen Parameter. Diese Werte können auch manuell eingegeben werden. Das nachträgliche ändern der obigen Parameter hat dann jedoch keinen Einfluss mehr auf den Wert der Schneelast.

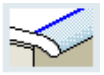
AxisVM berechnet Schneelast Form Koeffizienten für Dächer, welche an eine höhere Konstruktion angrenzen oder eine Brüstung haben, welche als Hindernis wirkt.
Die Parameter sind mit den jeweiligen Rändern verknüpft, so dass verschiedene Ränder verschiedene Parameter erhalten können.



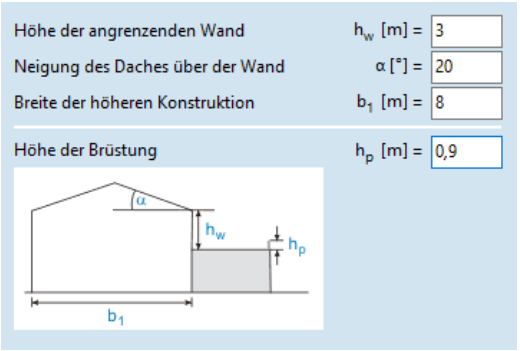
Wahl der Ränder angrenzender Wände
Um die Dachränder wo sich die angrenzenden Wände befinden zu definieren ist die Eingabe der Parameter h_w, α, b_1 erforderlich, danach werden mit einem Klick auf das icon die jeweiligen Linien ausgewählt.



Wahl des Brüstungsrandes
Um Brüstungen zu definieren, muss zuerst der h_p Parameter eingegeben werden, danach wird die Lage der Brüstung mit einem Klick auf das zweite Symbol gewählt.



Dachränder mit überhängendem Schnee
Auf das Symbol klicken um Ränder für überhängenden Schnee auszuwählen.



Höhe der angrenzenden Wand [m]
Die Höhe h_w der angrenzenden Wand wird relativ zur Dachhöhe eingegeben.

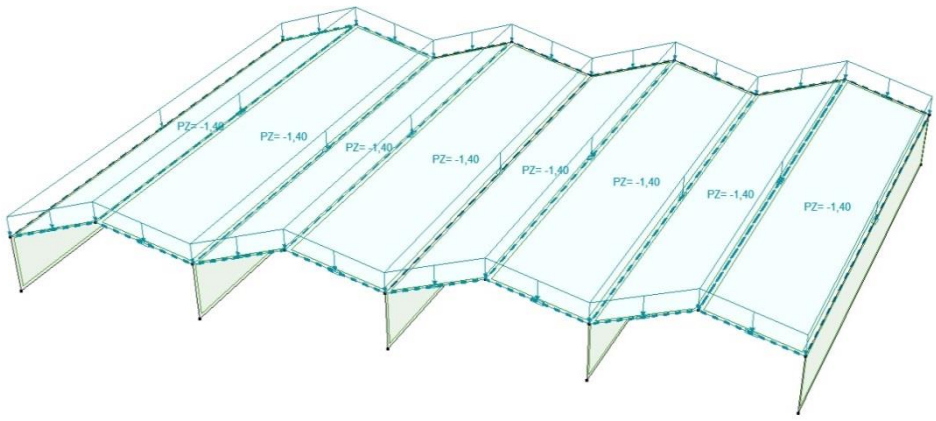
Neigung des Daches über der Wand
α ist der Winkel des Daches über der angrenzenden Wand. Er bestimmt die Menge des Schnees, der vom höheren Dach runter fällt.

Breite der höheren Konstruktion
b_1 ist die Breite der höheren Konstruktion, rechtwinklig zur Wand gemessen.

Brüstungshöhe
h_p ist die Höhe der Brüstung oder anderer Hindernisse, relativ zur Dachhöhe gemessen.



Löschen
Umrandungseinstellungen können mit einem Klick auf das Delete Icon und anschliessender Wahl des Randes gelöscht werden.



4.10.14. Windlasten – SWG Modul

Hintergrund Normen

Windlasten werden vom Programm automatisch generiert, jeweils gemäß der im Land geltenden Normen. Die Normen im Programm für welche Windlast Generierung verfügbar ist sind unten aufgelistet. Die nationalen Bemessungsstandards welche als Berechnungsbasis für das Programm dienen sind auch aufgelistet.

Eurocode general	*EN 1991-1-4:2005 (EC 1-4)* *Eurocode 1 Einwirkungen auf Tragwerke* *Part 1-4 Einwirkungen – Wind Einwirkungen*
EC Deutschland	*EC 1991-1-4:2005* *DIN EN 1991-1-4/NA Dezember 2010*
NTC Italien	*EC 1991-1-4:2005* *UNI EN 1991-1-4/NA Juli 2007* *NTC 2018*

EC Niederlande	*EC 1991-1-4:2005* *NEN EN 1991-1-4/NB November 2007*
EC Ungarn	*EC 1991-1-4:2005* *MSZ EN 1991-1-4/NA Januar 2016*
EC Rumänien	*CR 1-1-4/2012* *conform with SR EN 1991-1-4*
EC Tschechien	*EC 1991-1-4:2005* *CSN EN 1991-1-4/NA Juli 2013*
EC Slowakei	*EC 1991-1-4:2005* *CSN EN 1991-1-4/NA Juli 2013*
EC Belgien	*EC 1991-1-4:2005* *NBN EN 1991-1-4/ANB Dezember 2010*
EC Polen	*EC 1991-1-4:2005* *PN EN 1991-1-4/NA Oktober 2008*
EC Dänemark	*EC 1991-1-4:2005* *EN 1991-1-4 DK NA Juli 2015*
EC Österreich	*EN 1991-1-4:2005* *ÖNORM B 1991-1-4 May 2013*
EC Finnland	*EN 1991-1-4:2005* *SFS-EN 1991-1-4/NA November 2007*
EC Norwegen	*EN 1991-1-4:2005* *SN-EN 1991-1-4/NA 2009.*
EC Griechenland	*EN 1991-1-4:2005* *ELOT EN 1991-1-4*
Schweiz	*SIA261:2020 Einwirkungen auf Tragwerke* *SIA261/1:2003 Ergänzende Festlegungen*

Annahmen Begrenzungen der Anwendung

Die Anwendbarkeit des Algorithmus des Programms ist limitiert durch die Anwendbarkeit der Spezifikationen der jeweiligen Norm. Es folgt eine Liste für die Grenzen der im Programm enthaltenen Normen.

Eurocode

- Der Algorithmus kann die Windlast von rechteckigen Gebäuden, rechteckigen Vordächern, freistehenden Wänden und Schildern bestimmen. Gebäude sind Strukturen mit einem leeren inneren Raum, der von einer geschlossenen Linie von Wänden umgeben und von einem Dach bedeckt ist.
- Die folgenden Arten von Dächern werden durch den Algorithmus für Gebäude behandelt: Flachdach, einseitiges Giebeldach, zweiseitiges Giebeldach, Walmdach, Bogendach.
- Die folgenden Arten von Vordächern werden durch den Algorithmus behandelt: einseitiges und zweiseitiges Giebeldach.
- Die Höhe und die Breite des Gebäudes dürfen 200 m nicht überschreiten.
- Der globale Windeffekt für das Tragwerk wird bestimmt. Daher werden Druckkoeffizienten mit der Annahme von mindestens 10 m^2 belasteter Fläche berechnet. Die Windlast von Vordächern und freistehenden Objekten basiert auf Kraftkoeffizienten.
- Der Einfluss benachbarter Tragwerke und Hindernisse wird als vernachlässigbar angenommen.
- Bei der Berechnung der inneren Druckbeiwerte wird davon ausgegangen, dass das Gebäude keine dominante Aussenöffnung hat. Interner Druck wird nur für Gebäude berechnet.

	- Der Tragwerksfaktor $c_s c_d$ wird als 1.0 angenommen (entsprechende Anwendungsgrenzen sind unter 6.2 (1) der EC 1-4 aufgelistet). - Der Einfluss von Eis und Schnee auf die Windlast wir als unerheblich angenommen.
 EC Deutschland	- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, gelten dessen Grenzen mit den folgenden Erweiterungen/Modifikationen: - Gebäudehöhe < 300 m - Höhe des Gebäudes über Meeresspiegel < 1100 m
 NTC Italien	- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, gelten dessen Grenzen mit den folgenden Erweiterungen/Modifikationen: - Höhe des Gebäudes über Meeresspiegel < 1500 m
 EC Niederlande	- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, gelten dessen Grenzen.
 EC Ungarn	- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, gelten dessen Grenzen.
 EC Rumänien	- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, gelten dessen Grenzen mit den folgenden Erweiterungen/Modifikationen - Höhe über Meer des Gebäudes < 1000 m (Für Gebäude in Südwest Banat und in Gegenden mit einer Höhe über 1000m ist eine spezielle Prüfung notwendig. Die Basis Windgeschwindigkeit muss vom Benutzer bestimmt werden.)
 EC Tschechien	- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, gelten dessen Grenzen.
 EC Slowakai	- Da die Berechnung auf den Eurocode basiert, sind die Grenzwerte hier auch anzuwenden.
 EC Belgien	- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, gelten dessen Grenzen.
 EC Polen	- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, gelten dessen Grenzen.
 EC Dänemark	- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, gelten dessen Grenzen.
 EC Österreich	- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, gelten dessen Grenzen.
 EC Finnland	- Da die Berechnung auf dem allgemeinen Eurocode basiert, gelten die dort aufgeführten Grenzwerte auch für diese Norm.
 EC Norwegen	- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, sind die dortigen Werte auch für diese Norm anwendbar.
 EC Griechenland	- Da die Berechnung auf dem allgemeinen Eurocode basiert, gelten die dort angegebenen Anwendungsgrenzen auch für diese Norm.
 Schweiz	- Der Algorithmus ist nur anwendbar auf Bauwerke mit einem rechteckigen Grundriss, einem freien inneren Raum umgeben von geschlossenen Wänden und mit einem Dach. - Gebäudehöhe < 200 m - Winddruck Koeffizienten sind gleich dem EC 1-4 berechnet; Dächer folgenden Typen sind verfügbar: Flachdach, einseitiges Giebeldach, Giebeldach, Walmdach, und Bogendach - Windbeeinflussungen werden für die Gesamttragstruktur berechnet, daher wird eine Lastfläche von mindestens 10m2 angenommen. - Der Einfluss von Windreibung wird als unerheblich angenommen. - Der Einfluss von Nachbargebäuden und Hindernissen wird als unerheblich angenommen. - Es wird angenommen, dass das Gebäude keine massgebende Seite hat.

Berechnungsdetails

Das System der Windeffekt Berechnung wir folgend für jede im Programm verfügbare Norm erläutert.

Eurocode

- Die empfohlenen Werte werden für alle Koeffizienten angenommen falls sie nicht durch den Anwender manuell geändert wurden. Empfehlungen aus den nationalen Anhängen wurden nicht verwendet.
- Die Grund-Windgeschwindigkeit ist berechnet nach Gleichung (4.1) in 4.2 (2) des EC 1-4
- Die Geländerauheit ist berechnet nach Gleichung (4.4) in 4.3.2 (1) des EC 1-4
- Die Gelände Orographie wird durch den Faktor co, berücksichtigt, die Berechnung des Faktors muss jedoch vom Anwender vorgenommen werden.
- Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit wird berechnet nach (4.3) in 4.3.1 (1) des EC 1-4
- Die Intensität von Windturbulenzen wird berechnet nach Gleichung Eq. (4.7) in 4.4 (1) des EC 1-4
- Referenzhöhen sind berechnet nach 7.2.2 (1) in EC 1-4
- Der maximale Staudruck berechnet sich nach Gleichung (4.8) in 4.5 (1) im EC 1-4
- Winddruck Koeffizienten für Wände von Gebäuden werden berechnet nach 7.2.2 (2) im EC 1-4. Als eine konservative Annahme wird das Fehlen der Korrelation zwischen Winddrücken zwischen der windwärts gerichteten Seite und der Leeseite nicht berücksichtigt.
- Aussendruck Koeffizienten für Dächer von Gebäuden werden berechnet nach 7.2.3 – 7.2.6 und 7.2.8 im EC 1-4.
- Innendruck Koeffizienten werden entweder basierend auf einem μ Wert (bestimmt vom Eq. (7.3) in EC 1-4 und vom Anwender eingegeben) aus der Fig. 7.13 in EC 1-4, oder auf benutzerdefinierten c_{pi} Werten berechnet. Sollte der Anwender sich entscheiden weder einen μ- noch einen c_{pi}-Wert einzugeben, werden zwei Standardfälle berücksichtigt mit den Werten c_{pi} = +0.2 und c_{pi} = -0.3 nach 7.2.9 (6) NOTE 2 in EC 1-4.
- Torsionseffekte werden berechnet nach 7.1.2 im EC 1-4.
- Druck auf der Unterseite von Ecken bei Dachüberständen wird berücksichtigt wie nach EC 1-4 7.2.1 der Druck von verbundenen Wänden.
- Die Windlast von Vordächern wird gemäss EC 1-4 7.3 bestimmt. Die generierte, flächenverteilte Last ist kompatibel mit den Druckkoeffizienten für die Zonen A, B, C, D und ergibt eine Windlast, deren Stärke und Position vom Krafkoeffizienten bestimmt werden.
- Windlasten von freistehenden Wänden werden gemäss EC 1-4 7.4.1-7.4.2 berechnet.
- Windlasten von Schildern werden gemäss EC 1-4 7.4.3 berechnet.
- Der Effekt der Windreibung wird gemäss EC 1-4 7.5 ermittelt.

EC Deutschland

- Da die Berechnung auf dem Eurocode basiert, wird das dort dokumentierte Verfahren auch in dieser Norm angewandt mit den folgenden Modifikationen und Erweiterungen:
- Die Basiswindgeschwindigkeit basiert auf der Figur NA.A.1 des EC 1-4 NA. Die Höhe über Meer des Gebäudes wird berücksichtigt nach A.2 des EC 1-4 NA.
- Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit und die Intensität der Turbulenzen wird berechnet nach Tabelle NA.B.2 in EC 1-4 NA.
- Der maximale Staudruck wird berechnet nach Gleichung (NA.B.11) in NA.B.4.1 (4) in EC 1-4 NA
- Druckfaktoren für Wände werden berechnet nach Tabelle NA.1 in EC 1-4 NA.
- Druckfaktoren für Flachdächer sind angepasst entsprechend nach 7.2.3 in EC 1-4 NA



NTC
Italien

- Da die Berechnung auf dem Eurocode basiert, wird das dort dokumentierte Verfahren auch in dieser Norm angewandt mit den folgenden Modifikationen und Erweiterungen:
- Die Basiswindgeschwindigkeit wird berechnet mit den Parametern aus der Tabelle N.A.1 in EC 1-4 NA.
- Die Geländeunebenheit wird mit 3.3.7 in NTC 2018 berechnet.
- Die Windlastverteilung für Wände von schlanken Gebäuden ist nicht variabel gemäss EC 1-4, sondern einheitlich gemäss den Bestimmungen in 3.3 in NTC 2018.
- Druckkoeffizienten für Wände basieren auf Tabelle IV. in 3.3 in NTC 2018.
- Die Lastbereichsgeometrie und die entsprechenden Druckkoeffizienten für Dächer basieren auf 3.3 in NTC 2018.
- Globale Druckkoeffizienten nach NTC 2018 werden nicht berücksichtigt.
- Die automatische Innendruckberechnung basiert auf 3.3 in NTC 2018 mit c_{pi} =±0.2.



EC
Niederlande

- Da die Berechnung auf dem Eurocode basiert, wird das dort dokumentierte Verfahren auch in dieser Norm angewandt mit den folgenden Modifikationen und Erweiterungen:
- Die Basiswindgeschwindigkeit wird nach den Zonen in der Figur NB.1 und den korrespondierenden Werten der Tabelle NB.1 in EC 1-4 NA vorgeschlagen.
- Die Gebäuderauheit wird berechnet nach Eq. (4.5) und Tabelle 4.1 in EC 1-4 NA
- Winddruckkoeffizienten für Wände werden berechnet nach Tabelle 7.1 in EC 1-4 NA. Das Fehlen der Korrelation zwischen Winddrücken zwischen der windwärts gerichteten Seite und der Leeseite wird immer durch multiplizieren der Winddruckintensität mit 0.85 berücksichtigt.
- Aussendruck Koeffizienten für Dächer werden berechnet nach Tabelle 7.2, 7.3a, 7.3b, 7.4a, 7.4b, und 7.5 in EC 1-4 NA.



EC
Ungarn

- Da die Berechnung auf dem Eurocode basiert, wird das dort dokumentierte Verfahren auch in dieser Norm angewandt mit den folgenden Modifikationen und Erweiterungen:
- Als Basiswindgeschwindigkeit wird 23.6 m/s angenommen nach NA4.1 in EC 1-4 NA.
- Der empfohlene Wert von cdir = 1.00 in NA 4.2 in EC 1-4 NA wird berücksichtigt.



EC
Rumänien

- Da die Berechnung auf dem Eurocode basiert, wird das dort dokumentierte Verfahren auch in dieser Norm angewandt mit den folgenden Modifikationen und Erweiterungen:
- Die Basiswindgeschwindigkeit wird berechnet nach Eq. (2.2) und Fig. 2.1 in CR 1-4.
- Der Bedeutungsfaktor wird bei der Intensitätberechnung des Winddrucks nach Eq. (3.1) und (3.2) in CR 1-4 berücksichtigt.



EC
Tschechien

- Da die Berechnung auf dem Eurocode basiert, wird das dort dokumentierte Verfahren auch in dieser Norm angewandt mit den folgenden Modifikationen und Erweiterungen:
- Die Basiswindgeschwindigkeit basiert auf der Windkarte der Tschechischen Republik in Figur NA.4.1 in EC 1-4 NA.



EC
Slovakian

- Da die Berechnung auf dem Eurocode basiert, ist das Vorgehen für diese Norm mit den unten aufgeführten Anpassung gleich.
- Standard Windgeschwindigkeit wird nach Tabelle EC 1-4 NA NB1 berechnet.
- Beiwerte für den äusseren Winddruck sind angepasst nach EC 1-4 NA 2.27–2.30.



EC
Belgien

- Da die Berechnung auf dem Eurocode basiert, wird das dort dokumentierte Verfahren auch in dieser Norm angewandt mit den folgenden Modifikationen und Erweiterungen:
- Die Basiswindgeschwindigkeit basiert auf der Windkarte von Belgien in Figur 4.3 in EC 1-4 NA.
- Die Koeffizienten cdir und cseason welche in EC 1-4 NA empfohlen werden können vom Anwender berücksichtigt werden, die Grundeinstellung ist jedoch 1.0.
- Der Turbulenzenfaktor kl wird berechnet nach 4.4 in EC 1-4 NA.



EC Polen

- Da die Berechnung auf dem Eurocode basiert, wird das dort dokumentierte Verfahren auch in dieser Norm angewandt mit den folgenden Modifikationen und Erweiterungen:
- Die Basiswindgeschwindigkeit wird berechnet nach Tabelle NA.1 in EC 1-4 NA.
- Die cdir Koeffizienten werden in der Tabelle NA.2 in EC 1-4 NA empfohlen und können vom Anwender berücksichtigt werden. Die Grundeinstellung ist jedoch 1.0.
- Die Geländerauheit ist berechnet nach Tabelle NA.3 in EC 1-4 NA.



EC Dänemark

- Da die Berechnung auf dem Eurocode basiert, wird das dort dokumentierte Verfahren auch in dieser Norm angewandt mit den folgenden Modifikationen und Erweiterungen:
- Die Basiswindgeschwindigkeit wird als 24 m/s angenommen, aus 4.2 (1)P in EC 1-4 NA. Andere Werte (wie zum Beispiel für Gebiete die weniger als 25km von der Nordsee entfernt sind) müssen vom Anwender eingegeben werden.
- Die c_{dir} und c_{season} Koeffizienten werden in 4.2 (2)P in EC 1-4 NA empfohlen und können vom Anwender berücksichtigt werden. Die Grundeinstellung ist jedoch 1.0.
- Der Druckbeiwert für Zone 1 von Flachdächern wird nach 7.2.3(4) im EC 1-4 NA berechnet.



EC Österreich

- Da die Berechnung auf dem Eurocode basiert, wird das dort dokumentierte Verfahren auch in dieser Norm angewandt mit den folgenden Modifikationen und Erweiterungen:
- Standard Staudruck (q_b) sollte vom Anwender gemäß Anhang A im EC 1-4 NA verwendet werden.
- Der Spitzenstaudruck wird berechnet nach Tabelle 1 im EC 1-4 NA.
- Der vereinfachte Ansatz für die Druckbeiwerte im EC 1-4 NA ist nicht verfügbar. Der Beiwerte werden immer mit dem komplexeren und genaueren Verfahren berechnet.



EC Finnland

- Da die Berechnung auf dem allgemeinen Eurocode basiert, wird das dort vorgestellte Verfahren auch für diese Norm mit den nachfolgend aufgeführten Änderungen / Erweiterungen angewendet.
- Basiswindgeschwindigkeit für verschiedene Teile des Landes basiert auf 4.2 (1) P in EC 1-4 NA.
- Der aussergewöhnliche Wert für k_r gem. 4.3.2(1) in EC 1-4 NA wird berücksichtigt bei der Berechnung der Geländeunebenheit.



EC Norwegen

- Da die Berechnung auf dem generellen Eurocode basiert, wird das dort präsentierte Vorgehen mit den unten aufgelisteten Anpassungen auch für diese Norm angewandt.
- Der fundamentale Wert der Grundgeschwindigkeit des Windes (vb0) ist durch den Nutzer festzulegen.
- Der Grundwert der Windgeschwindigkeit wird berechnet unter Berücksichtigung des Höhenfaktors (calt). Der Höhenfaktor (calt) kann durch den Benutzer festgelegt werden, die Grundeinstellung des Wertes ist 1.
- Der Turbulenzfaktor (kl) kann individuell eingestellt werden. Die Grundeinstellung ist 1. Der Turbuenzfaktor wird für die Berechnung der Turbulenzintensität lv(z) benötigt.
- In der Berechnung des Rauhigkeitsfaktors werden kr, z0 und zmin nach EC 1-4 NA 4.3.2 (1) berücksichtigt.
- Im Fall von gewölbten Dächern und Domen werden die Spezifikationen der Zonen G und F nach NA 7.2.8 (1) berücksichtigt.
- Die Spezialfälle beschrieben in NA 4.3.2 (2) und NA 4.3.3 können nicht berücksicht werden.

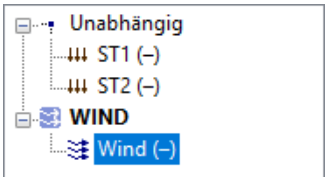
Schweiz

- Die empfohlenen Werte werden für alle Koeffizienten angenommen ausser sie werden von Anwender manuell definiert.
- Der Basiswert für den Staudruck (qp0) sollte vom Anwender eingegeben werden nach Anhang E der SIA 261
- Der maximale Staudruck wird berechnet nach Gleichung (11) in 6.2.1.1 in SIA 261
- Windfaktor ch wird nach Gleichung (12) in 6.2.1.2 SIA 261 nach den Parameter in Tabelle 4 berechnet, welche mit der Gewählten Geländekategorie korrespondieren.
- Der Winddruck wird nach Gleichung (13) (aussen) und Gleichung (14) (innen) in 6.2.2.1 der SIA 261 berechnet. Die dazugehörigen Druckkoeffizienten sind nicht aus dem Anhang C entnommen, sonder aus den Tabellen 7.2.3 – 7.2.6 und 7.2.8 des EC 1-4 um so eine allgemeiner Anwendbare Lösung anzubieten was auch in Einklang mit der Schweizer Bemessungspraxis ist.
- Der Reduktionsfaktor cred wird in allen Fällen als 1.0 angenommen.
- Der dynamische Faktor cd wird in allen Fällen als 1.0 angenommen. Die dazugehörigen Begrenzungen sind in der SIA 261 unter 6.3.5 aufgelistet.

Anwendung

Die folgenden Paragraphen erklären den Gebrauch des automatischen Windlastgenerator Moduls.





Um Windlasten gemäß Eurocode einzugeben, muss zuerst über das Icon *Lastfälle und Lastgruppen* ein Lastfall *Windlast* erstellt werden. Damit wird auch automatisch eine Wind Lastgruppe erstellt.In einem ersten Schritt wird ein temporärer Lastfall in der Wind Lastgruppe erstellt. Nach dem definieren der Lastebenen und der Eingabe der notwendigen Parameter ersetzt das Programm den temporären Lastfall mir den notwendigen Lastfällen. Für Details zu den Konventionen für die Benennung der Lastfälle.
Siehe... *4.10.1 Lastfälle, Lastfallgruppen.*

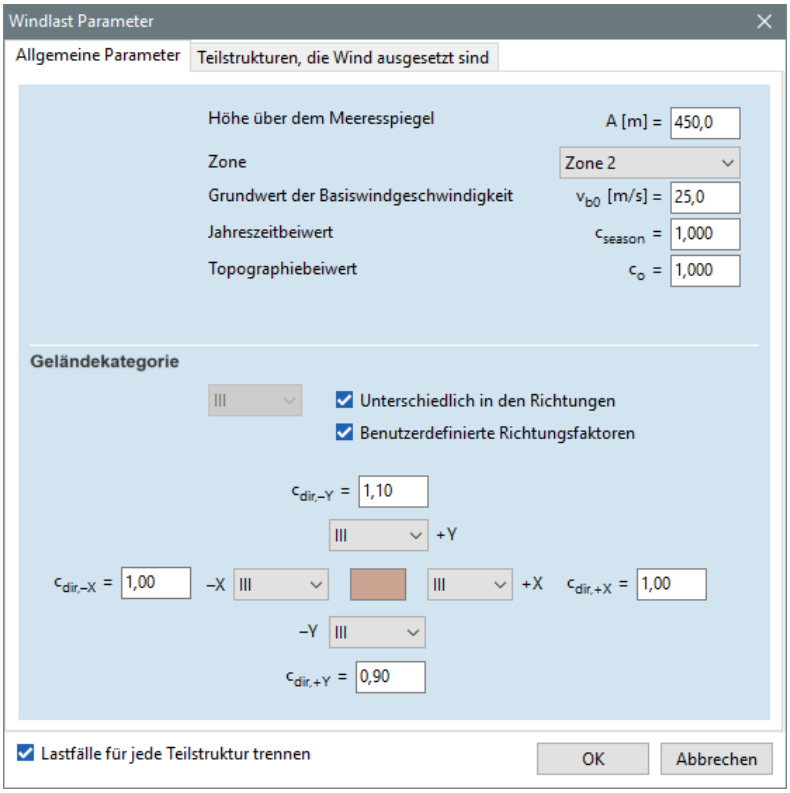


Um die Windlast Parameter einzugeben, muss ein Lastfall Windlast gewählt werden. Dies ermöglicht die Benutzung des Windlast Icons im Register *Lasten*. Wenn keine Lastebene definiert wurde müssen diese zuerst definiert werden, **siehe...** *4.10.12 Lastebenen*. Mit einem Klick auf das Windlast Icon öffnet sich das Windlast Parameter Dialogfenster.

Windlast Parameter

Zuerst definieren Sie die einzelnen Parameter und klicken dann auf das Symbol W*ählen sie Wand und Dachlastebenen* um die Lasten einzuführen.
Der erste Tab des *Windlast Parameter* Dialogs bezieht sich auf allgmeine Parameter, während im zweiten Tab Tragwerksspezifische Parameter definiert werden.

Allgemeine Parameter



Die folgenden Parameter können angegeben werden (einige Parameter werden für Standardbemessungen nicht verwendet):

Höhe über dem Meeresspiegel
Die Geländehöhe über Meer ist einer der Faktoren der die Windgeschwindigkeit in den meisten Ländern beeinflusst.
Wenn v_{b0} abhängig von A, v_{b0} ist, wird es automatisch berechnet.

Bedeutungsfaktor
Ein Bedeutungsfaktor kann abhängig von der Gebäudeklassifikation eingegeben werden, falls es von der Norm verlangt wird. Werte welche nicht einem Standardwert entsprechen können auch eingegeben werden.

Zone
In Länder wo die charakteristische Windgeschwindigkeit von der geografischen Lage abhängt wird das Land in Zonen aufteilt. Die ausgewählte Zone definiert automatisch die Basis Windgeschwindigkeit.

Basiswindgeschwindigkeit
v_{b0} wird automatisch aufgrund der obigen Parameter berechnet. Sie kann aber falls gewünscht auch manuell eingegeben werden.

Jahreszeitbeiwert
Je nach geltender Norm kann es möglich sein, die Windlasten mit einem Faktor c_{season} zu reduzieren. Dies gilt nur für temporäre Bauwerke. So wird berücksichtigt, dass die maximale Windgeschwindigkeit während der Zeitspanne in der das Bauwerk steht, nie auftritt. Die Bestimmung dieses Wertes wird der Verantwortung und Urteilsfähigkeit des Ingenieurs überlassen.

Höhenfaktor calt

Dieser Faktor kann nur in der norwegischen Norm eingegeben werden. Die Grundeinstellung ist 1. Der Faktor wird in der Berechnung der Grundgeschwindigkeit des Windes berücksichtigt. Der Wert des Faktors wird gemäss dem nationalen Anhang bestimmt.

Turbulenzfaktor kl

Dieser Faktor kann nur in der norwegischen Norm eingegeben werden. Die Grundeinstellung ist 1. Der Faktor wird in der Berechnung der Turbulenzintensität Iv(z) berücksichtigt. Bei anderen Normen werden die konstanten Werte berücksichtigt, welche jeweils den nationalen Anhängen zu entnehmen sind.

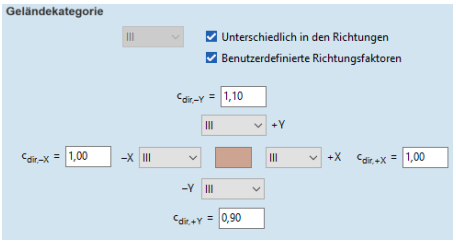
Topographiefaktor
Der c_o Faktor berücksichtigt den Effekt der Topografie (Hügel etc.) auf die Windgeschwindigkeiten. Die Norm gibt Empfehlungen wenn und wie dieser Faktor gebraucht wird.

Strukturfaktor $c_s \cdot c_d$
Dieser Faktor kann im niederländischen Code eingestellt werden, sein Standardwert ist 1. Dieser Faktor wird bei der Berechnung der Windeinwirkung berücksichtigt.

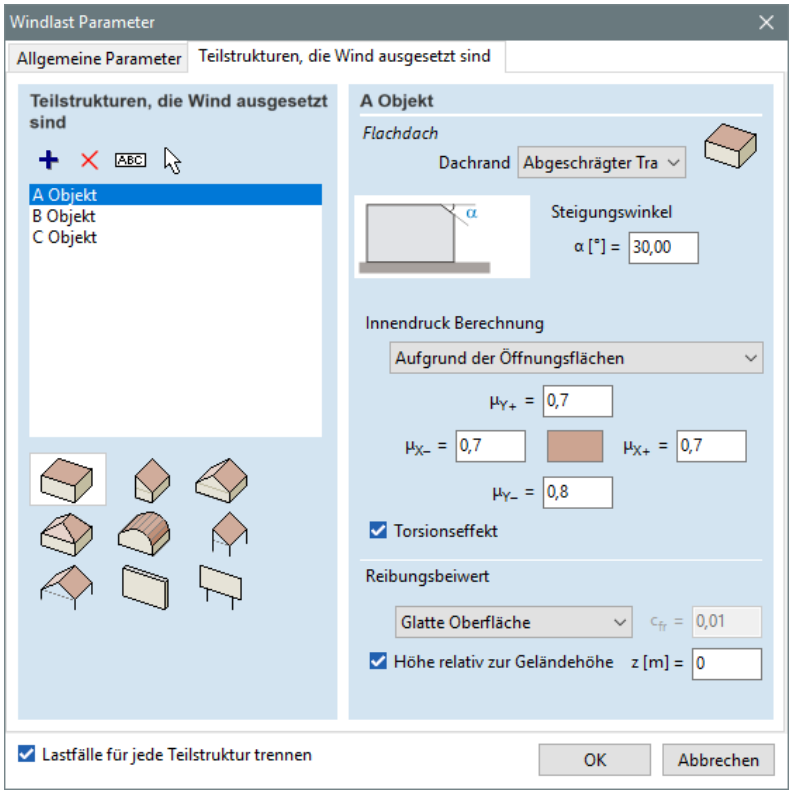
Geländekategorie
Hier wird von der Auswahlliste eine Geländekategorie gewählt. Jede Geländekategorie passt zu einer der unten folgenden Beschreibungen:

0	Meer, Küstengegend, angrenzend ans offene Meer
I	Seen oder flaches und horizontales Gelände mit unerheblichen Vegetation und ohne Hindernisse.
II	Gelände mit kleiner Vegetation wie Gras und vereinzelten Hindernissen (Bäume, Gebäude) mit ausnahmsweise mehr als 20m Höhe.
III	Gelände mit gleichmässiger Vegetation oder Bebauung oder mit einzelnen Objekten mit Abständen von weniger als die 20-fache Hindernishöhe (z.B. Dörfer, vorstädtische Bebauung, Waldgebiete)
IV	Gelände, in welchem mindestens 15 % der Fläche bebaut ist und die durchschnittliche Höhe der Gebäude 15 m überschreitet.

Wenn das Gelände sich in die verschiedenen Richtungen unterscheidet, kann mit der *Unterschiedlich in den Richtungen* Option das Gelände für jede Windrichtung individuell eingestellt werden.



Teilstrukturen, die Wind ausgesetzt sind



Teilstrukturen, die dem Wind ausgesetzt sind erlaubt die Definition strukturspezifischer Koeffizienten.

Das Programm kann die Windlast mehrerer unabhängiger Teilstrukturen berechnen. Es ist auch möglich, mehrere Teile des gleichen Tragwerks unabhängig als Unterstrukturen zu modellieren. Das

Programm kann Windlasten für solche Unterstrukturen zu einer allgemeinen Windlast für das gesamte Tragwerk kombinieren. Wenn das unerwünscht ist, klicken Sie auf *Lastfälle für jede Teilstruktur trennen* unten links.



Neue Teilstruktur erstellen

Wählen Sie zuerst einen Namen für die Teilstruktur und wählen sie anschliessend die entsprechende Lastebene. Die Liste der korrespondierenden Lastebenen wird angezeigt, wenn sie mit der Maus über den Namen fahren.



Teilstruktur löschen

Löscht die ausgewählte Teilstruktur.



Teilstruktur umbenennen

Ausgewählte *Teilstruktur umbenennen*



Teilstruktur ändern

Ändert die Lastebenenzuordnung der ausgewählten Teilstruktur.

Gebäude

Dachgeometrie

Wählen Sie das Symbol, welches die Dachgeometrie am besten beschreibt. Verfügbare Arten sind: Flachdach, einseitiges und zweiseitiges Giebeldach, Walmdach, Bogendach.

 *Flachdach*  *Einseitiges Giebeldach*  *Zweiseit. Giebeldach*  *Walmdach*  *Bogendach*

Nachdem die Dachgeometrie gewählt ist, können folgende Parameter definiert werden:

Dachrand für Flachdächer

Wenn ein Flachdach definiert ist, hat die Dachkante erheblichen Einfluss auf die Stärke der Windlast. Es stehen vier Optionen zur Verfügung: eckig (keine Parameter), mit Attika (Brüstungshöhe angeben), abgerundeter Traufbereich (Abrundungsradius angeben), abgeschrägter Traufbereich (Steigungswinkel angeben).

Torsionseffekte

Der Eurocode benötigt eine Überprüfung des Torsionseffekts für anfällige Bauwerke. Wenn diese Option angewählt ist, werden zusätzliche Windlastfälle für Torsion generiert.

Innendruck Berechnung

Vier Optionen stehen zur Verfügung, um den Innendruck zu bestimmen:

Approximativ:

Es werden zwei Gruppen von Windlasten generiert.

Aufgrund der Öffnungsflächen:

Der Benutzer definiert den Wert μ basierend auf der Verteilung von Öffnungen in verschiedenen Richtungen und das Programm berechnet den internen Druckkoeffizienten als Funktion dieser Werte. Wenn μ=0 angegeben wird, nutzt das Programm approximative Methoden in diese Richtung.

Faktoren für Innendruck:

Der Nutzer definiert die internen Druckkoeffizienten direkt.

Ausgeschaltet:

Das Programm wendet während der Windlastgenerierung keinen internen Druck an..

Höhe relativ zur Geländehöhe

Der tiefste Punkt der für die Windlast ausgewählten Lastebene wird standardmässig als ebenerdig angesehen. Die Option benutzerdefinierte Geländehöhe erlaubt es dem Anwender, diesen Punkt selber zu bestimmen. Dadurch kann der Anwender aufwendige Berechnungen durchführen, wie z.B. die Berücksichtigung der Windlast nur vom Dach.

Windreibung

Die Auswirkung der Windreibung wird standardmässig für jede Struktur berücksichtigt. Der Reibungskoeffizient, welcher der Oberfläche der Struktur entspricht, muss aus der Liste ausgewählt werden. Es ist auch möglich, einen benutzerdefinierten Wert für den Reibungskoeffizienten anzugeben. Windreibungseffekte können ignoriert werden, indem c_{fr} = 0 als benutzerdefinierten Wert gesetzt wird.

Überdachungen

Dachgeometrie

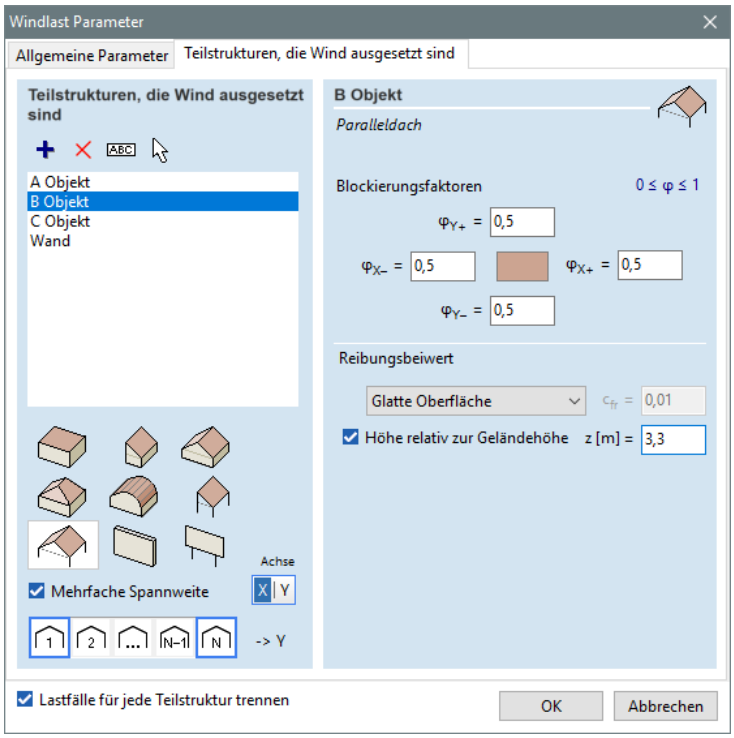
Wählen Sie das Symbol, welches die Dachgeometrie am besten beschreibt. Verfügbare Arten sind: Sheddach und Paralleldach.



Sheddach



Paralleldach



Nachdem die Dachgeometrie gewählt ist, können folgende Parameter definiert werden:

Blockierungsfaktoren

Der Blockierungsfaktor p beschreibt die Anzahl der Hindernisse, die sich unter dem Dach befinden, die den freien Luftstrom in der gegebenen Richtung blockieren können. Der Wert von 0.0 stellt eine leere Überdachung dar, während der Wert von 1.0 eine Überdachung darstellt, die in der entsprechenden Richtung vollständig blockiert ist. Ein Blockierungsfaktor kann für jede der vier Hauptrichtungen festgelegt werden. Beachten Sie, dass wenn die windzugewandte Seite einer Überdachung durch ein Hindernis vollständig blockiert wird, es sich lohnt, die Anwendung mehrerer Unterkonstruktionen und einer kombinierten Windlast zu erwägen. Die vollständig blockierte Seite kann in diesem Fall als Gebäude modelliert werden.

Mehrfache Spannweiten

Windlasten auf mehrfach gespannten Überdachungen werden über die Kombination einer Windlast auf eine Gruppe von Strukturen modelliert. Die Position (Endfeld, zweitletztes Feld einer Seite oder irgend ein anderes Feld) jeder Struktur soll über die Symbole unten links angegeben werden. Um eine generelle Windlast für die ganze Struktur zu erhalten, ist es wichtig, die Option *Lastfälle für jede Teilstruktur trennen* unten links zu deaktivieren.

Höhe relativ zur Geländehöhe

Wenn die für die Beschreibung der Geometrie ausgewählten Lastebenen keine Wandelemente enthalten (dies ist das typische Szenario), dann definiert der Algorithmus standardmässig die Geländeebene als den niedrigsten Punkt des Dachs. Dies ist in den meisten Fällen eine falsche Annahme, die korrigiert werden kann, indem der Abstand des tiefsten Punktes des Dachs von der Geländehöhe eingegeben wird.

Freistehende Strukturen

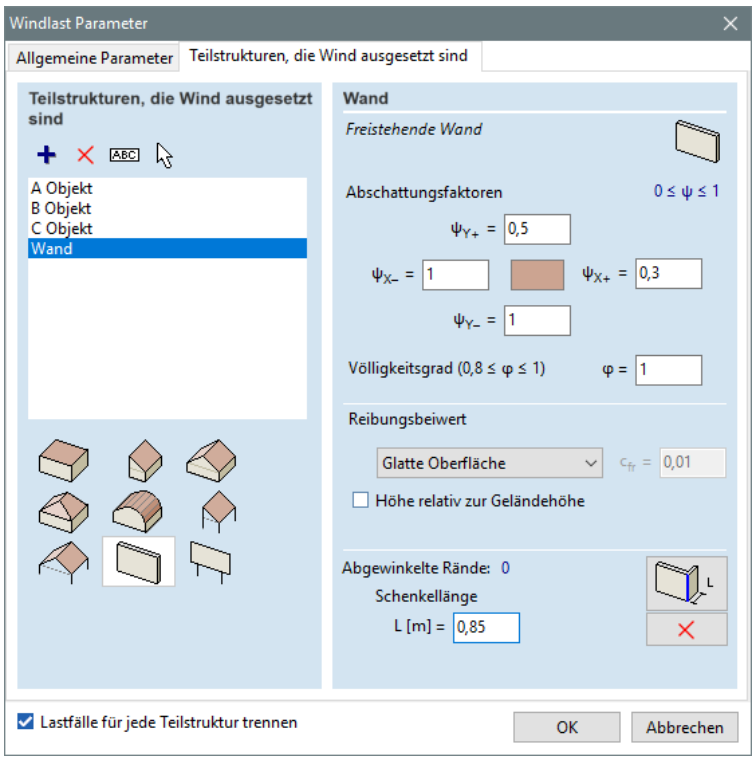
Die folgenden Arten freistehender Strukturen stehen für die automatische Windlastgenerierung zur Verfügung:



Freistehende Wand



Bezeichnungsschild



Nachdem der Strukturtyp gewählt ist, können folgende Parameter definiert werden:

Freistehende Wand

Abschattungsfaktoren

Abschattungsfaktoren berücksichtigen zusätzliche Wände oder Zäune, die den Winddruck verringern können, der auf die modellierte Wand wirkt. Für die vier Hauptrichtungen können verschiedene Abschattungsfaktoren angegeben werden.

Völligkeitsgrad

Der Völligkeitsgrad ist proportional zur Anzahl der Öffnungen in der Wand. 1,0 entspricht einer durchgehenden Wand. Wände mit einem Völligkeitsgrad unter 0,8 sind als Zäune zu berechnen und liegen ausserhalb des Geltungsbereichs des Algorithmus.

Höhe relativ zur Geländehöhe

Bezeichnungsschilder, deren Abstand vom Boden weniger als ein Viertel ihrer Eigenhöhe beträgt, sollen als freistehende Wände modelliert werden, deren Höhe hier angegeben wird.



Abgewinkelte Ränder

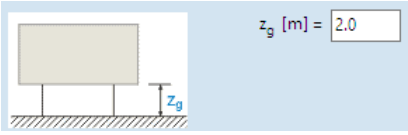
Die Windlast einer Wand mit Flügelwänden hängt von deren Länge an jedem Ende der Wand ab. Zuerst wird die Länge der Flügelwand angegeben und dann - nach einem Klick auf das Symbol der Flügelwände – die entsprechende Kante im Modell angeklickt. Nur die Länge der Flügelwand hat Auswirkungen auf die berechnete Windlast, die Richtung nicht.

Löschen Sie alle abgewinkelten Ränder, indem Sie auf *Flügelwände von Kanten aus löschen* drücken:



Bezeichnungsschild

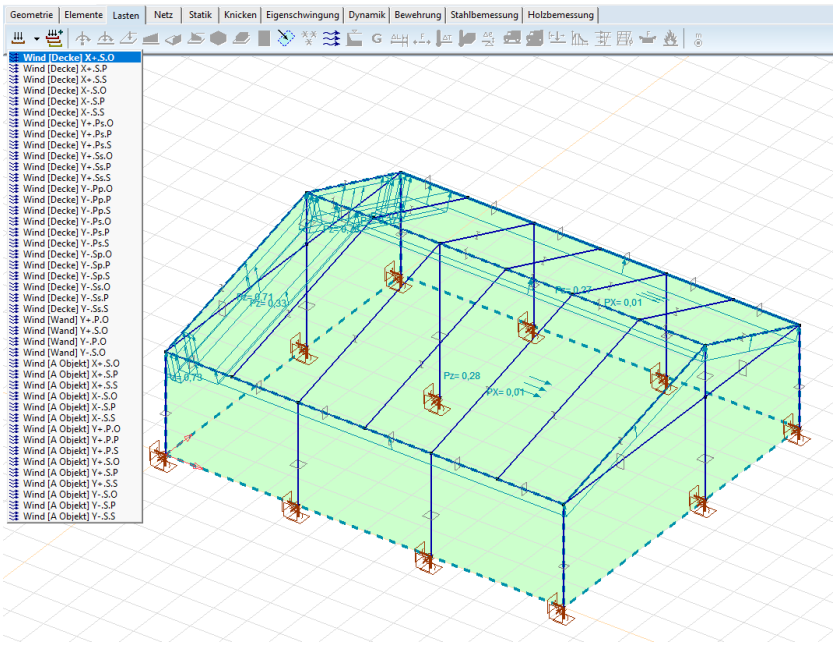
Die Berechnung der Windlast auf Bezeichnungsschilder benötigt lediglich deren Abstand vom Boden.



Wählen sie Wand- und Dachlastebenen

Nach anklicken dieses Buttons können die Lastebenen ausgewählt werden, welche die Wände und Dächer des Bauwerks vertreten. Lastebenen werden automatisch als Wände oder Dächer aufgrund von ihrer Geometrie identifiziert.

Nach einem Klick auf OK werden die Windlasten für die ausgewählten Lastebenen automatisch generiert.

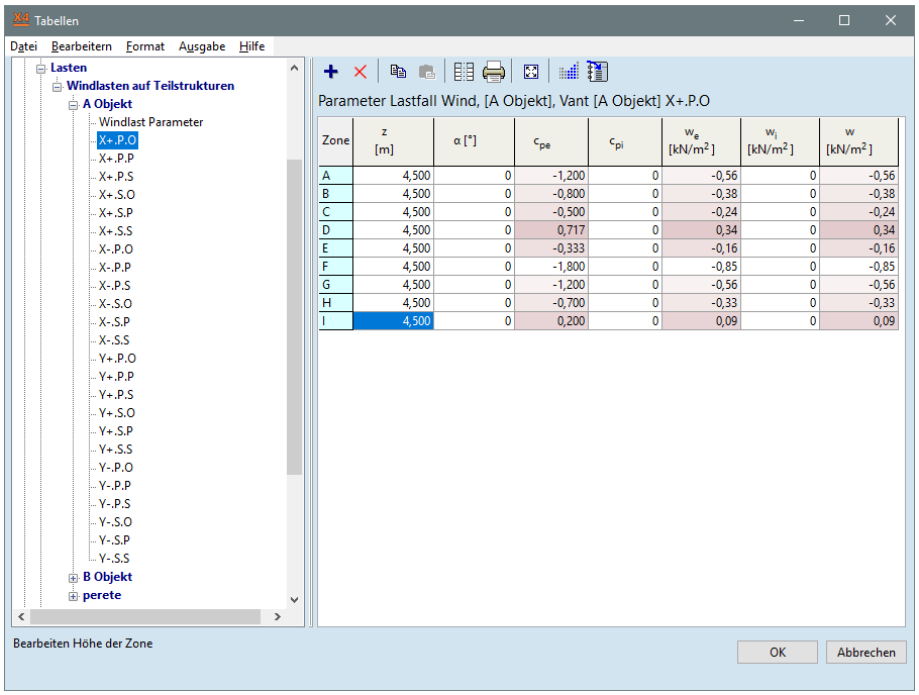


Windlast Daten

Nachdem die Windlasten generiert wurden, sind alle mit der Berechnung verknüpften Daten im Tabellenbrowser unter Lasten/ *Windlast auf Substrukturen* verfügbar.

Windlast Parameter fasst alle Lastfall unspezifischen Werte zusammen. Die Grundeinstellungen führen zu richtungsunabhängigen Windlasten. Das heisst, es werden für alle Richtungen die selben Parameter verwendet. Wenn der Anwender richtungsabhängige Parameter definiert hat, variieren diese Werte je nach Richtung.

Lastfall Wind Parameter fasst die spezifischen Parameter für jeden Windlastfall zusammen.Diese sind gruppiert nach den Zonen welche auf den ausgewählten Lastebenen erstellt wurden. Eine Nummer hinter der Zone indiziert dass es mehr als einer dieser Zonentypen im aktuellen Lastfall gibt. Wandzonen (A-E) sind für hohe Gebäude in zwei Arten unterteilt. "1" bezieht sich immer auf den unteren Teil, "2" auf den oberen. Multiple Dachzonen desselben Typs sind verfügbar für einseitiges Giebeldach (F) und Giebeldach (F-I).



4.10.15. Generieren der Windlast aus CFD-Dateien (Computational Fluid Dynamics) – CFD Modul

CFD-Schnittstelle



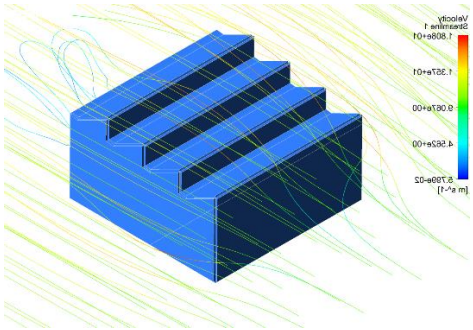
Die CFD-Schnittstelle ermöglicht die Anwendung einer Druckverteilung über Elemente oder Lastelemente. Den Normen ist die Berechnung des Staudrucks und der Windlasten nur für Strukturen mit einer einfachen Geometrie zu entnehmen *(4.10.14 Windlasten – SWG Modul)*.
Im Fall von Strukturen mit einer komplexeren Geomterie oder Strukturen, welche sich aus mehreren Bauteilen zusammensetzen, sind die Berechnungen der Normen nicht mehr anwendbar. In diesem Fall muss der Staudruck individuell mit einer numerischen Strömungsberechnung (CFD-Modell) oder mit Tests in Windtunneln ermittelt werden. Die CFD-Schnittstelle hilft dabei, die Ergebnisse dieser Methoden in AxisVM zu importieren. CFD ist ein generisches Schnittstellenmodul, um Drücke zu definieren, welche durch Fluide in der Bewegung verursacht werden.

Schritte zur Einführung der Last

Export eines STL-Files

Ein STL-File (*Stereo Lithography*) enthält die Daten eines dreickigen Netzes, welches die Oberfläche eines Körpers beschreibt.
Wählen Sie im Menu *Datei / Export* und anschliessend das STL-Dateiformat. Klicken Sie auf *CFD-Modell*. Ein 3D-Modell der Struktur wird erzeugt inklusive allen Bereichen und Lastelementen. Die entstandene Datei kann anschliessend in ein CFD-Programm geladen werden.

Import der Druckvertilung aus dem CFD-Programm



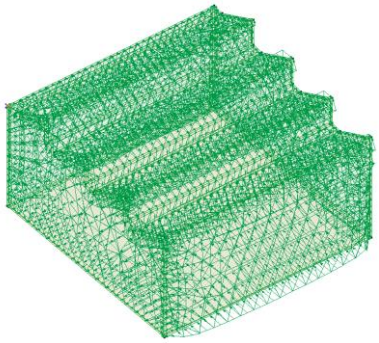
Das Modul importiert die Druckverteilung, welche vom CFD-Programm berechnet wurde und wendet sie als statische Windlast auf die Elemente des Axis-Modells an.
Die Werte der Druckverteilung müssen mit einem geeigneten Dateiformat importiert werden.

Das CFD-Modul ist in der Lage, die werte der Druckverteilung aus einem ASCII Text-File auszulesen. Dabei muss jede Zeile enthalten:

- globale x, y und z-Koordinaten
- einen Druckwert

Das Separatorzeichen zwischen diesen Werten kann ein Leerschlag, ein Komma oder ein Strichpunkt sein. Die Einheit des Druckes kann gewählt werden. Koordinaten müssen jedoch im Meter sein.

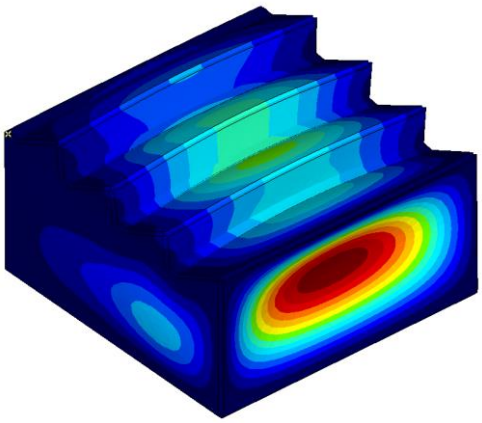
Interpolation des Druckfeldes



Die Schnittstellendatei, welche von der CFD-Datei erzeugt wurde, kann im Tab *Lasten* geladen werden, indem auf das Icon geklickt wird, welches zu Beginn des Abschnittes zu sehen ist. Die Lasten werden berechnet, indem das Druckfeld der Schnittstellendatei interpoliert wird.
Die importierten Druckpunkte werden in einem dreieckigen Netz interpoliert, wobei in jedem Dreieck eine lineare Druckverteilung angenommen wird. Die Resultierende dieser linearen Verteilung wird der Resultierenden des ursprünglichen Netzes gleichgestellt. Falls einem Druckpunkt keine Oberfläche in AxisVM zugeordnet werden kann (oder die Oberfläche nicht eindeutig erkannt werden kann), wird eine Warnung ausgegeben.

☞ ***Mit diesem Vorgehen werden Lasten an den Kanten ignoriert, da Oberflächen nicht eindeutig einer Kante zugeordnet weden können.***

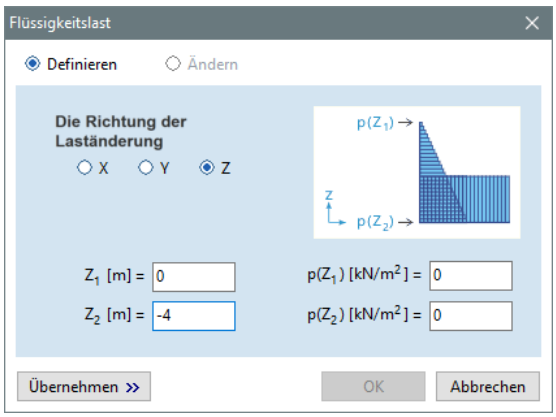
Darstellung der Resultate



Kräfte und Verformungen, welche durch die Winddrücke hervorgerufen werden, können auf die übliche Weise in Tabellen, Isolinien und Isoflächen dargestllt werden.

4.10.16. Flüssigkeitslast





Ordnet Druckkräfte, charakteristisch für Flüssigkeitsbelastungen, den markierten Platten- oder Scheibenelementen zu. Die Lastordinate berechnet sich aus den Endknoten der Elemente.
Flüssigkeitslasten, die mit der gleichen Definition erstellt wurden, werden als eine Last behandelt. Dies bedeutet, dass somit ein einfaches Ändern der Last möglich ist, wenn diese z. B. einer ganzen Auswahl und nicht einem einzelnen Element zugordnet wurde. Wenn die Flüssigkeitslast weniger Element geändert werden soll, so wählen sie diese einzeln aus.

4.10.17. Eigengewicht

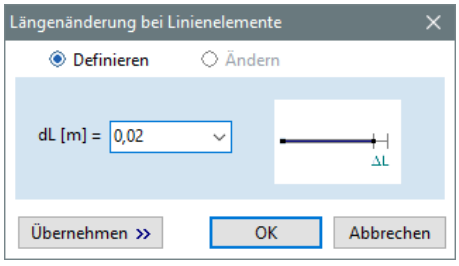


Mit diesem Befehl kann man das Eigengewicht der vorher ausgewählten Elemente berücksichtigen. Das Eigengewicht wird aus der Dichte des Materials, aus der Elementoberfläche und –dicke, und aus der Erdbeschleunigung *g* wie folgt berechnet, und automatisch dem aktuellen Lastfall zugeordnet:

Das Eigengewicht wird durch eine gestrichelte Linie parallel zu den Linienelementen oder Bereichs-/Flächenkonturen dargestellt. Falls die Lastintensitätsbeschriftung eingeschaltet ist, erscheint zusätzlich ein hellblaues G.

4.10.18. Längenänderung

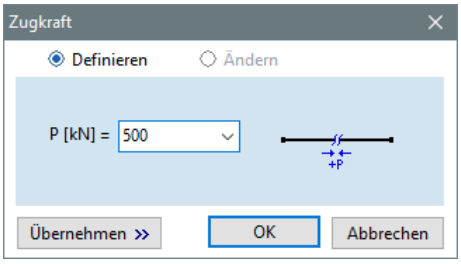




Mit dieser Last lässt sich ein Montage- oder Herstellungsfehler *dL* [m] für Fachwerkstäbe/Stäbe berücksichtigen. Ein positiver Wert ergibt eine Druckkraft im Element und in den anschliessenden Knoten. Das Ergebnis ist gleich einer Temperaturänderung von $dT^{=} = dL/(\alpha \cdot L)$.

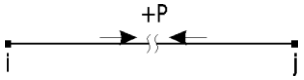
4.10.19. Spann-/Druckkraft / Initialkraft





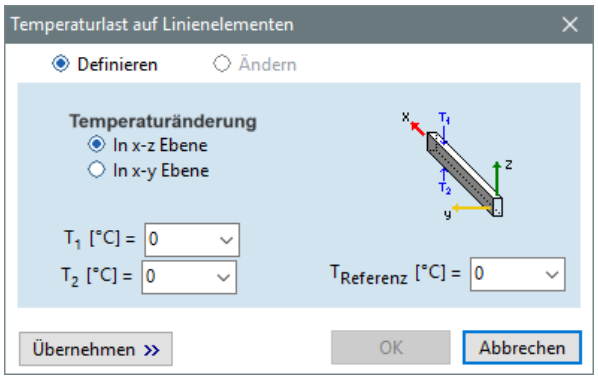
Ermöglicht dem Anwender die Eingabe einer Spannkraft im Stab/ Plattenbalken.
Das Ergebnis ist gleich einer Temperaturänderung von

$$dT^{=} = -P/(\alpha \cdot E \cdot A)$$



4.10.20. Temperaturlast auf Linienelementen





Fachwerkstab

Sie können konstante Temperaturänderung $dT = T - T_{ref}$ als Belastung auf die ausgewählten Fachwerkstabelemente aufbringen.

Die folgenden Parameter müssen eingegeben werden:

Tref Bezugstemperatur, die Temperatur des spannungsfreien Zustandes
T Temperatur während der Untersuchung

Stab/ Plattenbalken

Sie können eine konstante Temperatur oder eine linear veränderliche Temperaturänderung als Belastung auf die Stab/ Plattenbalken aufbringen. Die folgenden Parameter müssen eingegeben werden:

Tref: Bezugstemperatur, die Temperatur des spannungsfreien Zustandes
T1: Temperatur der oberen Randfaser in der ausgewählten Richtung
T2: Temperatur der unteren Randfaser in der ausgewählten Richtung

$dT^{=} = T - T_{ref}$ Temperaturänderung die bei der Berechnung berücksichtigt wird.
Ein positives Vorzeichen bedeutet eine Erwärmung des Elementes.

Die Temperatur des Schwerpunktes (*T*) wird wie folgt berechnet:

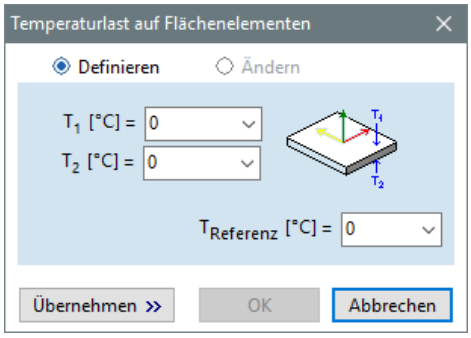
Falls die Temperaturlast in die lokalen y –Richtung weist: $T = T_2 + (T_1 - T_2)\, y_G / H_y$
Falls die Temperaturlast in die lokalen z –Richtung weist: $T = T_2 + (T_1 - T_2)\, z_G / H_z$

wobei y_G, z_G und H_y, H_z Querschnitteigenschaften sind (siehe Profildatenbank).

$dT^{\neq} = T_1 - T_2$ ist die veränderliche Temperaturänderung die bei der Berechnung berücksichtigt wird.

4.10.21. Temperaturlast auf Bereichen



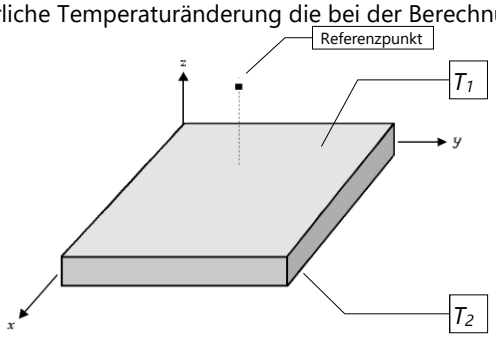


Sie können eine konstante Temperatur oder eine linear veränderliche Temperaturänderung als Belastung auf die ausgewählten Flächenelemente aufbringen. Die nötigen Parameter sind folgende:

Tref: Bezugstemperatur, die Temperatur des spannungsfreien Zustandes.
T_1: Temperatur an der Seite des Referenzpunktes
T_2: Temperatur an der dem Referenzpunkt gegenüberliegenden Seite

$dT^{=} = (T_1 + T_2)/2 - T_{ref}$ ist die konstante Temperaturänderung in der Elementmittelfläche die bei der Berechnung berücksichtigt wird. Ein positives Vorzeichen bedeutet eine Erwärmung des Elementes.

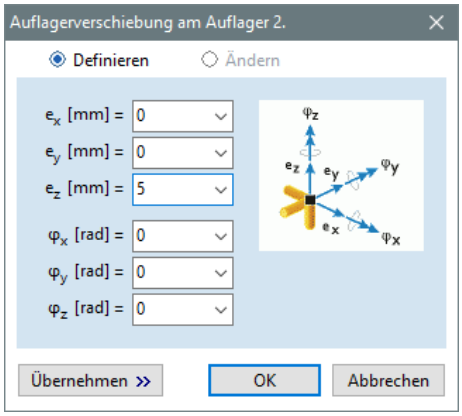
$dT^{\neq} = T_1 - T_2$ ist die veränderliche Temperaturänderung die bei der Berechnung berücksichtigt wird.



Bei Scheibenelementen wird nur $dT^{=}$, bei der Plattenelementen nur $dT^{\neq}$ berücksichtigt.

4.10.22. Auflagerbewegungen



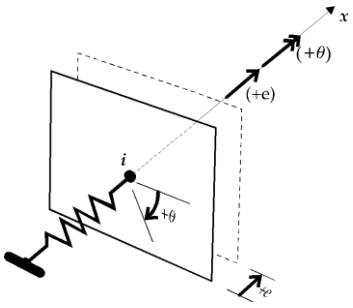


Die Komponenten der vorgeschriebenen Auflagerbewegungen müssen eingestellt werden (axiale Bewegung *e* [m]; Verdrehung θ [rad]). AxisVM berechnet und prägt automatisch eine Kraft P_{aufl} in Richtung der Achse des Auflagerelementes wie folgt ein:

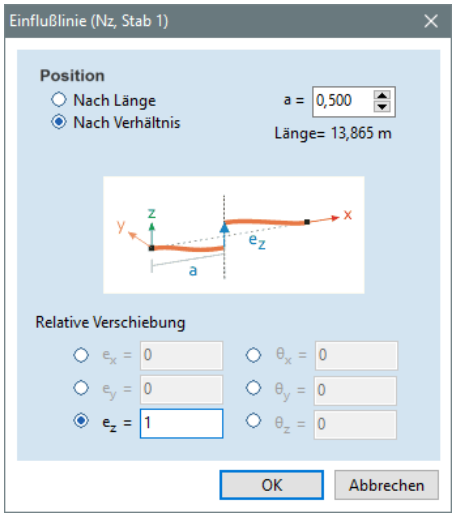
$$P_{aufl} = K_{aufl} \cdot e$$

Die Auflagerbewegung wird durch diese Kraft berücksichtigt. K_{aufl} bedeutet die Steifigkeit des entsprechenden Auflagerelementes. Diese Steifigkeit muss mindestens mit 3-4 Größenordnung Größer sein als die Steifigkeit der ganzen Konstruktion in dieser Richtung.

Die positiven Richtungen werden im Bild veranschaulicht.



4.10.23. Einflusslinie

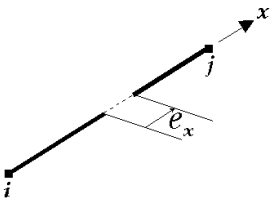


Dieser Menüpunkt dient zur Bestimmung der Einflusslinien in einem definierten Punkt des ausgewählten Stab/Fachwerkstabelementes. Sie müssen eine relative Querschnittsverschiebung in der Richtung der gewählten Schnittkraft eingeben. Sie bekommen als Ergebnis die Einflusslinien aus den Diagrammen der entsprechenden Verschiebungskomponenten.

☞ ***Sie können Einflusslinien nur in einem solchen Lastfall erzeugen, der als Einflusslinie-Lastfall angelegt wurde. Siehe...*** 4.10.1 *Lastfälle, Lastfallgruppen*

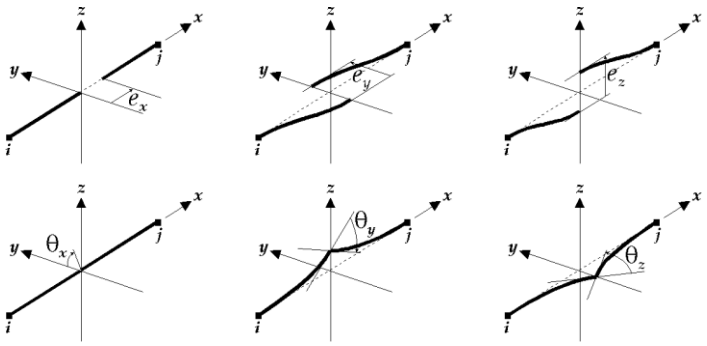
Fachwerkstab

Dieser Menüpunkt dient zur Bestimmung der Normalkraft-Einflusslinien für ausgewählte Fachwerkstabelemente. Sie müssen eine relative Querschnittsverschiebung e_x eingeben.
Die Verschiebung e_x kann nur einen Wert von +1,00 oder -1,00 annehmen.



Stab

Dieser Menüpunkt dient zur Bestimmung der Einflusslinien in einem definierten Punkt des ausgewählten Stabelementes. Sie müssen eine relative Querschnittsverschiebung e_x /e_y /e_z oder Verdrehung θ_x /θ_y /θ_z in der Richtung der gewählten Schnittkraft eingeben. Die Verschiebung e und die Verdrehung θ kann nur einen Wert von +1,00 oder –1,00 annehmen.



4.10.24. Erdbebenbemessung – SE1 Modul

Das SE1 Modul in AxisVM ermöglichen eine Berechnung nach dem modalen Antwortspektrenverfahren (ASV). Es erzeugt automatisch die seismischen Lasten für drei orthogonale Richtungen und für jede Eigenform. Die nachfolgende Anleitung erklärt Einstellungen und Optionen und deren Handhabung. Aufgrund der Vielzahl an Litaratur zum Thema ASV ist eine Schritt-für-Schritt Anleitung hier nicht möglich.

Bemessungs-normen

Die Berechnungen werden entsprechend der Regeln nach dem allgmeinen Eurocode (im Speziellen EC8) und den Nationalen Anhänge durchgeführt, die der Anwender auswählen kann. Ausnahmen sind die Schweizer Normen und die Ungarischen Normen, die nicht auf dem EC basieren. Die nachfolgenden Normen für die ASM stehen in AxisVM zur Verfügung.

	EN 1998-1:2004 (EC 8-1) *Eurocode 8 Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*
Eurocode allgemein	*Part 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten*
EC Deutschland	*EN 1998-1:2004* *DIN EN 1998-1/NA:2011-01*
EC Niederlande	*NPR 9998:2018*
EC Ungarn	*EN 1998-1:2004*
EC Rumänien	*P100-1-2013*
EC Tschechien	*EN 1998-1:2004*
EC Slowakai	*EN 1998-1:2004*
EC Polen	*EN 1998-1:2004*
EC Dänemark	*EN 1998-1:2004*
EC Österreich	*EN 1998-1:2004*
EC Gross Britanien	*EN 1998-1:2004*
EC Finnland	*EN 1998-1:2004*
EC Norwegen	*EN 1998-1:2004* *NS EN 1998-1:2004/NA:2014*
EC Belgien	*EN 1998-1:2004*
EC Schweden	*EN 1998-1:2004*
NTC Italien	*NTC 2018*
Schweiz	*SIA 261:2003*
EC Griechenland	*ELOT EN 1998-1*
Ungarisch Nationale Norm (MSZ)	
Rumänien STAS	
Deutsche DIN 1045-1	*DIN 4149:2005-04*

ASV Prozedur

Die Erdbebenlasten werden für alle Normen basierend auf den Eigenformen erzeugt. Diese werden dann in der statischen Berechnung entsprechend kombiniert, um die Schnittgrössen und Verschiebungen bestimmen zu können. Mehrere Erdbebeneinwirkungen können defniert werden. Diese können jedoch nicht kombiniert werden.

Wie die Steifigkeitsreduktion angewendet wird

Wenn die zur Erzeugung der Erdbebenlasten verwendeten Eigenformen aus einer Schwingungsanalyse (*6.3 Schwingungen*) unter Berücksichtigung der für die Antwortspektrenanalyse (*3.3.10 Steifigkeitsreduktion*) angegebenen Steifigkeitsreduktion berechnet wurden, wird die lineare statische Berechnung zweimal durchgeführt: einml ohne Steifigkeitsreduktion und einmal mit der angegebenen Steifigkeitsreduktion.

Die Ergebnisse ohne Steifigkeitsreduktion werden in nicht-seismischen Lastfällen und Kombinationen ohne Erdbebeneinwirkung und die Ergebnisse mit Steifigkeitsreduktion werden in Erdbebenlastfällen oder Kombinationen mit Erdbebeneinwirkung dargestellt (dasselbe gilt für die Umhüllenden und die massgebenden Kombinationen).

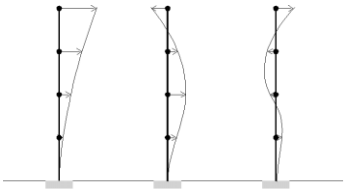
Falls mehrere Erdbebenlasten definiert wurden, gilt folgendes:

Wenn der Erdbebenlastfall auf Eigenformen basiert, die unter Berückschtigung der Steifigkeitsreduktion ermittelt wurden, werden die Ergebnisse mit Steifigkeitsreduktion angezeigt. Andernfalls werden die Ergebnisse ohne Steifigkeitsreduktion angezeigt.

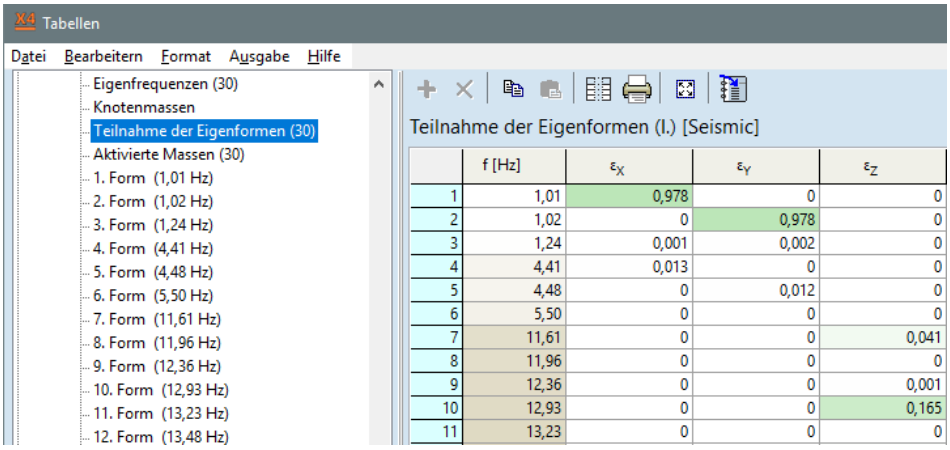
In den nachfolgenden Abschnitten wird der Berechnungsprozess erklärt. Zuerst vom allgemeinen Eurocode, danach von den nationalen Anhängen und Normen.

4.10.24.1. Berechnung der seismischen Lasten nach Eurocode 8

1. Schwingformen berechnen

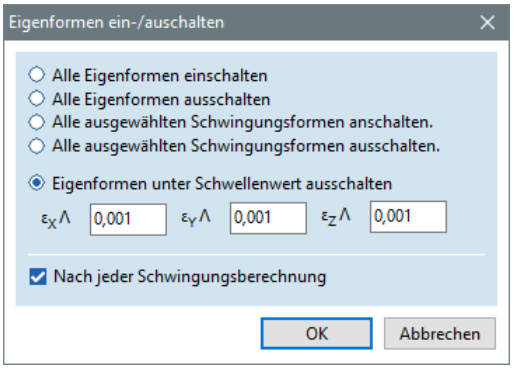


Das Erzeugen von seismischen Lasten erfordert Informationen von ungedämpften freien Schwingungen und deren dazugehörigen Eigenformen. Aus diesem Grunde ist zur Ermittlung der seismischen Lasten zuerst eine ausreichend Anzahl an Eigenformen und deren dazugehörige Schwingfrequenz zu berechnen. Das erfolgt im Register *Eigenschwingung* (5.2).
Eine Schwingungsanalyse 1. Ordnung ist für typischerweise zur Ermittlung der seismischen Lasten ausreichend. Die Ergebnisse sind abhängig von der Gebäudesteifigkeit und der Massenverteilung im Tragwerk. Die Massen können in einer vorher definierten Lastkombination (sogenannten seismische Massen) bestimmt werden. Eine Steifigkeitsreduktion für bewehrte Betonelemente kann auch automatisch berücksichtigt werden.
Mit der Tabelle *Teilnahme der Eigenformen* kann überprüft werden, ob die Anzahl der berechneten Eigenformen ausreichend ist, um den Anforderungen der ausgewählten Norm zu genügen. Der allgemeine Eurocode 8 hat zwei Anforderungen: (1) Die berücksichtigten modalen Massen sollen für beide Richtungen 90% überschreiten; (2) Alle Eigenformen deren Anteil modale Masse 5% überschreitet, sollen berücksichtigt werden. Die Summe der der prozentualen modalen Masse wird in der untersten Zeile aufgeführt.



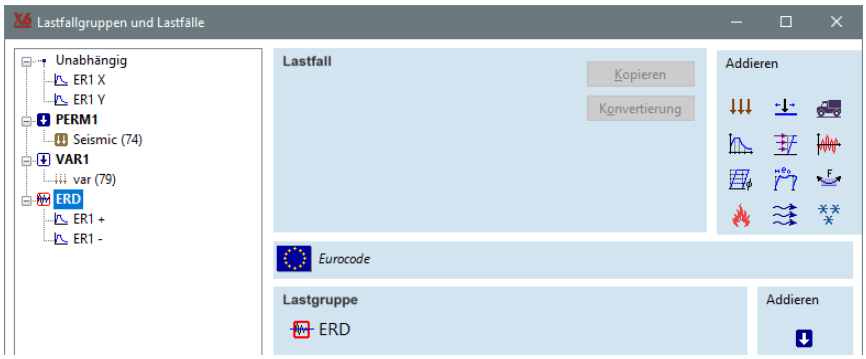
	f [Hz]	ε_X	ε_Y	ε_Z
1	1,01	0,978	0	0
2	1,02	0	0,978	0
3	1,24	0,001	0,002	0
4	4,41	0,013	0	0
5	4,48	0	0,012	0
6	5,50	0	0	0
7	11,61	0	0	0,041
8	11,96	0	0	0
9	12,36	0	0	0,001
10	12,93	0	0	0,165
11	13,23	0	0	0

Mit der rechten Spalte „Aktiv“ kann der Anwender entscheiden, welche Eigenformen für die seismische Berechnung verwendet werden sollen. Mit einem Rechtsklick auf irgendeine eine Zelle öffnet man ein Menü, in dem alle Eigenformen aktiviert / deaktiviert werden können. Es kann auch ein Schwellenwert definiert werden, um zu bestimmen, welche Eigenformen aktiv sind. Ist die Funktion *Nach jedem Schwingungsberechnung* aktiviert, erfolgt diese Filterung automatisch nach jeder neuen Schwingungsberechnung. Wird die Anzahl der Eigenformen beschränkt, kann die Anzahl der seismischen Lastfälle erheblich reduziert werden und dadurch die Dauer für die statische Berechnung.



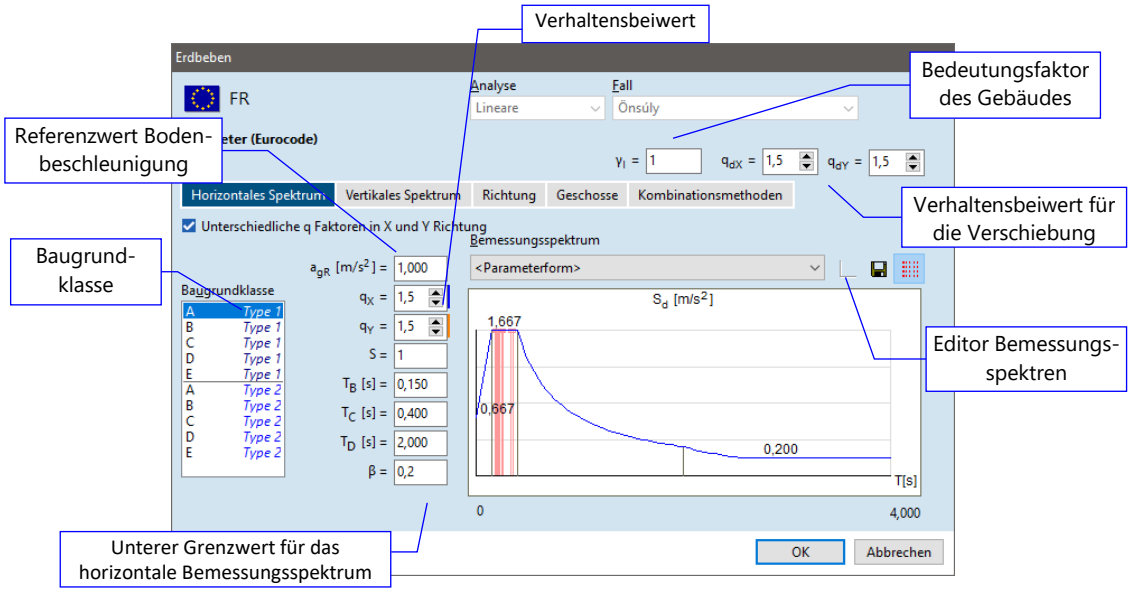
2. Einen neuen seismischen Lastfall erzeugen

Sind die Eigenschwingungen berechnet, kann danach im Register „Lasten“ im Dialog „Lastfälle und Lastgruppen“ der seismische Lastfall erzeugt werden. AxisVM erzeugt automatisch mehrere neue Lastfälle für die seismischen Lasten und diese werden ergänzt mit weiteren, nachdem die Erdbeben-Parameter definiert sind. Die einzelnen Bezeichnungen sind im Abschnitt der statischen Berechnung erklärt.



3. Erdbebenparameter definieren

Mit klicken auf das Symbol *Erdbeben* im Register *Lasten* öffnet sich der Dialog für die Erdbebenparameter.



Horizontales Spektrum

Im ersten Register werden die Details vom **Horizontalen Antwortspektrum** definiert. Das horizontale Antwortspektrum wird benötigt um die äquivalenten statischen Lasten für jede Eigenform in zwei Richtungen zu berechnen. Das Spektrum kann automatisch nach EC8-1 4.2.4 und den Anwendereingaben erzeugt werden. Es besteht auch die Möglichkeit ein eigenes Spektrum zu erstellen mit dem Editor Bemessungsspektrum

Spektralfunktionseditor um eigene Spektren zu erstellen

Spektrum speichern als...

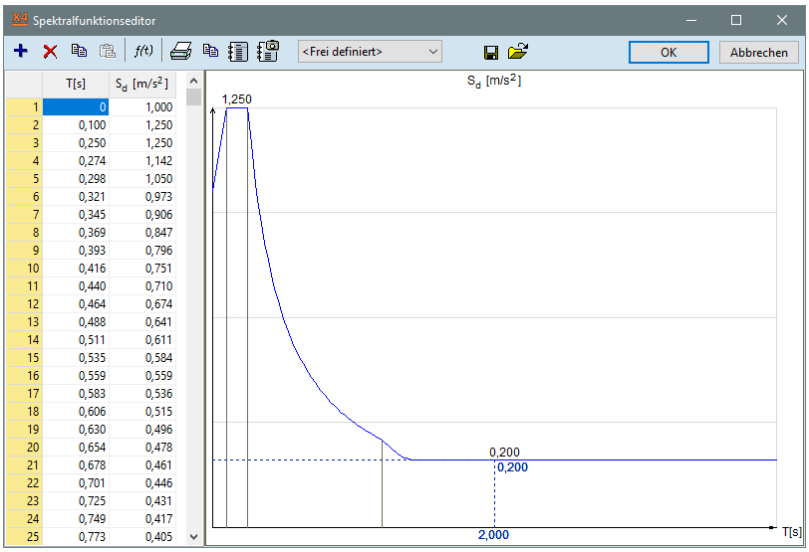
Dauer der berechnenten Modalformen anzeigen: Schaltet die Anzeige der von der Schwingungsanalyse gelieferten Zeiträume ein/aus. Zeiträume werden durch eine vertikale rosa Linie am jeweiligen T-Wert markiert..

Das automatisch erzeugte Spektrum verwendet folgende Parameter:

agR	Referenzwert Bodenbeschleunigung auf Fels m/s2
q	Verhaltensbeiwert zur Reduzierung der horizontalen seismischen Einwirkung nach EC8-1 3.2.5 (3). Nach anwählen von *Unterschiedliche q Faktoren in X und Y Richtung* können Richtungsunabhängige Werte definiert werden.
S, T_B, T_C, T_D	Baugrundabhängige Parameter. Wird die Baugrundklasse aus der Liste ausgewählt, werden die Parameter automatisch nach den Tabellen 3.2 und 3.3 im EC8-1 eingefügt. Jeder Wert kann auch vom Anwender überschrieben werden.
β	Unterer Grenzwert für das horizontale Spektrum. Nach EC8-1 3.2.2.5(4) empfohlene Wert ist 0.2
γI	Bedeutungsfaktor nach EC 8-1 4.2.5
qd	Verhaltensbeiwert für die Verschiebung nach EC 8-1 4.3.4 (1)P

Falls das Modell seismische Isolatoren enthält wird ein modifziertes Spektrum bentuzt. **Siehe...** *4.9.19 Seismische Isolatoren*

Benutzerdefinierte Spektren können im Editor erzeugt werden, nachdem von <*Parameterform*> auf <*Freidefinierte*> umgestellt wird.Spektren werden stückweise in die Liste der Periode mittels linearen Interpolation eingegeben – Spektrale Beschleunigungskooredinaten Paare. Die Koordinaten können verändert, kopiert oder aus anderen Programmen eingefügt werden.

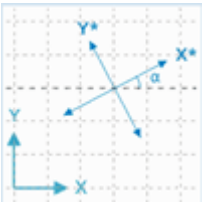


Vertikales Spektrum

Im zweiten Register im Dialog "Erdbeben" werden die Parameter für das **Vertikale Spektrum** behandelt. Es wird nur die seismische Erregung in vertikaler (Z) Richtung untersucht, wenn auch ein vertikales Antwortspektrum definiert wurde. Vertikale Lasten werden standardmässig nicht erzeugt. Die Parameter und das Aussehen des Dialogs sind identisch zum Ersten.

Richtung

Im dritten Register *Richtung* kann der Winkel der Erdbebeneinwirkung festgelegt werden. Falls dieser Wert nicht Null ist, werden die Erdbebenlasten nicht in den globalen X- und Y-Richtungen erzeugt, sondern in die Richtungen X* und Y*, welche gegenüber den globalen Richtungen um den Winkel α gedreht sind.



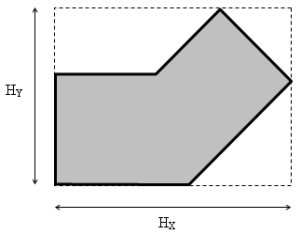
Geschosse

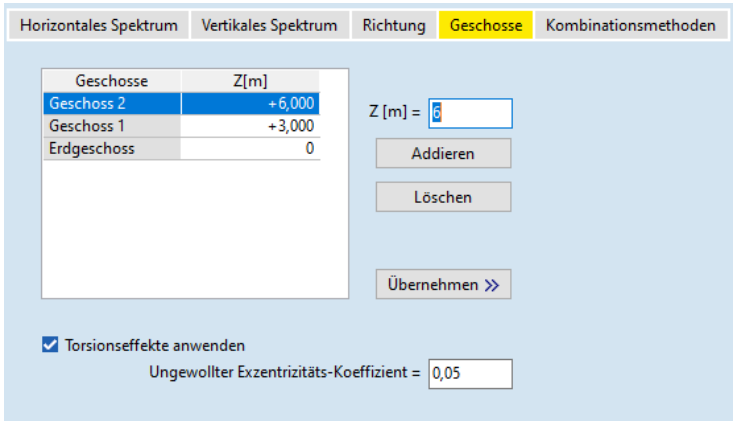
Im vierten Register (Geschosse) kann der Anwender die **Torsionseffekte** aufgrund der ungewollten Exzentrizität berücksichtigen. Werden die Torsionseffekte aktiviert, berechnet AxisVM zusätzliche Torsionsmomente um die vertikale Achse eines jeden Geschosses und für jede Eigenform. Die Größe der Torsionsmomente hängt von der horizontalen Belastung und der Exzentrizität ein jeden Geschosses ab. Horizontale Lasten werden von den Lastfällen aus den zugehörigen Schwingformen und der horizontalen Richtung entnommen.
Die Größe der relativen Exzentrizität im Verhältnis zur Geschosshöhe wird vom Anwender definiert. Eine ungewollte Exzentrizität von 5% ist empfohlen vom EC8-1 4.3.2 (1)P.

Torsionsmomente werden nach folgenden Bezeichnungen berechnet:

$$T_{X,i,j} = F_{X,i,j} \cdot (\pm eH_{Y,i})$$
$$T_{Y,i,j} = F_{Y,i,j} \cdot (\pm eH_{X,i})$$

Wobei F die horizontale Kraft in Eigenform j am i^{th} Geschoss ist.
H ist die Höhe des i^{th} Geschosses in der X oder Y Richtung.
Torsionsmomente werden entweder mit + oder – Zeichen berücksichtigt, aber immer mit dem gleichen Zeichen für alle Geschosse.

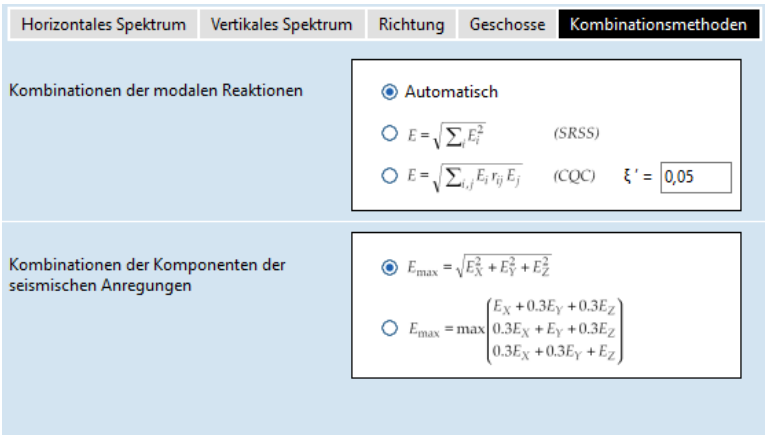




Im letzten Register können Angaben zur **Kombinationsmethode** der Ergebnisse gemacht werden, die aus den einzelnen Eigenformen und einzelnen Richtungen stammen.
Die Ergebnisse der einzelnen Eigenformen können entweder nach der Methode „Square Root of Sum of Squares" (SRSS) oder der Methode „Complete Quadratic Combination" (CQC) kombiniert werden. CQC ist besser geeignet, wenn die Schwingformen des Tragwerks nicht deutlich getrennt sind (z.B. wenn die Frequenzen zu dicht beisammen liegen). Ist Automatisch ausgewählt, entscheidet AxisVM ob die CQC Methode aufgrund der vorhandenen Schwingungsergebnisse benötigt wird.

Im Programm werden die Eigenformen ausreichend getrennt angesehen, wenn die Tj / Ti < 0.9. Ergebnisse der beiden horizontalen und der vertikalen Richtung können mit einem von den beiden Methoden kombiniert werden.
Die seismischen Auswirkungen in verschiedene Richtungen können auch manuell zusammengefasst werden, indem eine benutzerdefinierte Lastkombination erstellt wird. SMX, SMY und SMZ und die damit verbundenen Lastfälle (siehe unten) sind auch in der Tabelle der Lastkombinationen aufgeführt, **siehe...** *4.10.2 Lastfallkombinationen*

☞ ***Achtung! Mehrere Lastfälle derselben Richtung oder SMX, SMY, SMZ und SM+/- Lastfälle dürfen nicht gemeinsam in derselben Kombination berücksichtigt werden.***



Kombinationsmethoden

Nachdem die Einstellungen im Dialog „Erdbeben" gesetzt wurden und das Fenster mit OK geschlossen wird, erzeugt AxisVM einen Lastfall für jede Eigenform und Richtung. Die folgenden Bezeichnungen werden verwendet: Lastfälle die mit **01X, 02X, ...nX, 01Y, 02Y, ...nY, 01Z, 02Z, ...nZ** enden, sind äquivalente Kräfte in X, Y oder Z Richtung entsprechend der einzelnen Eigenformen.
Lastfälle die mit **01tX, 02tX, ...ntX, 01tY, 02tY, ...ntY** enden, sind die Torsionsmomente der ungewollten Exzentrizität in X oder Y Richtung.

4. Durchführen einer linear statischen Berechnung und bewerten der Ergebnisse

Das modale Antwortspektrenverfahren (ASV) verwendet eine Kombination der linear statischen Analyse, um seismische Bemessungseinwirkungen für das Tragwerk zu berücksichtigen. Nach dem die Lastfälle für die Schwingformen in jeder Richtung erzeugt wurden, ist als nächster Schritt des ASV die linear statische Berechnung zu starten. AxisVM berechnet automatisch die Einwirkungen jeder Eigenform jeder Richtung und kombiniert diese entsprechend der Einstellungen aus dem Dialog „Erdbeben".

Nach der statischen Berechnung sind im Register **Statik** verschiedene seismische Lastfälle in der Ergebnissliste verfügbar. Folgende Namenskonvention wird für die seismischen Lastfälle verwendet:
Unabhängig von Lastfällen und deren zugehörigen Eigenformen gibt es zwei Typen zusätzlicher Lasten. Lastfallnamen die mit **X**, **Y** oder **Z** enden, beinhalten die kombinierte Antwort aus den modalen Ergebnissen in X, Y oder Z Richtung. Falls die ungewollte Exzentrizität auch noch berücksichtigt wurde, sind zusätzlich die Buchstaben **a** oder **b** im Namen der Lastfälle, entsprechend der horizontalen Richtung. Der Buchstabe a oder b hängt am Torsionseinfluss mit poitiver oder negativer Exzentrizität. **Ya** ist z.B. eine Kombination der modalen Ergebnisse in Y-Richtung, mit Berücksichtigung der Einwirkung aus der positive Exzentrizität der seismischen Massen in X-Richtung. Kombinationen von Lastfällen in X, Y, Z-Richtung werden automatisch von AxisVM erzeugt. Solche Kombinationen führen zu einem einzelnen, eindeutigen Ergebniss, sofern keine ungewollte Exzentrizität angesetzt ist. Wird diese jedoch angesetzt, sind die Kombinationen aus mehreren Richtungen komplexer und weniger eindeutig. Es gibt vier Standardfälle, die AxisVM berücksichtigt. Diese sind abhängig von der Richtung der Exzentrizität in den X und Y Lastfällen. Jede der nachfolgenden Kombinationen wird in einem Lastfall mit diesen Endungen erzeugt:

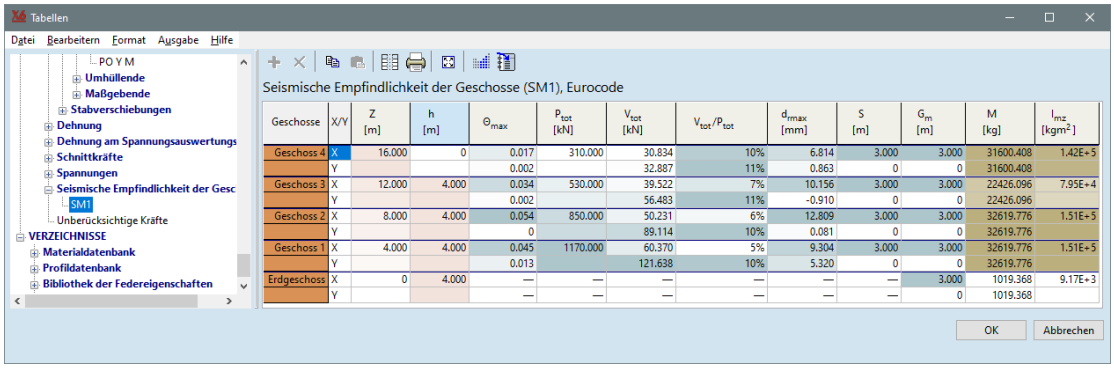
1 = Xa + Ya + Z
2 = Xa + Yb + Z
3 = Xb + Ya + Z
4 = Xb + Yb + Z

Ergebnisse aus dem ASV sind per Definition absolute Ergebnisse. Daher enthalten die oben aufgeführten Lastfälle nur positive Zahlen. Die ungünstigste Laststellung ist eine Kombination aus der seismischen Einwirkung und Einwirkungen aus anderen Einflüssen, wie z.B. der vertikale Lastabtrag. Daher erzeugt AxisVM zwei Lastfälle für die seismischen Lasten: Seismische Einwirkung mit positiven Werten und Seismische Einwirkung mit negativen Werten (erkennbar durch ein **+** und ein **–** Zeichen am Ende des Lastfallnamens. Es ist zu beachten, dass die absoluten Werte der Reaktionen (Schnittkräfte, Verschiebungen, usw.) identisch sind in den + und – Lastfällen.

Verschiebungen werden im Register „Statik“ automatisch skaliert durch den Faktor **qd**, der im Dialog „Erdbeben“ definiert wurde.

Einflüsse zweiter Ordnung aufgrund der geometrischen Nichtlinearität sollten bei der Ergebnisbewertung des ASV berücksichtigt werden. AxisVM unterstützt solche Berechnungen mit den Daten der Tabelle *Seismische Empfindlichkeiten der Geschosse*. Unabhängige Ergebnisse sind in der Tabelle für jede horizontale Richtung verfügbar. Die folgenden Grössen werden durch AxisVM berechnet:

θ_{max}	Seismischer Empfindlichkeitsfaktor nach EC8-1 4.4.2.2 (2)
P_{tot}	Gesamte Vertikallast
V_{tot}	Gesamte Horizontalkraft
d_{max}	Bemessungsverschiebung zwischen den Geschossen in X/Y Richtung
S	Koordinate des Schubmittelpunktes
G_m	X/Y Koordinate des Schwerpunktes
M	Masse
I_{mz}	Massenträgheitsmoment um eine Z-Achse relative zum Schwerpunkt



AxisVM berücksichtigt nicht automatisch den Einfluss zweiter Ordnung durch eine Schnittkrafterhöhung. Der Anwender sollte die seismische Empfindlichkeit auf diese Einflüsse hin überprüfen. Falls die Einflüsse aus der zweiten Ordnung durch Erhöhung der Kräfte berücksicht werden dürfen, sollte der Anwender einen entsprechenden Überhöhungswert nach EC8-1 4.4.2.2. (3) bestimmen. Dieser Überhöhungswert kann als f_{se} in folgenden Bemessungen berücksichtigt werden:

6.5.1 Parameter der Flächenbewehrung und Bewehrungsberechnung - RC1 Modul
6.5.8 Schubwiderstandsberechnung von Platten und Schalen – RC3 Modul
6.5.9 Bemessung der Stützenbewehrung RC2 Modul
6.5.10 Bemessung von Verbundstützen – RC2 Modul
6.5.11 Bemessung der Balkenbewehrung – RC2 Modul
6.5.13 Durchstanznachweis – RC3 Modul
6.5.14 Fundamentbemessung – RC4 Modul
6.5.15 Bemessung von Stahlbetonkernen und -wänden – RC5 modul
6.5.16 Spannungs-Dehnungs-Analyse von Stahlbetonquerschnitten – RC6 Modul
6.6 Stahlbemessung
6.7 Holzbemessung
6.8 Bemessung von XLAM Bereichen – XLM Modul
6.9 Mauerwerkwände Bemessung – MD1 Modul

Der fs Faktor skaliert nur die inneren Schnittkräfte der seismischen Last.

4.10.24.2. Erdbebenberechnung nach SIA 261 (Schweiz)



Der Berechnungsvorgang, Eingabefenster, Annahmen und Möglichkeiten sind identisch, wie im allgemeinen Eurocode 8. Im nachfolgenden Abschnitt sind nur die SIA 261 spezifischen Anpassungen aufgeführt.

3. Erdbebenparameter definieren

Die folgenden Anpassungen sind im Dialog "Erdbeben" eingearbeitet:
- Horizontale und vertikale Antwortspektren basieren auf dem SIA261 16.2.4
- Baugrundabhängige Parameter entsprechen der Tabelle 25 im SIA261

4.10.24.3. Erdbebenberechnung nach EC8-1 NA (Deutschland)



Der Berechnungsvorgang, Eingabefenster, Annahmen und Möglichkeiten sind identisch, wie im allgemeinen Eurocode 8. Im nachfolgenden Abschnitt sind nur die DIN EN 1998-1/NA (EC8-1 NA) spezifischen Anpassungen aufgeführt.

3. Erdbebenparameter definieren

Die folgenden Anpassungen sind im Dialog "Erdbeben" eingearbeitet:
- Horizontale und vertikale Antwortspektren basieren auf dem EC8-1 NA NDP 3.2.2.5(4)P
- Baugrundabhängige Parameter entsprechen den Tabellen NA.4 und NA.5 in EC8-1 NA

4.10.24.4. Erdbebenberechnung nach NTC 2018 (Italien)



Der Berechnungsprozess, das Dialogfenster, die Annahmen und die Eigenschaften sind identisch zum Eurocode 8. Der folgende Paragraph listet nur die Änderungen, welche im neuesten NTC vorkommen..

3. Erdbebenparameter definieren

Die folgenden Anpassungen sind im Dialog "Erdbeben" eingearbeitet:
- Horizontale und vertikale Antwortspektren basieren auf dem NTC 2018 3.2.3.2
- Baugrundabhängige Parameter entsprechen den 3.2.V-VII im NTC 2018 3.2.3.2
- Falls das Modell seismsiche Isolatoren beinhaltet, wird ein modifiziertes Spektrum bentuzt, welches abhänging vom Grenzzustand (SLO, SLD, SLV, SLC), welche im Dialogfenster der seismischen Parametern nach NTC 2018 3.2.1 bestimmt wurden, **siehe...** *4.9.19 Seismische Isolatoren*. Da mehrere seismische Aktivitäten für das gleiche Modell definiert werden können, können seismische Resultate für verschiedene Grenzfälle verglichen werden.
- Resultate von seismischen Isolatoren können in einer separaten Tabelle eingesehen werden.

4.10.24.5. Erdbebenberechnung nach P100-1 (Rumanien)

Der Berechnungsvorgang, Eingabefenster, Annahmen und Möglichkeiten sind identisch, wie im allgemeinen Eurocode 8. Im nachfolgenden Abschnitt sind nur die P100-1 spezifischen Anpassungen aufgeführt.

3. Erdbebenparameter definieren

Die folgenden Anpassungen sind im Dialog "Erdbeben" eingearbeitet:

- Horizontale und vertikale Antwortspektren basieren auf dem P100-1 3.1(7), 3.1(13), und 3.2(1)

4.10.24.6. Erdbebenberechnung nach NPR 9998:2018 (Niederlande)

Der Berechnungsvorgang, Eingabefenster, Annahmen und Möglichkeiten sind identisch, wie im allgemeinen Eurocode 8. Im nachfolgenden Abschnitt sind nur die NPR 9998:2018 spezifischen Anpassungen aufgeführt.

3. Seismische Lastparameter definieren

Die folgenden Änderungen werden im Dialogfenster Erdbebenlast vorgenommen:

- Horizontale und vertikale Antwortspektren basieren auf NPR 9998:2018 3.2.2.2.3.

Die Beschleunigung $a_{g;d}$ und die Parameter p, T_B, T_C, T_D werden durch den Nutzer definiert gemäss Norm oder gemäss dem Normkonformen Online-Tool NPR 9998.

4.10.25. Pushover Lasten – SE2 Modul

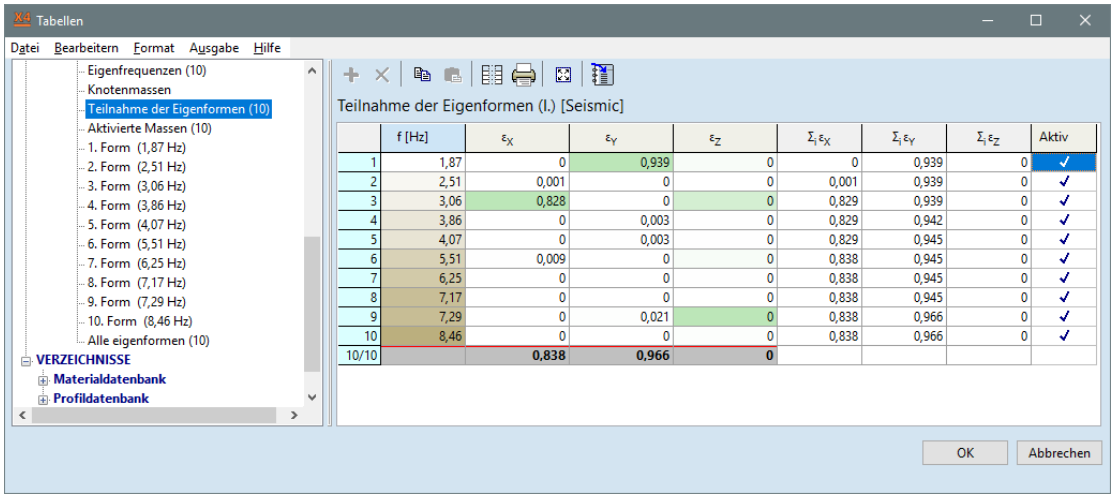
Die Pushover Lasten werden entsprechend Eurocode8 (EN 1998-1:2004) generiert. Zur Lastgenerierung benützt das Programm die Frequenzen der ungedämpften Eigenschwingungen und die dazugehörenden Eigenformen des Modells. Deshalb können die Lasten nur im Fall einer vorher durchgeführten Eigenschwingungsanalyse generiert werden.

Schritte der Pushover Lastgenerierung

Die nachfolgende Beschreibung erklärt wie die Pushover Lastfälle erzeugt und deren Eigenschaften definiert werden bevor eine nichtlineare statische Berechnung erfolgen kann.

1. Berechnung der Eigenformen und Eigenfrequenzen

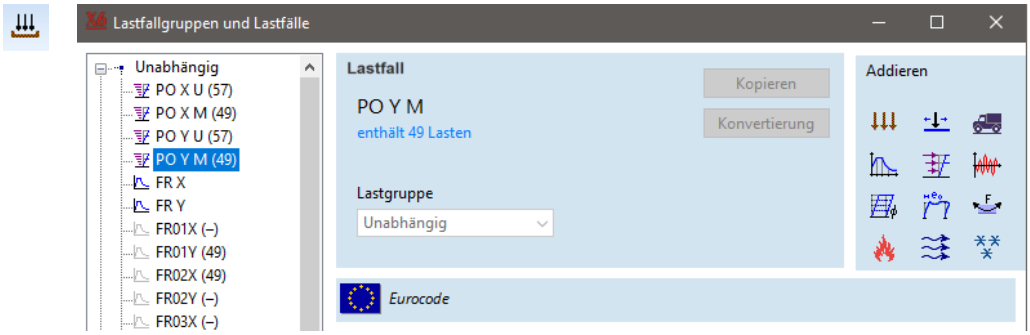
Wurden auch statische Lasten auf das Modell aufgebracht, es ist wichtig die Option *Konvertiere Lasten in Massen* zu benutzen und den entsprechenden Lastfall (Fall) zu wählen. Damit können die als Last angegebenen Massen bei der Schwingungsanalyse und später bei der Generierung der Pushover Lasten berücksichtigt werden. Nach der Schwingungsanalyse sollte in der Ergebnistabelle der Schwingungsanalyse die Teilnahme der Eigenformen überprüft werden. Diese Tabelle wird nur dann angezeigt, wenn das Register *Eigenschwingung* ausgewählt ist.



Obwohl es keine Kriterien bezüglich der minimalen Teilnahme der Eigenformen im Eurocode 8 gibt, wird strengstens empfohlen, Standard Pushover-Analysen nur auf Strukturen anzuwenden, welche klar dominante Eigenformen in beiden horizontalen Richtungen haben.
Der zu jeder Eigenform gehörende Anteil ist in der Tabelle *Teilnahme der Eigenformen* zu sehen (Siehe Abbildung oben). Anders als bei Erdbebenlasten benutzt die Standard Pushover Lastgenerierung eine einzige Eigenform für jeden Lastfall und deshalb ist die Summe der Teilnahme der Eigenformen unwichtig. So ist es auch nicht notwendig ein grosse Anzahl Eigenformen zu berechnen wenn die Dominanten unter den Ersteren zu finden sind.

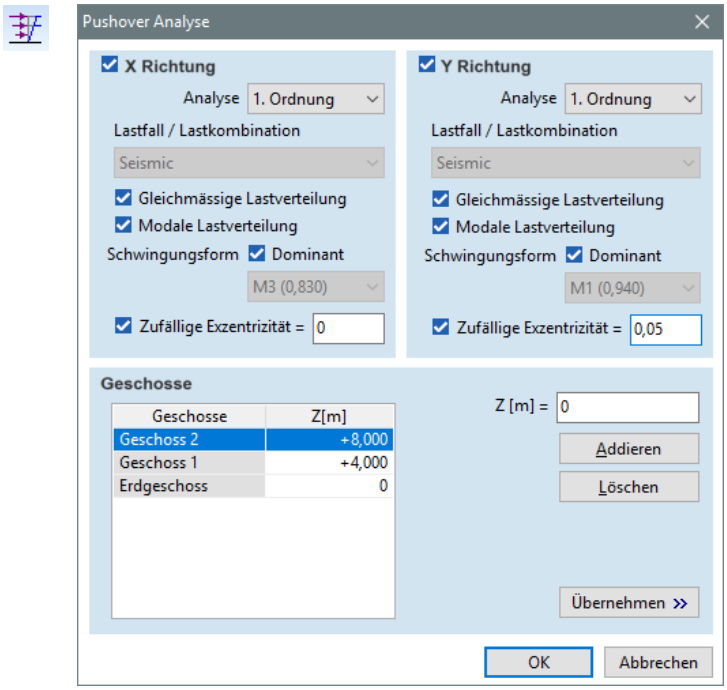
2. Einen Pushover Lastfall definieren

Im Dialogfenster *Lastfälle und Lastengruppen* können *Pushover* Lastfälle definiert, umbenannt und gelöscht werden. Nach dem Klick auf das Icon *Pushover Lasten* generiert das Programm vier Grundlastfälle.



3. Eingabe der Pushover Lastparameter

Die Lastparameter können nach der Lastfalldefinition mit einem Klick auf das Icon *Pushover Analyse* in der Werkzeugleiste des Registers „Lasten“ angegeben werden.



Im oberen Teil des Fensters können die Parameter für die Lastgenerierung gesetzt werden, während Geschosskoten für die Berechnung des „interstory drifts“ im unteren Teil definiert werden. (Früher definierte Geschossangaben ist auch hier verfügbar
Die Lastgenerierung für eine spezifische Richtung kann in den obersten Kästchen deaktiviert werden. Dies ist hilfreich bei Modellen welche nur zweidimensional sind.Für jede Richtung müssen zuerst der Analyse-Typ und der zugehörige Lastfall gewählt werden. In den daruntersteheden Kästchen kann die gleichförmige oder modale Lastgenerierung ein- oder ausgeschltet werden. Die gleichförmige Lastverteilung erzeugt Knotenlasten proportional zu den Knoten zugehörigen Massen in jedem Knoten des Modells.

Die modale Lastverteilung benutzt die Eigenform gewichtet mit den Massen in jedem Knoten um die Knotenlastverteilung zu generieren. In beiden Fällen beträgt die Summe der generierten Lasten 1 kN in derselben horizontalen Richtung.

Falls modale Lasten generiert werden sollen ist es möglich, die dominanten Eigenformen für die Lastgenerierung zu umgehen. Es ist wichtig zu unterstreichen, dass diese Option nur von fortgeschrittenen Anwendern beutzt werden sollte und das der Eurocode 8 dominante Eigenformen für die Analyse verlangt. Die Zahl in Klammen bei jeder Eigenform zeigt den entsprechenden Wert der Teilnahme der Eigenform.

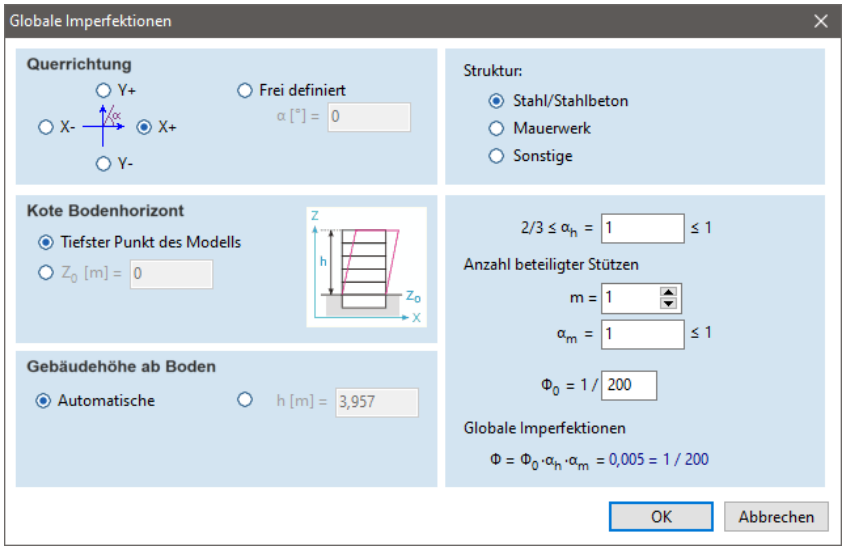
Es ist auch möglich, die Auswirkungen zufälliger Exzentrizitäten und der resultierenden Torsionsmomente zu berücksichtigen. AxisVM berechnet die Kräfte und deren Anordnung, die den Torsionsmomenten jedes Stockwerkes entsprechen. Die Summe der markierten Pushover-Lasten beträgt immer noch 1 kN, aber die resultierende Kraft wird exzentrisch angreifen und somit Torsion verursachen.
Pushover-Lasten werden generiert, sobal das Dialogfenster mit „OK" geschlossen wird. Überflüssige werden dabei gelöscht.

4. Nichtlineare statische Berechnung

Nach dem Pushover Lastdefinition muss eine Pushoveranalyse durchgeführt werden. Dies geschieht durch eine nichtlineare statische Berechnung (Icon *Nichtlineare statische Berechnung* im Register *Statik*).Wenn dann bei der Berechnungssteuerung die Option *Pushover* aktiviert wird, kann der Anwender einen parametrisierten und einen konstanten Lastfall auswählen. Der parametrisierte Lastfall ist normalerweise ein Pushover-Lastfall, AxisVM erlaubt dem Anwender jedoch auch andere Lastfälle als parametrisiert zu definieren. Der konstante Lastfall beinhaltet in den meisten Fällen Gravitationslasten. Die anderen Einstellungen des Dialogfensters werden im Kapitel „Statik" erläutert.
Der Kontrollknoten sollte ein Knoten zuoberst im Modell sein. Es ist wichtig, die Richtung der Analyse gemäß der Richtung des parametrisierten Lastfalls zu setzen. Durch das Höhersetzen der Anzahl Inkremente kann die Stabilität der Analyse signifikant erhöht werden. Die Berücksichtigung der geometrischen Nichtlinearität wird für Pushover-Anaysen empfohlen. Durch das Drücken des „OK"-Schalters wird die Berechnung gestartet.
Das Generieren von Kapazitätskurven und verwandte Resultate werden Kapitel *Pushover Kapazitätskurven* erläutert.

4.10.26. Globale Imperfektion





Nach dem Erzeugen eines Imperfektionslastfalles wird das oben gezeigt Icon aktiv geschaltet. Nach dem Definieren der Parameter der globalen Imperfektion wird die globale Imperfektion auf das Tragwerk angewendet. (Die Amplitude wird aus Darstellungsgründen überhöht angezeigt).
Imperfektions-Lastfälle können in Lastkombinationen teilnehmen welche bei Berechnungen mit Berücksichtigung von geometrischen Nichtlinearitäten ausgeführt werden. Knoten werden von Ihren ursprünglichen Positionen verschoben und die anderen Lasten in der Kombination werden auf das verformte Modell aufgebracht

Parameter Globale Imperfektion erfordert die folgenden Parameter.

Verschieblichkeits-Richtung Definiert die Richtung der Verschiebung. Sie kann wirken
- in globaler X oder Y Richtung
- in einem anwenderdefinierten Winkel α gemessen von der X-Achse

Basis Höhe Ist die Z_0 Höhe wo die Verformung beginnt. Zwei Optionen sind möglich:
- Der tiefste Punkt des Modells
- eine benutzerdefinierte Kote Z_0

Gebäudehöhe Die Gebäudehöhe wird von der Z_0 Basis Höhe aus gemessen. Mögliche Optionen sind:
- Vom höchsten Punkt des Modells aus gemessen
- Eine anwenderdefinierter Wert *h*

Neigung Die Neigung wird auf folgende Weise berechnet:

Stahl/ Stahlbeton Die Neigung wird mittels folgender Formel berechnet: $\Phi = \Phi_0 \alpha_h \alpha_m$,
wobei α_h ein Reduzierungsfaktor ist: $\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{(h[m])}}$ with $\frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1$

α_m ist ein Reduktionsfaktor: $\alpha_m = \sqrt{0.5\left(1+\frac{1}{m}\right)}$, wobei *m* ist die Anzahle der beteiligten Stützen pro Geschoss

Mauerwerk
$$\nu = \frac{1}{100\sqrt{h}}$$

Andere * Es kann irgendein Wert durch den Benutzer definiert werden.

4.10.27. Lokale Imperfektionen proportional zur Knickform



Für die Erzeugung dieses Lastfalls wird lediglich die Eingabe einer Imperfektion basierend auf einer Knickform benötigt. Wennimmer eine Lastkombination den Lastfall einer Imperfektion enthält, rechnet AxisVM mit einer imperfekten Geometrie. Auch wenn Lastfälle mit einer Imperfektion proportional zu einer Knickform händisch erzeugt, verändert und gelöscht werden können, werden diese Lastfälle automatisch berechnet und gelöscht basierend auf der Definition und dem Löschen von Imperfektionen.
Für die Erzeugung einer Imperfektion **siehe...** *6.2.1 Berücksichtigung von lokalen Imperfektionen proportional zur Knickform – IMP-Modul*

4.10.28. Vorspannung – PS1 Modul

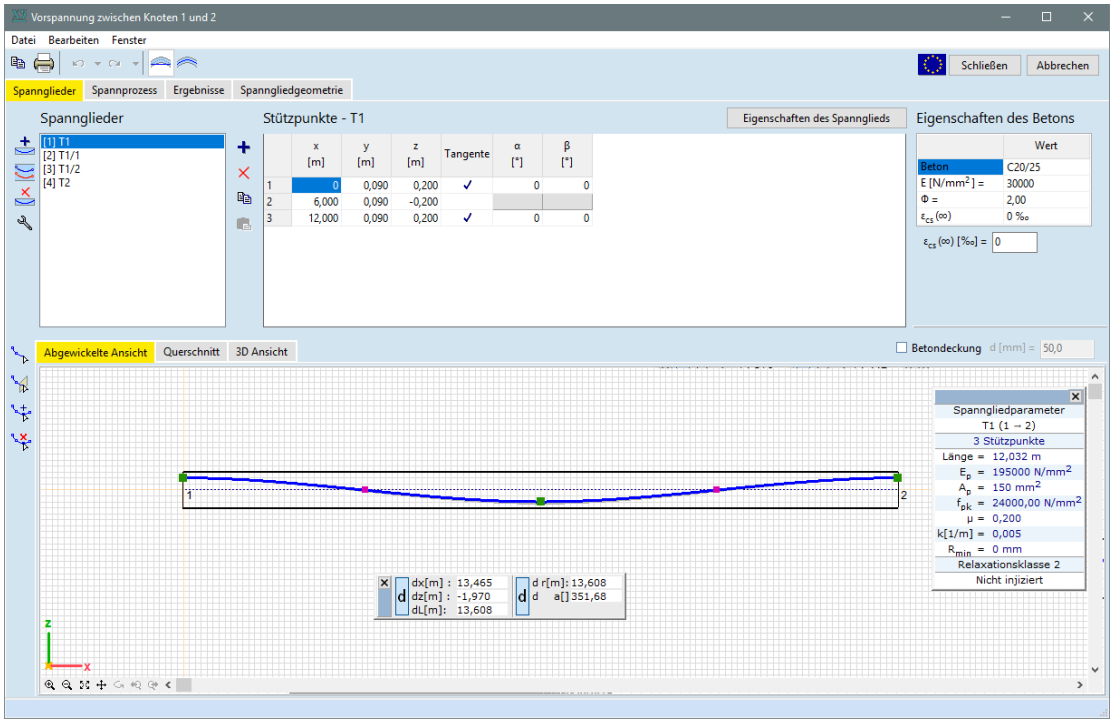
Spannglieder können zu einer kontinuierlichen Auswahl von Träger-, Rippen- oder Ebeneelemente zugewiesen werden. Nach der Definition der Eigenschaften der Spannglieder und des Vorspannprozesses ermittelt AxisVM die Ersatzlasten für den Zustand am Ende des Vorspannprozesses (Lastfall *name-T0*).
Nach einer statischen Berechnung werden die Ersatzlasten für den langfristigen Zustand (Lastfall *name-T1*) aus den massgebenden Resultaten berechnet. Tabellen mit dem Verlauf der Spannglieder können in benutzerdefinierten Intervallen erzeigt werden.

4.10.28.1. Nachspannen von Träger- und Rippenelementen.

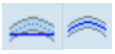


Klicken Sie auf dieses Symbol im *Lasten* Fenster um Spannglieder ausgewählten Träger- oder Rippenelementen zuzuweisen.

Spannglieder



Koordinatensysteme



Die Geometrie eines Spannglieds kann in einem stationären Koordinatensystem (linkes Symbol) oder in einem beweglichen Koordinatensystem (rechtes Symbol) definiert werden. Das **stationäre Koordinatensystem** ist auf einer Geraden angeordnet, die den ersten und letzten Knoten so verbindet, dass die Achse x durch diese Linie und die Achse y durch die anfängliche y-Achse des Trägers definiert ist. Die Richtung der Achse z wird in einem rechtsseitigen Koordinatensystem bestimmt.
Wenn sich die Spannglieder nicht gerade verlaufen (definiert durch einen Bogen oder ein Polygon), kann **das bewegliche Koordinatensystem** gewählt werden. Wenn der Träger ein Bogen ist, dann bewegt sich das Koordinatensystem entlang dieses Bogens. Wenn die Struktur durch ein Polygon definiert ist, wird die Geometrie durch einen kubischen SPline interpoliert. Die x-Achse dieses Koordinatensystems passt sich der Tangente der erzeugten Kurve an, während die z-Achse der lokalen z-Achse des Trägers an jedem einzelnen Punkt folgt. Die Achse y ist in einem rechtsseitigen Koordinatensystem definiert.

Die Geometrie des Spannglieds ist in den folgenden drei Ansichten zu sehen:

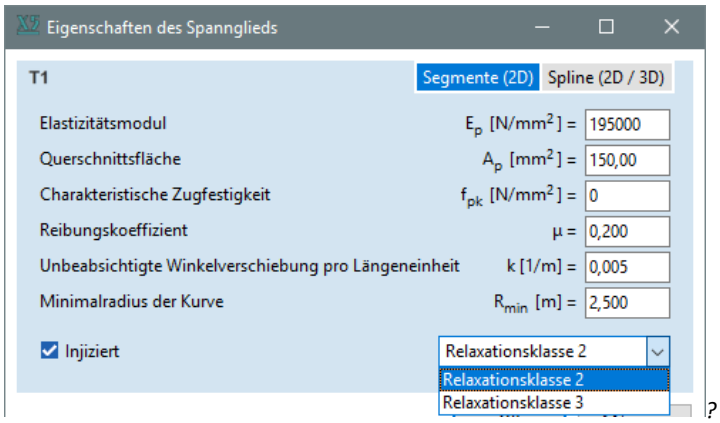
Abgewickelte Ansicht	In der abgewickelten Ansicht ist die Position des Spanngliedes in der Bearbeitungsebene sichtbar. Kontinuierliche Linien stellen den Querschnitt der Bearbeitungsebene und der Elemente dar. Gestrichelte Linien zeigen die Mittellinie und die Projektion der Kanten der Träger auf die abgewickelte Bearbeitungsebene.
Querschnitt	In dieser Ansicht sind die Spanngliedpunkte im y-z-Profil (Querschnitt) dargestellt.
3D Ansicht	Die 3D-Ansicht zeigt das Kabel und die Elemente in 3D.

Beachte: Die Basispunkte der Geometrie und die Wendepunkte werden sowohl in der abgewickelten Ansicht als auch in der 3D-Ansicht dargestellt.

Die folgenden Schaltflächen befinden sich in der vertikalen Symbolleiste neben der Liste der Spannglieder



Neues Spannglied einfügen. Die Geometrie des Spannglieds kann mit den Funktionen der Symbolleiste neben dem Diagramm definiert werden.



Zuerst müssen die Spanngliedparameter definiert werden.

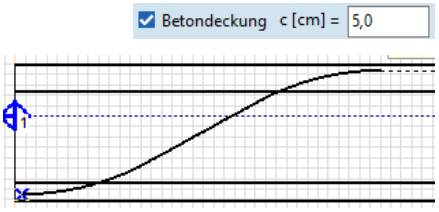
Segmente (2D) Die Geometrie des Spannglieds ist durch eine Serie von Segmenten definiert (gerade-parabolisch-bogen Verbindungen).

Kurven (2D/3D) Die Spanngliedgeometrie ist als SPline definiert:

- E_p E-Modul des Spannstahls
- A_p Querschnittsfläche des Spannglieds
- f_{pk} Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Spannstahls
- μ Reibungsbeiwert zwischen Spannglied und Hüllrohr
- k ungewollte Umlenkung für interne Spannglieder pro Längeneinheit. Abbildung der Verlegegenauigkeit. Üblicherweise 0,005 < k < 0,01.
- R_{min} Minimalradius der Kurve. Ist die Krümmung kleiner als der Grenzwert, werden die entsprechenden Spannglieder rot markiert.
- E_p E-Modul des Spannstahls
- A_p Querschnittsfläche des Spannglieds
- *Relaxationsklassen* *Relaxationsklassen* hängen von den Relaxationseigenschaften des Spannglieds ab. Kabel und Stränge gehören zur *Relaxationsklasse 2.*, warmgerollte und verarbeitete Stränge gehören zur *Relaxationsklasse 3*.
- *Injiziert* Wenn die Hüllrohre mit einem injizierten Material verfüllt werden, ist diese Funktion zu aktivieren.

Hinweis: Um die obigen Eigenschaften zu ändern, wählen Sie das aktive Spannglied und klicken Sie auf die Schaltfläche *Spannglied-Eigenschaften*.

Betonüberdeckung Falls die Maus in der Nähe der oberen oder unteren Ecke der Auswahl ist, findet der Zeiger die Ecke. Falls *Betonüberdeckung* ausgewählt ist, wird der angegebene Punkt nicht auf der Ecke sein sondern in der Auswahl, wie es bei d definiert wurde.
Diese Funktion funktioniert für Segmente und SPlines.



Zeichnen der Spanngliedgeometrie falls SPline (2D/3D) ausgewählt ist. Um eine Spannglied-Geometrie zu zeichnen, verwenden Sie die Schaltflächen in der vertikalen Symbolleiste neben der Zeichnungsfläche und geben Sie die Stützpunkte ein. AxisVM ermittelt die Spannglied-Geometrie als kubische Parabel durch die Stützpunkte, um die Krümmung zu minimieren. Für jeden Stützpunkt kann die Tangenten-Neigung festgelegt werden über folgende Spalten der Tabelle: α (Grundriss) und β (Seitenansicht). Es können Werte zwischen -180° und +180° eingegeben werden. Der Vorgabewert für die Tangenten-Neigungen beträgt 0°. Existierende Stützpunkte können mit der Maus verschoben werden.
Die Parameter des ausgewählten Spannglieds sind neben der Liste der Spannglieder angegeben. Die Parameter können dort auch verändert werden.



Spannglied in 2D zeichnen. Die Stützpunkte können in der Zeichnungsfläche erzeugt werden, entweder durch klicken mit der Maus oder über die Koordinatenpalette. Klicken Sie doppelt oder mit der rechten Maustaste und wählen *Sie* Vervollständigen vom Popup Menu am Ende des SPlines. Mit einem Doppelklick legen Sie einen Stützpunkt als den Letzten fest. Die Position des Spannglieds im Querschnitt muss nur bei

der Eingabe des ersten Stützpunkts. Die weiteren Stützpunkte werden automatisch in derselben lokalen x-z-Ebene (Abwicklung) definiert, die den ersten Stützpunkt enthält.

Schritte um ein Kabel in 2D zu zeichnen:

1. Wählen Sie die x-Position des Querschnittes da wo der Anfangspunkt des Spannngliedes definiert werden soll.
2. Platzieren Sie das Spannglied an die richtige Stelle in der Ansicht *Querschnitt*.
3. Platzieren Sie die anderen Punkte des Spannngliedes in der aufgewickelten Ansicht.



Spannglied in 3D zeichnen. Die Position des Spannglieds im Querschnitt muss bei jedem Stützpunkt festgelegt werden. Doppelklick oder rechte Maustaste*/Beenden* um den letzten Stützpunkt zu definieren.

Schritte um ein Kabel in 3D zu zeichnen:

1. Wählen Sie die Postiion des Querschnittes an welcher Sie den Anfangspunkt des Spannngliedes definieren wollen.
2. Platzieren Sie das Spannglied an der richtigen Postion in der Ansicht *Querschnitt*.

Wiederholen Sie Schritt 1 und Schritt 2 um alle Basispunkte zu setzten.



Neue Stützpunkte hinzufügen. Klicken Sie auf das Kabel um neue Basispunkte zu definieren. Im Falle von mehreren Spannglieder wirkt diese Funktion auf das aktive.



Stützpunkt löschen. Klicken Sie auf einen existierenden Basispunkt um diesen zu Entfernen. Nach dem Entfernen des zweiten Basispunktes, wird das ganze Spannglied entfernt.

Tabelle der Stützpunkte

Eigenschaften von Basispunkten können in der Tabelle bearbeitet werden. X, Y, Z stellen die karthesischen Koordinaten des Basispunktes dar. Falls *Tangent* ausgewählt ist, können *α und β* (die Winkel zwischen der x-Richtung und der Tangente auf der x-y und x-z Ebene) bearbeitet werden.

Grundlinie - Segmente - T1 — Eigenschaften des Spannglieds

	Typ	x_0 [m]	y_0 [m]	α_0 [°]	Radius [m]	Δx_P [m]	Δx_L [m]	L [m]	x_1 [m]	y_1 [m]	α_1 [°]
1	CLC	0,050	3,167	0	2,500	-	2,521	3,500	3,550	2,567	0
2	CLC	3,550	2,567	0	2,500	-	2,285	3,360	6,910	3,187	0
3	CLC	6,910	3,187	0	2,500	-	1,578	1,640	8,550	3,167	0

In der Werkzeugleiste sind folgende Funktionen verfügbar:

 *Neuen Stützpunkt einfügen*

 *Selektierte Linie(n) löschen*

 *Spannglieddaten in die Zwischenablage speichern*

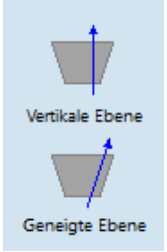
 *Spannglieddaten aus der Zwischenablage einfügen*

Zeichnen der Spannglieder falls Segmente (2D) ausgewählt ist

Diese Methode kreiert Spannglieder mit Segmenten. Jedes Segment besteht aus einem, zwei oder drei Untersegmenten.

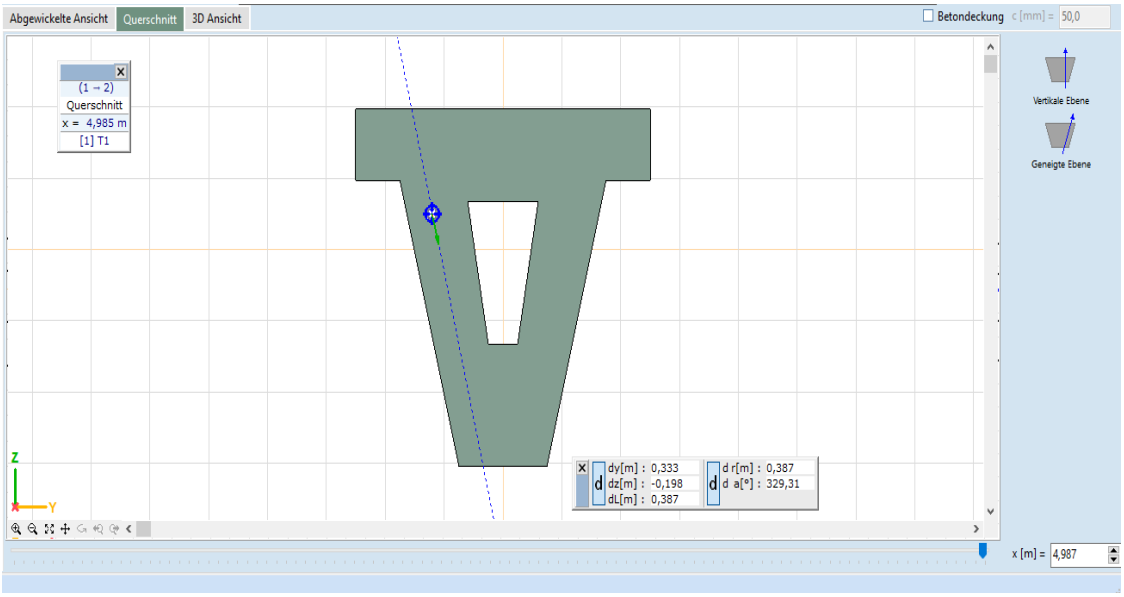
Anmerkung: Falls das bewegende Koordinatensystem ausgewähtl wurde, representieren x,y und z Koordinaten im bewegenden Koordinatensystem.

Definieren des Koordinatensystems des Spannngliedes



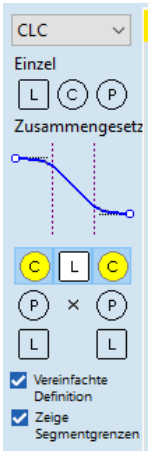
Segmente sind flache Kurven in der abgewickelten Ebene. Die Position und Orientierung dieser Ebene können in der Ansicht *Querschnitt* definiert werden.
Durch Verschieben des Fadenkreuzes am unteren Ende oder durch die Eingabe eines spezifischen Wertes wird eine x-Koordinate entlang des Trägers bestimmt.
Wählen Sie *Vertikale Ebene*, falls das Spannglied in einer vertikalen Ebene verläuft. Klicken Sie dann in den *(y, z)* Bereich, um den Ursprung des Koordinatensystems des Spannglieds zu definieren. Die z-Achse des Koordinatensystems des Spannglieds wird parallel zur lokalen z-Achse des Trägers sein.
Wählen Sie *Geneigte Ebene*, falls das Spannglied in einer nicht vertikalen Ebene verläuft. Klicken Sie in den (y, z) Bereich um den *(x, y, z)* Ursprung des Koordinatensystems des Spannglieds zu definieren und einen anderen Punkt in dem Bereich, um die Neigung zu definieren.

Die Geometrie des ebenen Spanngliedes wird definiert und illustriert in der *abgewickelten Ansicht*.



Definieren des Segmentes

Jedes Segment besteht aus einem, zwei oder drei grundlegenden Teilsegmenten. Die Geometrie der Teilsegmente wird mittels der Symbole der Werkzeugleiste neben dem Diagramm des Spanngliedes bestimmt. Die Abkürzungen bedeuten folgendes:



C	Bogensegment mit definiertem Radius
P	Parabolischer Bogen
L	Linie
x	Kein dazwischenliegendes Teilsegment

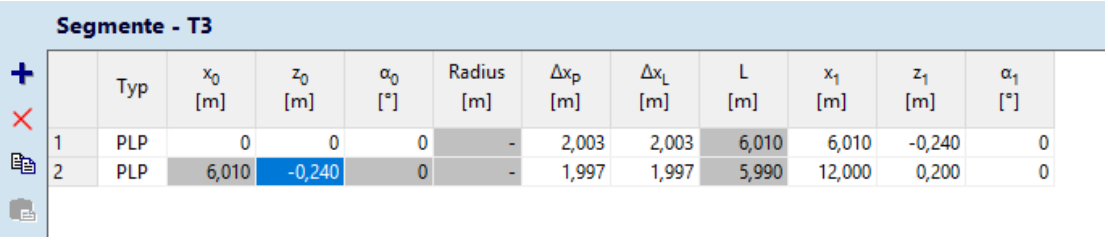
Möglichkeiten:

Einfach	Klicken Sie auf die L, C oder P Symbole (oder wählen Sie L, C oder P von der Dropdown-Liste) um eine einzelne Linie, ein kreisrundes oder parabolisches Teilsegment tangierend zur existierenden Geometrie anzufügen.
Gemischt	Klicken Sie auf die 3 Spalten von Symbolen (oder wählen Sie zwei oder drei Buchstaben Abkürzungen von der Dropdown-Liste) um ein gemischtes Segment aus zwei oder drei Teilsegmenten zu erstellen.
Vereinfachte Definition	Wenn ein gemischtes Segment kreiert wurde und der Haken bei *Vereinfachte Definition* gesetzt ist, ist die Tangierende des letzten Segmentes immer horizontal. Das heisst, falls das letzte Teilsegment des ersten Segmentes ein Bogen ist (z.B. bei einem LC Startsegment), werden alle folgenden Teilsegmente CLC sein. Falls es ein parabolischer Bogen ist (z.B. bei einem LP Startsegment), werden alle folgenden Teilsegmente PLP sein.
Segmentgrenzen anzeigen	Die Segmentgrenzen werden ebenfalls angezeigt.

Danach können die Punkte für die aufeinanderfolgenden Segmente gesetzt werden.

Segmenttabelle

Die Eigenschaften der definierten Segmente können in der Segmenttabelle geändert werden. Die Tabelle und die daneben liegende Symbolleiste enthalten die folgenden Funktionen:



Segmente - T3

	Typ	x_0 [m]	z_0 [m]	α_0 [°]	Radius [m]	Δx_P [m]	Δx_L [m]	L [m]	x_1 [m]	z_1 [m]	α_1 [°]
1	PLP	0	0	0	-	2,003	2,003	6,010	6,010	-0,240	0
2	PLP	6,010	-0,240	0	-	1,997	1,997	5,990	12,000	0,200	0

x_0, z_0 die Koordinaten des Startpunkts des Spannliedsegments,

α_0 der Winkel der Spannglied-Tangente am Startpunkt,

Radius Bei Bogen kann der Radius definiert werden,

Δx_P die Länge in x-Richtung der ersten Parabel

Δx_L die Länge in x-Richtung der Geraden,

Δ_L die Länge in x-Richtung des Segments,

L Länge des Segmentes auf die Grundlinie projeziert.

x_1, z_1 die Koordinaten des Endpunkts des Sehnensegments,

α_1 der Winkel der Spannglied-Tangente am Endpunkt.

Hinweis: Nicht alle geometrischen Parameter sind für verschiedene Segmenttypen verfügbar. So kann beispielsweise die Tangente am Anfang für Gerade-Bogen-Segmente nicht verändert werden, da die Tangente bereits durch die Koordinaten von Start- und Endpunkt und den Radius des Bogens definiert ist.

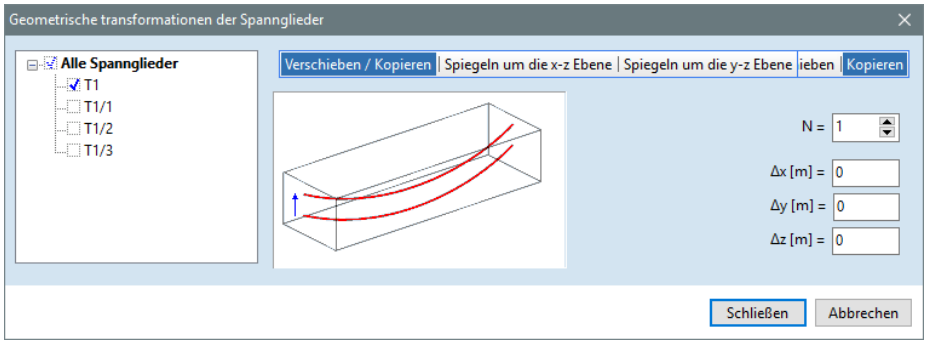
 *neues Segment hinzufügen*

 *ausgewählten Segment entfernen*

 *Spannglieddaten in die Zwischenablage kopieren*

 *Spannglieddaten von der Zwischenablage einfügen*

 *Geometrische Transformationen der Spannglieder*



Die ausgewählten Spannglieder können verschoben oder gespiegelt werden. Die Spannglieder können kopiert oder verschoben werden. Für kopierte Spannglieder werden die Parameter und der Vorspannprozess vom Original übernommen.

 *Spannglied löschen*. Löscht das ausgewählte Spannglied.

 *Service*. Raster- und Cursor-Einstellungen der Längs- und Querschnittsdarstellung können angepasst werden.

Beton Parameter Es können die Materialeigenschaften des Betons überprüft werden. Ausserdem kann die Langzeit-Schwinddehnung $e_{cs}(\infty)$ modifiziert werden.

Vorspannprozess Das zweite Register dient zu Definition des Vorspannprozesses unter Berücksichtigung verschiedener Phasen der Vorspannung. Klicken Sie auf das richtige Symbol um ein neuer Vorgang der Liste hinzuzufügen..



Mögliche Phasen der Vorspannung und deren Parameter.



Spannen von links / rechts / beiden Seiten



Nachlassen von links / rechts / beiden Seiten

Die Kraft wird als Anteil der charakteristischen Fliesspannung des Spannstahls (f_{pk}) festgelegt.



Spannanker auf der linken / rechten / beiden Seiten

Klemmeneinzug der Verankerungs-vorrichtung



Löscht die letzte Phase aus der Liste.

Hinweis: der Anfangspunkt des Kabels ist links, der Endpunkt rechts.

Spannungsverlust durch sequentielle Beanspruchung berücksichtigen

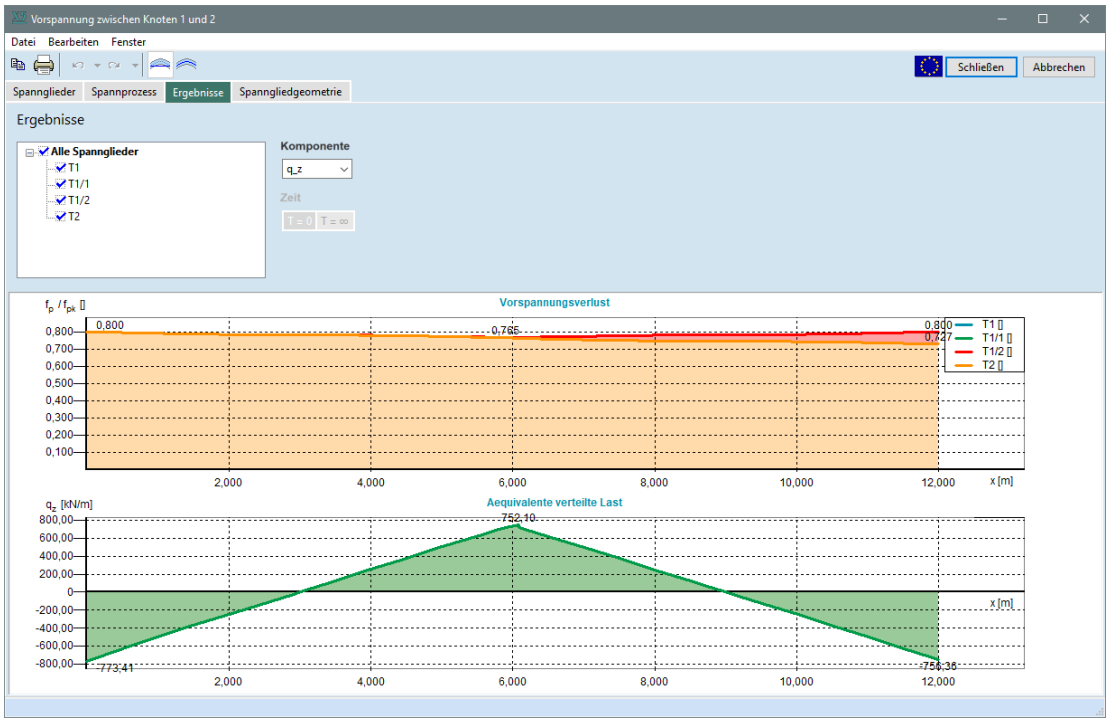
Wenn sich mehr als ein Kabel auf ein Element bezieht, können diese Kabel zu unterschiedlichen Zeitpunkten gespannt werden. Dadurch entsteht bei den zuvor vorgespannten Kabeln ein Spannungsverlust. Mit dieser Option kann der Benutzer dieses Phänomen berücksichtigen.

Anzahl Schritte

Berücksichtigt der Anwender den Verlust durch sequentielles Spannen, so sollte hier die Anzahl der Spannstufen eingestellt werden.

Ergebnisse

Wenn jedem Spannglied gültige Materialparameter, Geometrie und Spannvorgänge zugeordnet sind, werden auf der Registerkarte *Resultat* Ergebnisdiagramme angezeigt. Das obere Diagramm zeigt das Verhältnis der tatsächlichen Spannung zur charakteristischen Zugfestigkeit der ausgewählten Spannglieder. Das untere Diagramm zeigt die gewählte äquivalente verteilte Lastkomponente für die ausgewählten Spannglieder.



Komponente die Komponente des Ersatzlastsystems kann ausgewählt werden. Es stehen drei Kraftkomponenten und drei Momentenkomponenten zur Verfügung.

Zeit Die Spannungen im Kabel und in der äquivalenten Lastkomponente können direkt nach dem Spannen (Auswahl T=0) und nach Langzeitverlusten (Auswahl T=∞) dargestellt werden. Die Komponenten, die sich auf T=∞ beziehen, können erst nach einer statischen Analyse ausgewählt werden.

Unmittelbarer Spannkraftverlust

1. Der Spannkraftverlust infolge Reibung zwischen Spannglied und Hüllrohr an der Position x gemessen ausgehend vom Stützpunkt wird wie folgt berechnet.

$$\sigma_\mu(x) = \sigma_{max}\left(1 - e^{-\mu(\Theta + kx)}\right),$$

mit

σ_{max} Maximale Spannung im Spannglied
Θ Summe der absoluten Umlenkung über eine Strecke x

2. Der Spannkraftverlust infolge elastischer Deformation des Betons wird wie folgt berechnet.

$$\Delta P_{el} = A_p E_p \sum\left[\frac{j\Delta\sigma_c}{E_{cm}}\right],$$

mit

$\Delta\sigma_c$ Spannungsdifferenz im Massenschwerpunkt des Spannglieds
j *= (n–1) / 2n,* wobei n die Anzahl der Vorspannschritte bedeutet
E_{cm} Sekanten-Elastizitätsmodul des Betons

3. Spannkraftverlust an der Verankerung infolge ***Klemmeneinzug der Verankerungsvorrichtung***.

Langzeitiger Spannkraftverlust

Der langzeitige Spannkraftverlust infolge Schwinden und Kriechen des Betons sowie infolge Relaxation des Spannglieds wird wie folgt berechnet.

$$\Delta P_{c+s+r} = A_p \Delta\sigma_{c+s+r} = A_p \frac{\epsilon_{cs} E_p + 0.8\Delta\sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}}\varphi\sigma_{c,QP}}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}}\frac{A_p}{A_c}\left(1 + \frac{A_c}{I_c} z_{cp}^2\right)[1 + 0.8\varphi]},$$

mit

$\Delta\sigma_{c+s+r}$ Spannkraftverlust infolge oben genannter Effekte
E_{cm} Sekanten-Elastizitätsmodul des Betons

$\Delta\sigma_{pr}$ Im Falle von zweiter Relaxationsklasse:

$$\Delta\sigma_{pr} = \sigma_{max} \cdot 0.6\rho_{1000} e^{9.1\mu} \cdot 500^{0.75(1-\mu)} \cdot 10^{-5},$$

Im Falle von dritter Relaxationsklasse:

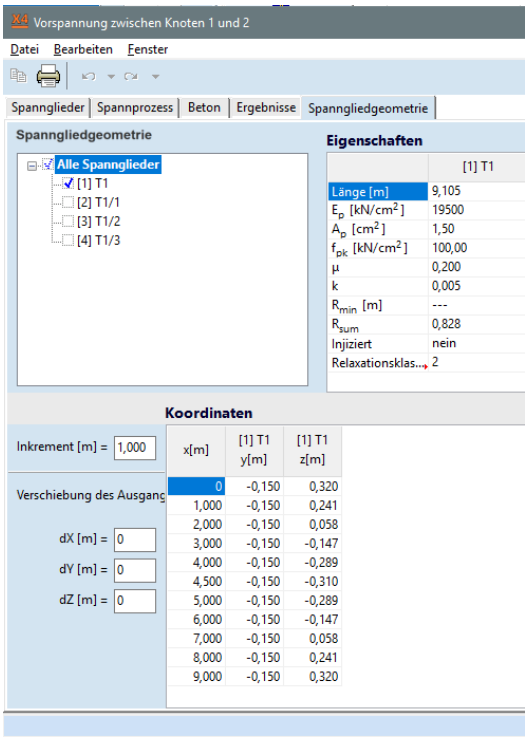
$$\Delta\sigma_{pr} = \sigma_{max} \cdot 1.98\rho_{1000} e^{8\mu} \cdot 500^{0.75(1-\mu)} \cdot 10^{-5},$$

wobei $\rho 1000$ = 2.5% den Relaxationsverlust bei einer mittleren Temperatur von 20°C und 1000 Stunden nach der Vorspannung darstellt.

φ Endwert der Kriechzahl
$\sigma_{c,QP}$ Betonspannung unmittelbar neben dem Spannglied infolge Eigengewicht und Initialvorspannung und weiteren quasiständigen Einflüssen, wo massgebend.
A_p Totale Querschnittsfläche der Spannglieder
A_c Querschnittsfläche des Betonquerschnitts
I_c Flächenträgheitsmoment des Betonquerschnitts
z_{cp} Abstand zwischen dem Massenschwerpunkt des Betonquerschnitts und der Spannglieder

Spanngliedgeometrie

Das letzte Register dient zur Ausgabe der Spanngliedgeometrie für die ausgewählten Spannglieder in gewünschten Intervallen mit optionaler Verschiebung des Ursprungs. Die Tabelle der Spanngliedgeometrie enthält die lokalen *y*- und *z*-Koordinaten für das ausgewählte Spannglied an den berechneten *x*-Koordinaten. Die definierten Stützpunkte werden immer in der Stützpunkttabelle angezeigt.



Hauptsymbolleiste

Die Hauptsymbolleiste enthält zwei Schaltflächen.



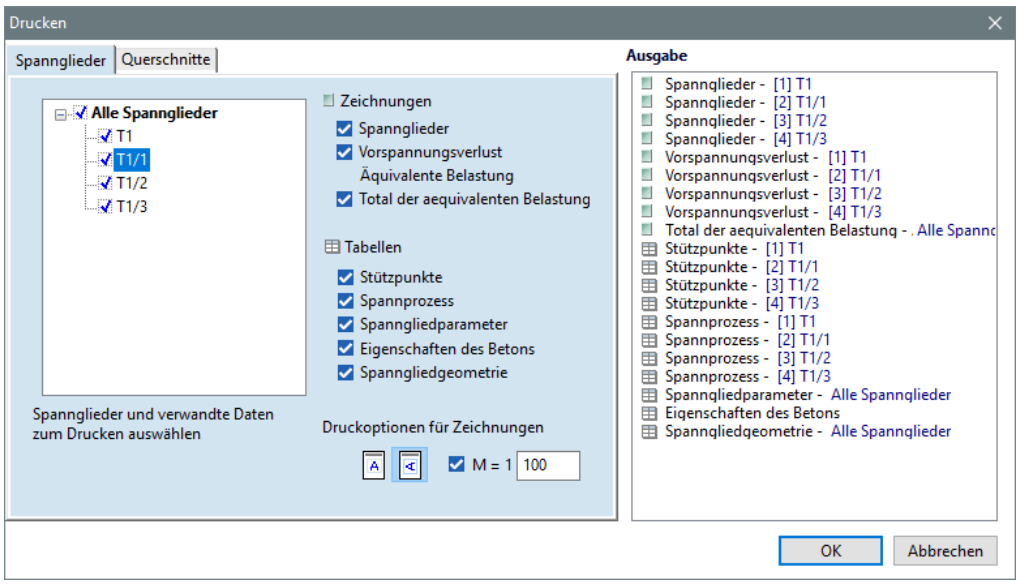
Diagramm kopieren
Ctrl+C

Kopiert die Zeichnung im aktiven Register in die Zwischenablage als Windows Metadatei. Auf diese Weise können die Darstellungen in andere Anwendungen (z.B. MS Word) kopiert werden.

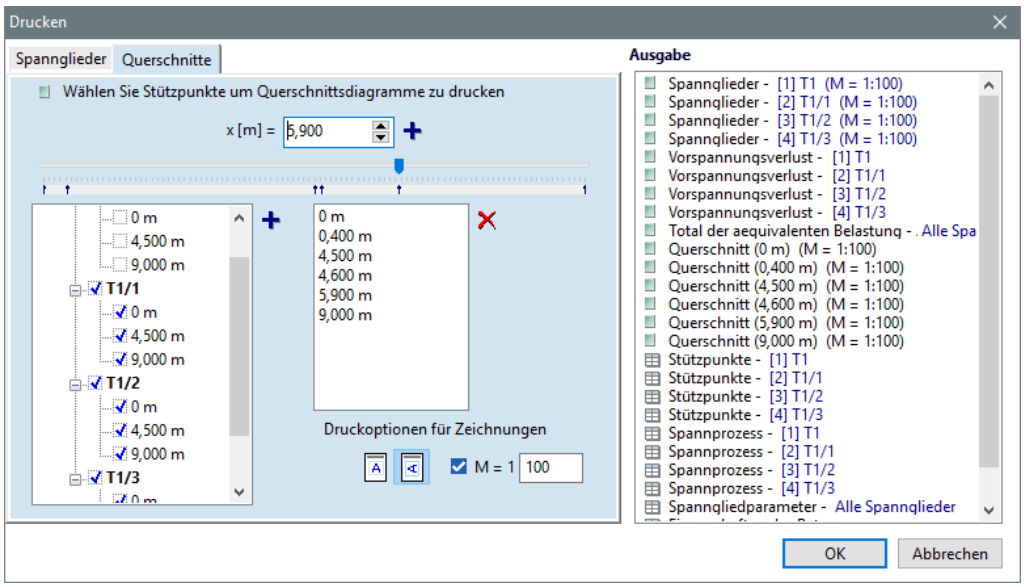


Drucken
Ctrl+P

Druckt einen Bericht zur Vorspannung unter Verwendung von Diagrammen und Tabellen. Die darin enthaltenen Spannglieder und die zu verwendenden Elemente können gewählt werden. Sie können die Blatt-Ausrichtung für das Drucken wählen (Hochformat oder Querformat) und den Massstab setzen (Druckoptionen für Zeichnungen)

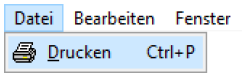


Auswahl der darzustellenden Querschnitte.



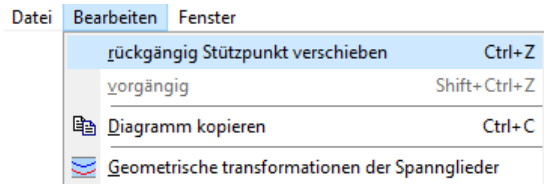
Menü

Datei



Drucken Siehe Hauptsymbolleiste / Drucken

Bearbeiten

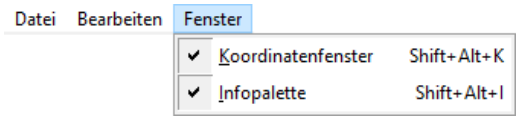


Undo/Redo Rückgängig machen des letzten Befehls oder Wiederholen

Diagramm kopieren **Siehe** *Hauptsymbolleiste / Diagramm kopieren*

Geometrische Transformationen der Spannglieder **Siehe** *Spannglieder / Geometrische Transformationen der Spannglieder*

Fenster



Koordinatenpalette Die Eingaben in den Längs- und Querschnittsdiagrammen wird durch die Koordinatenpalette erheblich vereinfacht. Die Anzeige der Koordinatenpalette kann ein- und ausgeschaltet werden.

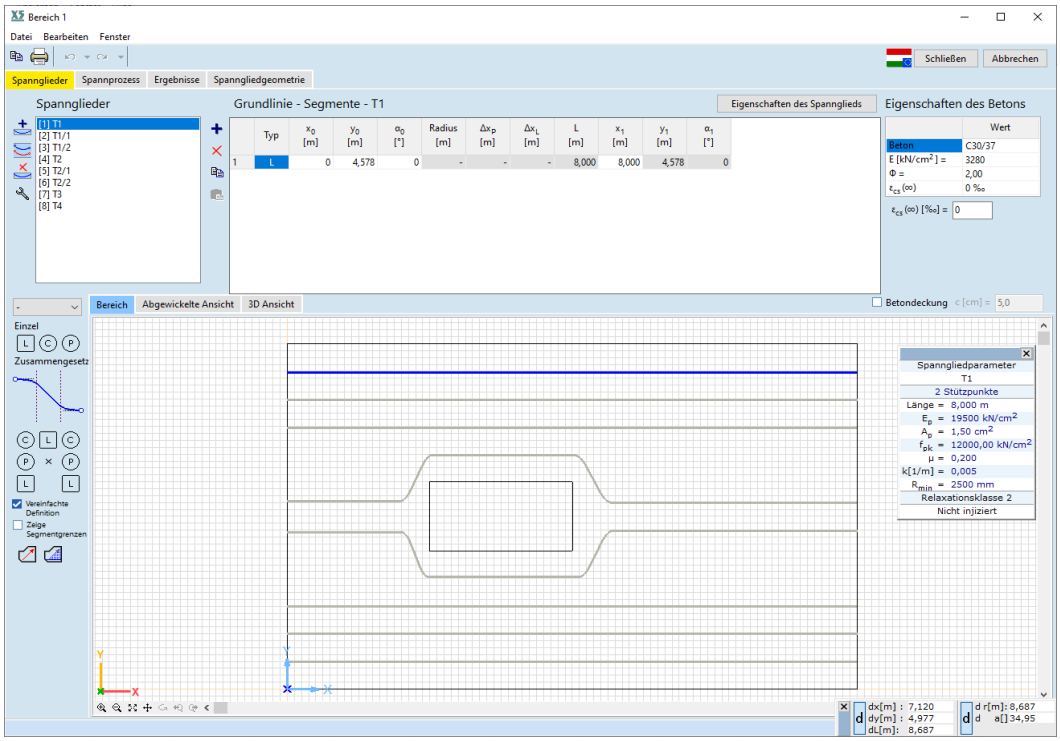
Infopalette In den Diagrammen zeigt die Infopalette die diagrammspezifischen Informationen an.
Die Anzeige der Infopalette kann ein- und ausgeschaltet werden.

4.10.28.2. Nachspannen von Bereichen



Im Lastenfenster können Spannglieder, durch das Klicken auf diese Symbol, ausgewählten Bereichen zugeordnet werden.

Spannglieder Spanngliederparameter und – geometrie werden in der ersten Registerkarte definiert.



Spanngliedgeometrien können in drei Ansichten angezeigt werden:

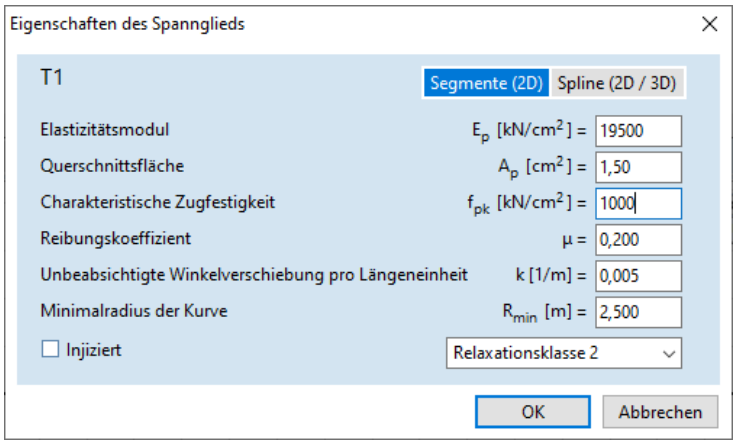
Bereich	Die Spanngliedergeometrie der Kurv auf der mittleren Ebene wird in der obersten Ansicht angezeigt.
Aufgewickelte Ansicht	Die Spanngliedhöhe perpendikular zu der mittleren Ebene wird als eine Funktion von x (die Bogenlänge, welche auf der Grundlinie liegt) angezeigt.
3D Ansicht	Die 3D Ansicht zeigt das Kabel und die Elemente in 3D

Anmerkung: Die Basispunkte der Geometrie und die Wendepunkte werden in der abgewickelten Ansict und in der 3D Ansicht angezeigt.

Symbole auf der vertiklen Werkzeugliste neben der Spannliedliste beinhalten



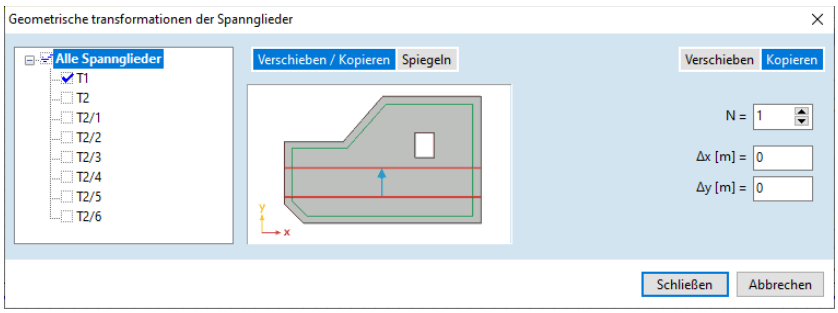
Neues Spannglied hinzufügen
Die Spanngliedeigenschaften sind die gleichen wie im vorherigen Kapitel beschrieben.
Der Definitionsmodus der Spanngliedgeometrie wird hier bestimmt.
Die *Grundlinie* ist die lotrechte Projektion des Spanngliedes auf die mittlere Ebene des Bereiches.
Die *Höhe* ist die lotrechte Abweichung des Spannglieds zur Grundlinie.
Falls *Höhe* als 3D SPline definiert ist, wird die lotrechte Projektion des Spanngliedes vielleicht ebenfalls von der Basislinie abweichen.



Um die oben genannten Eigenschaften zu bearbeiten, wählen Sie das aktive Spannglied und klicken Sie auf Eigenschaften des *Spannglieds*.



Geometrische Transformationen des Spanngliedes



Spannglieder, welche im Baum ausgewählt sind, können verschoben oder gespiegelt werden. Spannglieder können kopiert oder nur bewegt werden. Die *Δx, Δy* Koordinaten werden im Koordinatensystem des Spanngliedes definiert (Siehe weiter unten). Kopierte Spannglieder bekommen die unbearbeitetn Parameter und der ihnen zugewiesene Spannvorgang.

Spannglied entfernen. Entfernt das ausgewählte Spannglied.

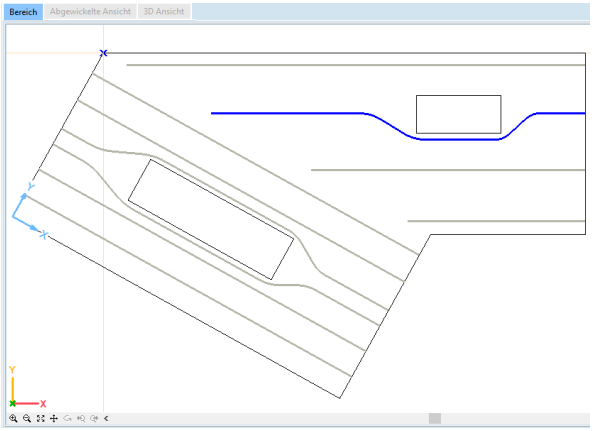
Optionen. Seperate Raster- und Zeigereinstellungen für das longitudionale Diagramm und das Spanngliedquerschnittsdiagramm.

Betonparameter Unter den Betonparameter können die Materialeigenschaften des Betons überprüft werden. Weiter kann das Schwindmass unter Langzeiteinfluss, $e_{cs}(\infty)$, bearbeitet werden.

Spanngliedgeometrie Der erste Schritt ist das Zeichnen der Grundlinie in der Draufsicht im Reiter *Bereich* mittels der segmentbasierenden oder SPlinebasierenden Geometriewerkzeugen. Dies funktioniert auf die selbe Art wie beim Nachspannen von Trägern. Da die Grundlinie in der mitte der Ebene des Bereiches sein muss, ist die SPlinedefinition limitiert zu 2D. Jedes Spannglied hat ihr eigenes Koordinatensystem (Siehe weiter unten).
Der zweite Schritt ist das Zeichnen der Höhenkurve in der aufgewickelten Ansicht der Grundlinie entlang mittels der Definitionsmethode, welche unter dem Dialog *Spanngliedeigenschaften* ausgewählt ist.
Die ausgeählte Betonüberdeckung mit dem entsprechenden Wert hilft der Spanngliedgeometrie genau gleich, wie im Falle von Träger.

Koordinatensystem des Spannglieds

Klicken Sie auf dieses Symbol um den Ursprung (erster Klick) und die lokale X-Koordinate (zweiter Klick) des Spannglieds Koordinatensystem zu definierten. Die Zeichnung des Bereiches wird umgerechnetet und entsprechend rotiert. Zeichen Sie die Grundlinie auf die selbe Art wie bei Trägern. Die Z-Achse des Koordinatensystems des Spannglieds ist lotrecht zu der Ebene, während Y analog zur Rechten-Hand Regel definiert ist. Falls das Koordinatensystem des Spannglieds neu definiert wird, wird das Spannglied komplett entfernt und muss im neuen Koordinatensystem neu gezeichnet werden.



Koordinatensystemd er Trajektorie

Klicken Sie auf das Symbol um den Urpsrung (erster Klick) und die lokale X-Richtung (zweiter Klick) des Koordinatensystem der Trajektorie zu setzen (ein Koordinatensystem für alle Spannglieder).

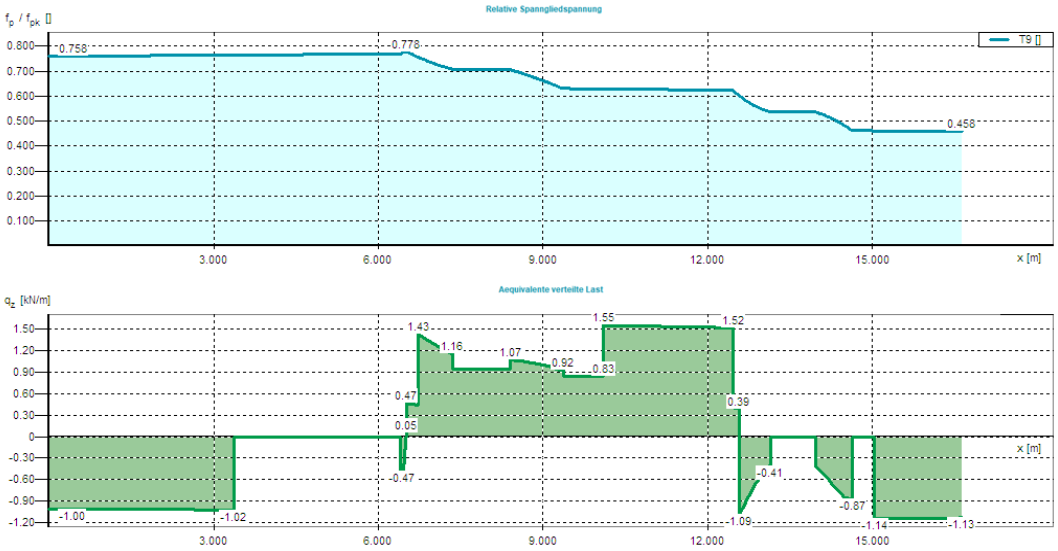
Spannungsablauf

Der zweite Reiter definiert den Spannungablauf der Spannglieder durch Bestimmen der Reihenfolge von gewissen Vorgängen wie bei Trägervorspannung.

Bezieht Spannungsverlust aufgrund von sequenziellen Belastungen Während dem Nachspannen von Bereichen wird der elastische Verlust durch sequenzielle Belastung vernachlässigt.

Resultate

Falls alle Spannglieder gültige Materialparameter, Geometrie und Spannungsablauf haben, werden Resultatsdiagramme im Reiter *Resultate* angezeigt. Das obere Diagramm zeigt dabei das Verhältnis der aktuellen Zugkraft und der characteristischen Zugfestigkeit an. Das untere Diagramm zeigt die ausgewählten equivalent verteilten Lastkomponenten an.
Im Falle von Bereichen kann nur ein Spannglied gleichzeitig für Nachspannen ausgewählt werden.



Komponenten

Der Komponent des equivalenten Belastungssystems kann hier ausgewählt werden. Drei Kraftkomponenten (q_x, q_y, und q_z) und drei Momentenkomponente (m_x, m_y, und m_z) sind verfügbar.

Zeit

Die Belastung in den Kablen und die equivalente Belastungskomponente können direkt nach dem Verspannen (bei T=0) und nach Langzeitverlusten (bei T=∞) illustriert werden. Die Komponente, welche zu *T*=∞ gehören, können erst nach einer statsichen Analyse bestimmt werden.

Die Berechnung des Belastungsverlustes wird auf die selbe Weise gemacht wie für das Nachspannen von Trägern. Die Berechnung des Belastungsverlustes direkt nach dem Verspannen vernachlässigt da elastische Schwinden des Betons.

Trajektorietabellen

Trajektorietabellen können auf der letzten Seite auf die gleiche Weise wie für Träger bestimmt werden. Das Koordinatensystem für Trajektorien kann auf der Seite *Spannglieder* definiert werden.

Für das Hauptmenu und Berichtsfunktionen **siehe...** *4.10.28.1 Nachspannen von Träger- und Rippenelementen.*.

4.10.29. Bewegliche Lasten

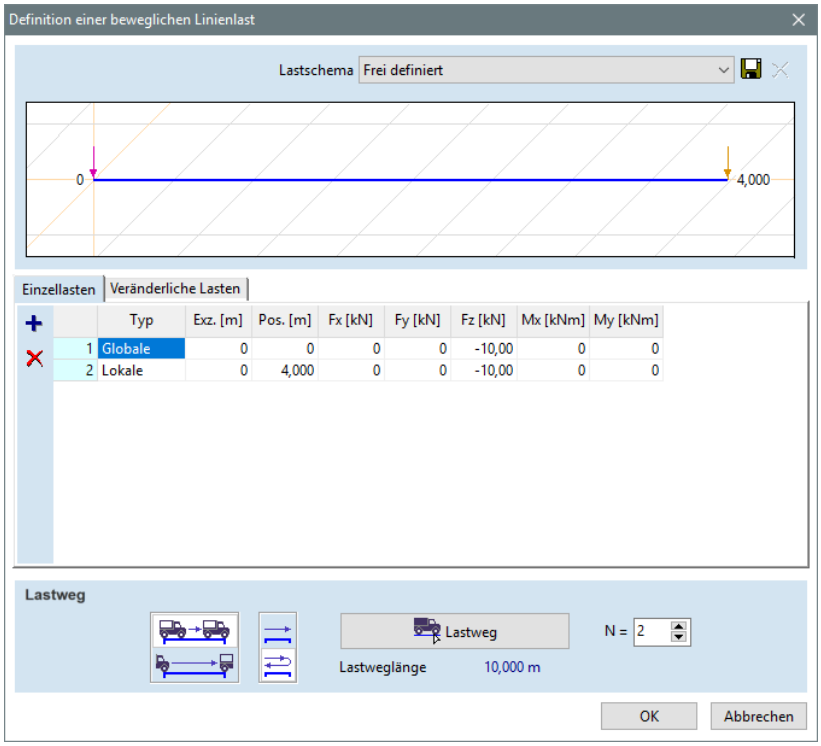


Bewegliche Lasten erlauben das Modellieren einer sich verschiebenden Last mit konstanter Intensität wie z. Bsp. ein Fahrzeug oder ein Kran. Um eine bewegliche Last definieren zu können muss ein Lastfall bewegliche Last existieren.
Er kann erzeugt werden im Register Lasten im Menü "*Lasten und Lastgruppen*".
Siehe... *4.10.1 Lastfälle, Lastfallgruppen*
Die Icons für bewegliche Lasten sind nur dann aktiv, wenn der aktuelle Lastfall vom Typ bewegliche Lasten ist. Nach dem Definieren der Last werden automatisch neue Lastfälle gebildet gemäß Anzahl der definierten Lastschritte. Automatisch erstellte Lastfälle werden automatisch verwaltet und aktualisiert und können nicht einzeln gelöscht oder in eine andere Lastgruppe verschoben werden. Das Erhöhen der Anzahl Lastschritte erzeugt zusätzliche Lastfälle. Durch das Vermindern der Anzahl Lastschritte werden gewisse Lastfälle nutzlos. Diese überflüssigen Lastfälle werden erst vor dem Speichern des Modells gelöscht.
Symbole von beweglichen Lasten können auf zwei Arten dargestellt werden. Die erste Art zeigt nur die aktuelle Phase. Die zweite Art zeigt die auch die restlichen Phasen in grau.

Öffne den Tabellenbrowser die Last und den Lastpfad in Tabellenform zusehen. Diese Tabellen können auf für Dokumentationszwecke verwendet werden.

4.10.29.1. Bewegliche Lasten auf Linienelementen





Eine bewegliche Last auf Linienelementen ist ein Last-Muster, das sich in *N* Schritten auf einem benutzerdefinierten Weg bewegt.
Das Last-Muster kann eine beliebige Kombination von konzentrierten- oder verteilten Lasten enthalten. Individuelle Lasten des Musters können lokal oder global sein und deren Position und Intensitätskomponenten können beliebig definiert werden. Auf diese Weise kann z. Bsp. eine vertikale Kranlast und die gleichzeitig wirkenden Horizontalkräfte auf die Kranbahn aufgebracht werden.
Lasten können hinzugefügt werden durch Klicken auf das + *Icon* und Ausfüllen der Felder in der Datenzeile. Selektierte Zeilen können gelöscht werden durch Klicken des *Löschen Icons* unter dem + Icon. Last-Muster können unter einem beliebigen Namen gespeichert und wieder geladen werden.
Nach dem Definieren eines Last-Musters ist es notwendig, einen Lastweg zu wählen. Dieser muss eine kontinuierliche Folge von Stäben oder Plattenbalken sein. Nach dem Selektieren der Elemente, welche als Lastweg dienen, muss der Start- und Endpunkt des Lastwegs definiert werden. Diese Punkte müssen Knoten auf dem Lastweg sein.
Neben dem Lastweg-Knopf kann der Wert *N* eingestellt werden. Dieser bestimmt die Anzahl Schritte, welche das Last-Muster entlang des Wegs durchlaufen muss.
In der ersten Phase wird die Last mit der kleinsten Koordinate im Muster über dem Startpunkt platziert. In der letzten Phase wird die Last mit der grössten Koordinate im Muster über dem Endpunkt platziert. Die lokale z-Richtung des Last-Musters ist immer die lokale z-Richtung der Linienelemente auf denen es aufgestellt wird.
Verlängern, Verkürzen oder Löschen eines Linienelementes auf dem Lastweg führt zu einer automatischen Neuberechnung der Last-Phasen.



Kranbahnmodus

In der ersten Phase wird die Last mit der kleinsten Koordinate im Muster über dem Anfangspunkt platziert. In der letzten Phase wird die Last mit der grössten Koordinate im Muster über dem Endpunkt platziert.



Brückenmodus

In der ersten Phase wird die Last mit der grössten Koordinate im Muster über dem Anfangspunkt platziert. In der letzten Phase wird die Last mit der kleinsten Koordinate im Muster über dem Endpunkt platziert.

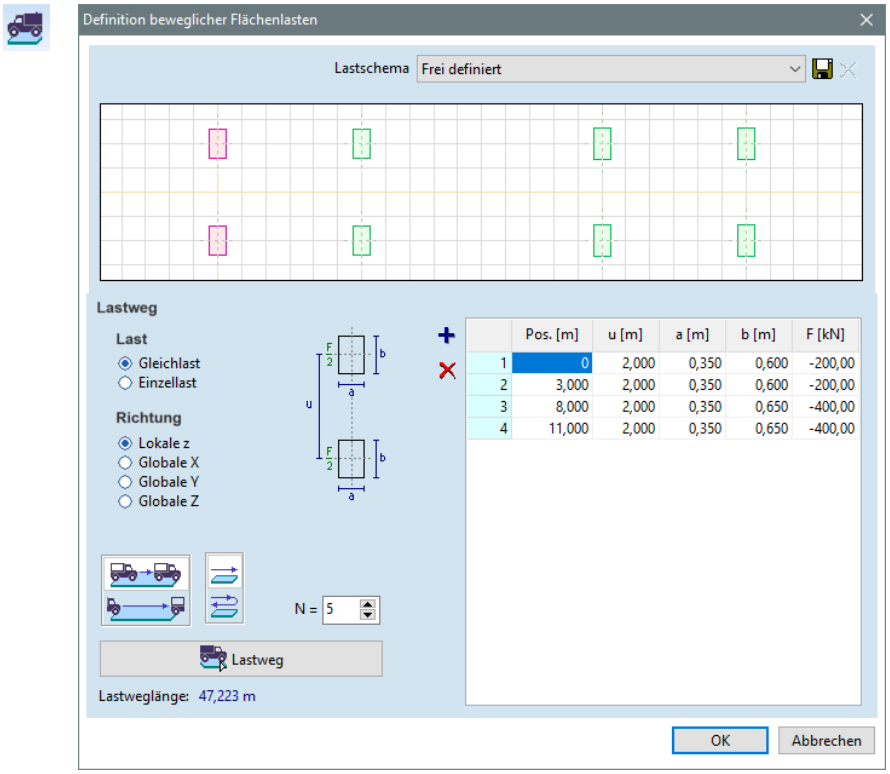


Hinweg: Last bewegt sich vom Anfangspunkt zum Endpunkt in N Schritten.



Hin- und Rückweg: Last bewegt sich vom Anfangspunkt zum Endpunkt und zurück in 2N Schritten.

4.10.29.2. Bewegliche Lasten auf Bereichen oder Lastebenen



Dieser Lasttyp ist vor allem geeignet um Fahrzeuglasten zu definieren. Das Last-Muster besteht aus konzentrierten oder rechteckförmigen Flächenlast-Paaren, welche die Räder der Fahrzeug-Achsen darstellen. *u* ist der Radabstand, *a* und *b* sind die Rechteckabmessungen. Die Achslast *F* wird gleichmässig auf die beiden Räder verteilt. Last-Muster können unter einem beliebigen Namen gespeichert und wieder geladen werden

Die links angeordneten Lasttypen- und Richtungs-Schalter bestimmen die Eigenschaften aller Lasten, welche in der Tabelle eingegeben werden.

Lasten können hinzugefügt werden durch Klicken auf das + *Icon* und Ausfüllen der Felder in der Datenzeile. Selektierte Zeilen können gelöscht werden durch Klicken des *Löschen Icons* unter dem + Icon.

Nach dem Definieren eines Last-Musters ist es notwendig, einen Lastweg zu wählen. Dieser muss eine kontinuierliche Polylinie sein, welche durch Bereiche oder Lastebenen verlaufen muss. Der Lastweg muss nicht in derselben Ebene verlaufen und kann Löcher sowie leere Zonen zwischen Bereichen oder Lastebenen kreuzen. Start- und Endpunkt des Lastwegs ist der erste und letzte Punkt der Polylinie.

Jede Phase wird nur diejenigen Lasten enthalten, welche tatsächlich auf einen Bereich Der Lastweg muss nicht in derselben Ebene verlaufen und kann Löcher sowie leere Zonen zwischen Bereichen oder Lastebenen kreuzen. Start- und Endpunkt des Lastwegs ist der erste und letzte Punkt der Polylinie. fallen. Die lokale z-Richtung des Last-Musters ist immer die lokale z-Richtung der Bereiche Der Lastweg muss nicht in derselben Ebene verlaufen und kann Löcher sowie leere Zonen zwischen Bereichen oder Lastebenen kreuzen. Start- und Endpunkt des Lastwegs ist der erste und letzte Punkt der Polylinie. auf denen es aufgestellt wird.

Falls der Lastweg entlang einer Kante von zwei oder mehr Bereichen verläuft werden nur Bereiche in aktiven Details berücksichtigt. Die lokale *z* Richtung wird gewählt durch Finden des Bereichs mit dem kleinsten Winkel zwischen lokaler *z* und globaler *Z* Richtung.

Neben dem Lastweg-Knopf kann der Wert *N* eingestellt werden. Dieser bestimmt die Anzahl Schritte, welche das Last-Muster entlang des Wegs durchlaufen muss..

In der ersten Phase wird die Last mit der kleinsten Koordinate im Muster über dem Startpunkt platziert. In der letzten Phase wird die Last mit der grössten Koordinate im Muster über dem Endpunkt platziert. Ändern der Bereichsgeometrie oder der Geometrie von Lastebenen führt zu einer automatischen Neuberechnung der Last-Phasen.



Kranbahnmodus

In der ersten Phase wird die Last mit der kleinsten Koordinate im Muster über dem Anfangspunkt platziert. In der letzten Phase wird die Last mit der grössten Koordinate im Muster über dem Endpunkt platziert.



Brückenmodus

In der ersten Phase wird die Last mit der grössten Koordinate im Muster über dem Anfangspunkt platziert. In der letzten Phase wird die Last mit der kleinsten Koordinate im Muster über dem Endpunkt platziert.



Hinweg: Last bewegt sich vom Anfangspunkt zum Endpunkt in N Schritten.



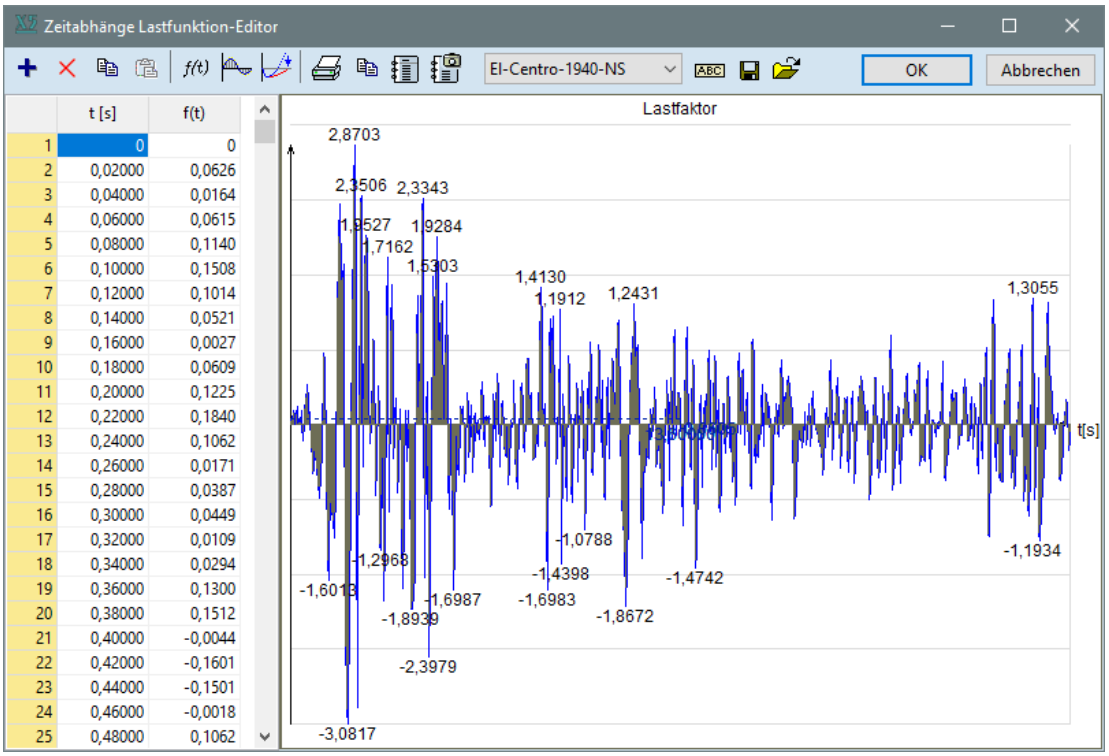
Hin- und Rückweg: Last bewegt sich vom Anfangspunkt zum Endpunkt und zurück in 2N Schritten.

4.10.30. Dynamische Lasten (für Time-History-Berechnung) - DYN Modul

Dynamische Knotenlasten und Beschleunigungsfunktionen können für die Time-History-Berechnung definiert werden.
Beschleunigungsfunktionen können für die Erdbebenberechnung benutzt werden. In diesem Fall wird empfohlen, um richtige seismische Accelerogramme zu erhalten und diese Funktionen Stützknoten zuzuweisen, die Auswirkungen des Erdbebens zu berechnen. Diese Methode liefert genauere Ergebnisse als die Antwort-Spektren-Analyse und kann verwendet werden, selbst wenn nichtlineare Elemente im Modell definiert sind (nichtlineare Auflager, nur-Duck-Stabwerke usw.). Der Nachteil ist, dass sie nicht mit anderen Lastarten automatisch kombiniert werden kann.

☞ ***Um Knotenlasten oder Beschleunigungsfunktionen festzulegen, muss der aktuelle Lastfall ein dynamischer Lastfall sein.*** **Siehe...** *4.10.1 Lastfälle, Lastfallgruppen*

Funktionen definieren

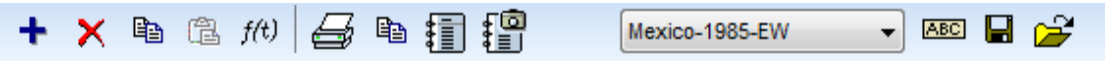


	t [s]	f(t)
1	0	0
2	0,02000	0,0626
3	0,04000	0,0164
4	0,06000	0,0615
5	0,08000	0,1140
6	0,10000	0,1508
7	0,12000	0,1014
8	0,14000	0,0521
9	0,16000	0,0027
10	0,18000	0,0609
11	0,20000	0,1225
12	0,22000	0,1840
13	0,24000	0,1062
14	0,26000	0,0171
15	0,28000	0,0387
16	0,30000	0,0449
17	0,32000	0,0109
18	0,34000	0,0294
19	0,36000	0,1300
20	0,38000	0,1512
21	0,40000	-0,0044
22	0,42000	-0,1601
23	0,44000	-0,1501
24	0,46000	-0,0018
25	0,48000	0,1062

Dynamische Lasten und Beschleunigungen werden durch Funktionen definiert, die die Parameter in der Zeit beschreiben. Das Symbol + fügt eine neue Zeile hinzu, Das Lösch-Symbol löscht die ausgewählten Zeilen. Funktionen werden automatisch geplottet und können gedruckt werden. Funktionen können wiederverwendet werden. Um sie später verfügbar zu machen, speichern Sie sie in die Funktionsbibliothek. Gespeicherte Funktionen können neu geladen, bearbeitet und unter einem neuen Namen gespeichert werden. Die einzelnen Funktionen werden in der unter der Programmbibliothek generierten dfn Bibliothek als selbstständige Dateien mit Dateiname.dnf gespeichert. Im Editor können wir die vorher gespeicherte Funktionen editieren und diese unter einen anderen Namen speichern.

Gespeicherte Funktionen können erneut geladen, angepasst und unter neuem Namen gespeichert werden. Die Funktionen werden in einzelnen *.dfn Dateien gespeichert unter *c:\ Users \ [Benutzername] \ AppData \ Roaming \ AxisVM \ [Versionsnummer] \ dfn*.

☞ ***Wenn die Gesamtdauer der dynamischen Analyse die Länge der Funktion überschreitet, wird angenommen, dass die Parameterwerte nach Funktionsende Null betragen.***



Tabellenfunktionen:

Neue Eingabezeilen zugeben

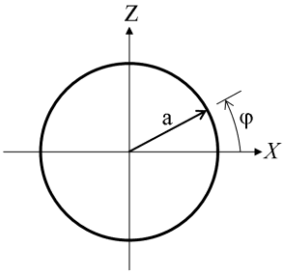
Die markierten Eingabezeilen auslöschen

Der Inhalt der markierten Zellen in die Zwischenablage kopieren

Der Inhalt der Zwischenablage in die Tabelle einfügen

Formel editieren

Die *f(t)* Last-Funktion kann als Formel angegeben werden. Die Operatoren und Funktionen in der Formel können: *+, –, * , /, ( ), sin, cos, tan, exp, ln, log10, log2, sinh, cosh, tanh, arcsin, arccos, arctan, arcsinh, arccosh, arctanh, int, round, frac, sqr, sqrt, abs, sgn, random* sein.
Der Wert der Funktion *random(t)* ist ein zufälliger Wert zwischen 0 und 1.
Eine Maschine, welche um die Y-Achse dreht hat eine dynamische Lastfunktion mit den folgenden X- und Z-Komponenten:



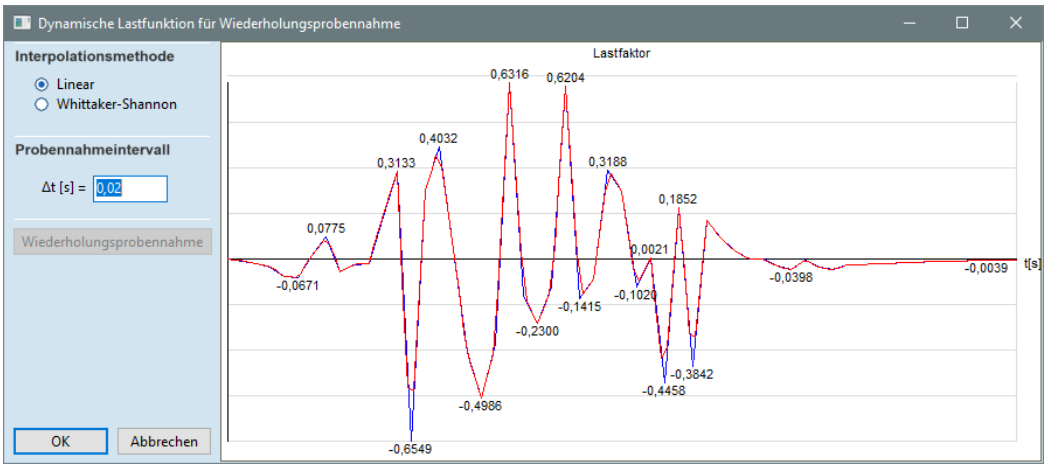
$$f_X(t) = a \cdot \cos(\omega t + \varphi) \text{ und } f_Z(t) = a \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

Da diese Funktionen Serien von Werten darstellen muss ein Zeitschritt Δt und eine Gesamtzeit T_{max} angegeben werden.

Wiederholungsprobennahme der originalen Funktion mit gleichmässiger Probennahme.
Die Werte der neuen Funktion zu Probenahmezeitpunkten, die sich zwischen den Ursprungspunkten befinden, werden durch Interpolation ermittelt. Folgende Interpolationsmethoden stehen zur Verfügung:

Linear

Die ursprüngliche Funktion wird als stückweise linear betrachtet und die Werte der neuen Funktion werden aus den linearen Segmenten gewonnen. In der folgenden Abbildung sind die ursprüngliche Funktion (blaue Linie) und die neue Funktion (rote Linie) gemeinsam zu sehen.



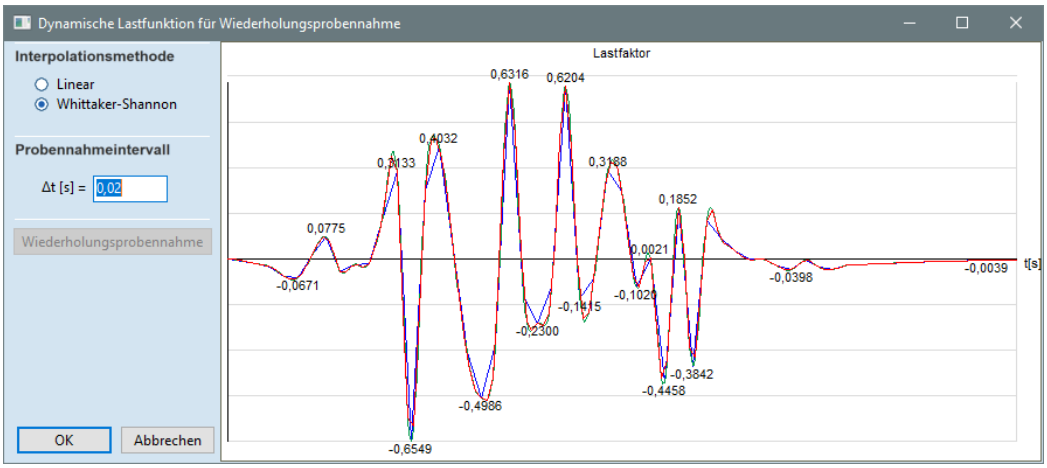
Diese Methode wird empfohlen, wenn die ursprüngliche Funktion wirklich stückweise linear ist. Wenn die ursprüngliche Funktion eine kontinuierliche Wiederholungsprobennahme-Funktion ist (z.B. Messprotokoll oder eine aus der Fourier-Spektralzusammensetzung erzeugte Funktion), kann dieses Verfahren die ursprüngliche gekrümmte kontinuierliche Funktion zwischen den Abtastpunkten nicht annähern.

Außerdem gehen im vorhergehenden Bild mehrere lokale Extremwerte der ursprünglichen Funktion verloren, da die Probennahmezeitpunkte der neuen Funktion nicht mit den Ursprünglichen übereinstimmen. In solchen Fällen wird die *Whittaker-Shannon*-Interpolationsmethode empfohlen.

Whittaker-Shannon

Die ursprüngliche Funktion wird als äquidistante, abgetastete Wiederholungsprobennahme-Funktion betrachtet. Die Werte der neuen Funktion werden aus der rekonstruierten kontinuierlichen Funktion gewonnen.

In der folgenden Abbildung sind die ursprüngliche Funktion (blaue Linie), die rekonstruierte kontinuierliche Funktion (grüne Kurve) und die neue Funktion (rote Linie) gemeinsam zu sehen. Es ist auch zu erkennen, dass die ursprünlichen Extremwerte der kontinuierlichen Funktion in der rekonstruierten Funktion auftreten.



Die implementierte Methode basiert auf der Whittaker-Shannon-Interpolationsformel [37]:

$$f_{new}(t) = \sum_{i=1}^{n} f(t_i) \cdot \mathrm{sinc}\left(\frac{t - t_i}{h}\right) = \sum_{i=1}^{n} f(t_i) \cdot \frac{\sin\left(\pi \frac{t - t_i}{h}\right)}{\pi \frac{t - t_i}{h}}$$

wobei h der Probennahmeintervall der ursprünglichen Funktion ist und $t_i = hi$ dis die Probenahmeinstanz des i-ten Punktes der ursprünglichen Funktion.

Wenn das Nyquist-Kriterium[38] erfüllt ist (die kontinuierliche Funktion wurde bandbegrenzt und die Abtastrate der ursprünglichen Aufzeichnung war mindestens das Zweifache der Bandgrenze), kann die ursprüngliche kontinuierliche Funktion perfekt rekonstruiert werden. Obwohl eine Funktion mit endlicher Länge nicht bandbegrenzt werden kann, kann das Nyquist-Kriterium in praktischen Fällen gut approximiert werden. Daher kann eine gute Schätzung der ursprünglichen kontinuierlichen Funktion erhalten werden.

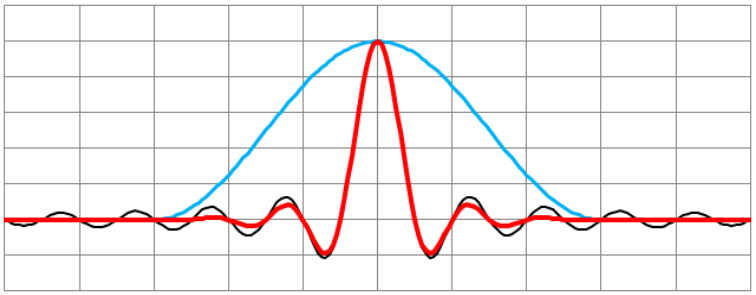
Da die Whittaker-Shannon-Interpolationsfunktion unendlich lang ist, kann das Ausblenden des Endes der Funktionen wellig werden. Um dieses Phänomen zu vermeiden, wird bei der implementierten Methode ein weiterer Kosinus-Formfaktor verwendet:

$$f_{new}(t) = \begin{cases} \sum_{i=1}^{n} f(t_i) \cdot \frac{\sin\left(\pi \frac{t - t_i}{h}\right)}{\pi \frac{t - t_i}{h}} \cdot W_i(t) & if \quad |t - t_i| \le 0.5T_w \\ 0 & if \quad |t - t_i| > 0.5T_w \end{cases}$$

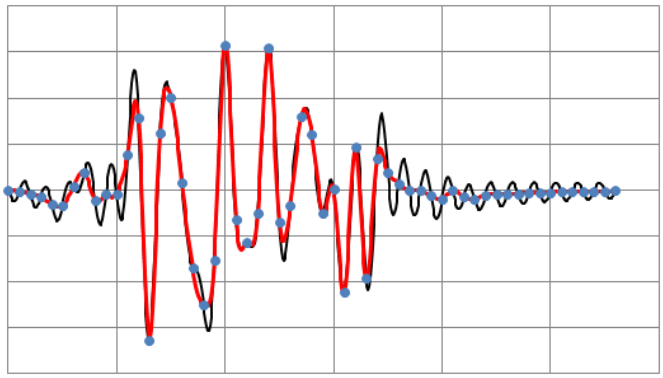
$$W_i(t) = \begin{cases} \frac{1 + \cos\left(\pi \frac{t - t_i}{0.5T_w}\right)}{2} & if \quad |t - t_i| \le 0.5T_w \\ 0 & if \quad |t - t_i| > 0.5T_w \end{cases}$$

wobei T_w die Länge der Kosinuswelle ist. Er wird auf 10% der Länge des Datensatzes gesetzt.

Das folgende Bild zeigt die ursprüngliche Whittaker-Shannon-Interpolationsfunktion (schwarze Kurve), den Kosinus-Formfaktor (blaue Kurve) und die resultierende Finite-Länge-Interpolationsfunktion (rote Kurve).

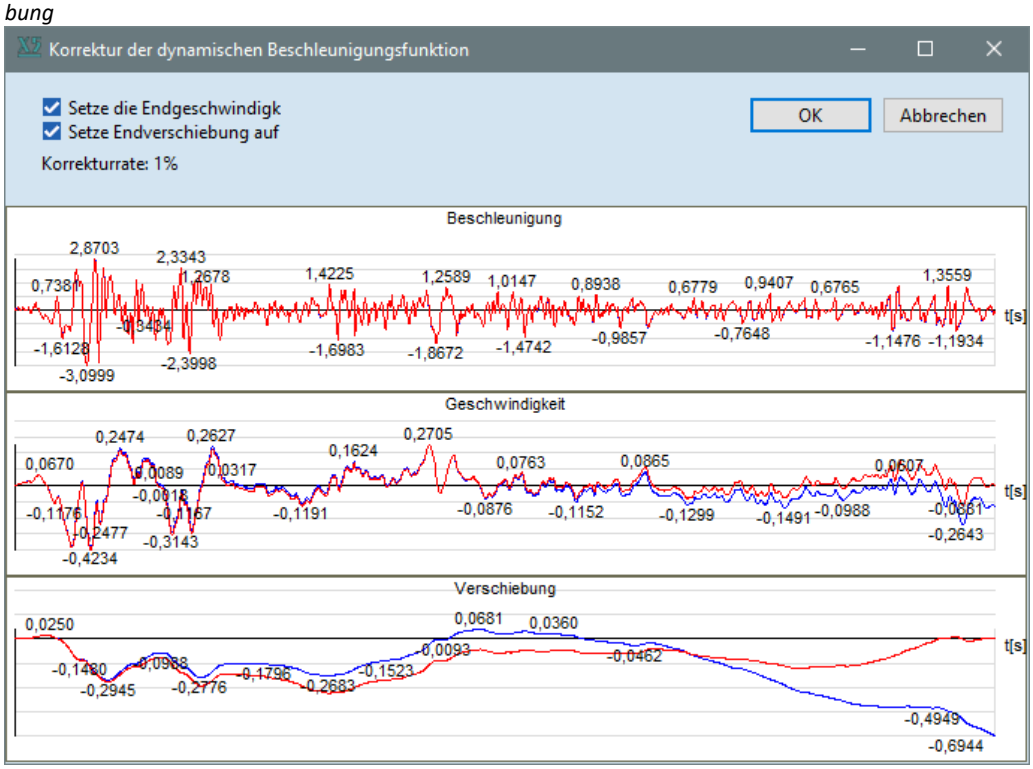


Im folgenden Bild sind die Wellenenden, die mit der ursprünglichen Whittaker-Shannon-Interpolationsformel (schwarze Kurve) und das glatte Ende mit der Wavelet-Interpolation (rote Kurve) erhalten wurden, zusammen zu sehen. Die blauen Kreise zeigen die Probennahmepunkte der ursprünglichen Funktion. Es ist zu erkennen, dass in der Mitte des großen Amplitudenteils der Aufzeichnung die rekonstruierten kontinuierlichen Funktionen, die mit den verschiedenen Interpolationsfunktionen erhalten wurden, nahezu übereinstimmen. Aber an den Enden wird nur die rote Kurve geglättet.



☞ ***Die Whittaker-Shannon-Interpolationsmethode ist nur für Funktionen verfügbar, die durch äquidistante Wiederholungsprobennahme erhalten wurden.***

Korrektur der Beschleunigungsfunktion zur Erzeugung von Null-Endgeschwindigkeit und/oder Null-Endverschiebung



Gemessene Erdbebenbeschleunigungen erzeugen in der Regel nicht genau Nullgeschwindigkeit und Nullverschiebung am Ende der Aufzeichnung, da die Messungen ungenau sind. Die Endgeschwindigkeit ungleich Null erscheint als eine unendliche Bewegung der Lager mit konstanter Geschwindigkeit über das Ende der Aufzeichnung hinaus. Die Endverschiebung ungleich Null bewirkt, dass die Lager am Ende der Aufzeichnung aus ihrer ursprünglichen Position heraus stoppen. Jede dieser Ungenauigkeiten kann durch eine kleine Modifikation der Beschleunigungsfunktion beseitigt werden. Die Art der Korrektur kann über die Kontrollkästchen ausgewählt werden. Die blaue Grafik zeigt den ursprünglichen und die rote Grafik den korrigierten Datensatz. Die Korrekturrate wird durch das Verhältnis der RMS-Werte der Änderung und des ursprünglichen Datensatzes definiert.

$$Correction\ rate = \frac{RMS\big(a_{corr}(t) - a(t)\big)}{RMS\big(a(t)\big)} = \frac{\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T \big(a_{corr}(t) - a(t)\big)^2 dt}}{\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T a^2(t) dt}}$$

wobei $a(t)$ die originale Funktion und $a_{corr}(t)$ die korrigierte Funktion ist.

Die implementierte Korrekturmethode ähnelt jener von Wilson [39, Anhang J.4].
Die Geschwindigkeit und die Verschiebung am Ende der Aufzeichnung sind

$$V = \int_0^T a(t)dt \qquad \mathrm{U} = \int_0^T (T - t)a(t)dt$$

Die korrigierte Aufzeichnung wird bestimmt durch

$$a_{corr}(t) = \begin{cases} \big(1 + c_1^+ h_1(t) + c_2^+ h_2(t)\big)a(t) & if \quad a(t) \geq 0 \\ \big(1 + c_1^- h_1(t) + c_2^- h_2(t)\big)a(t) & if \quad a(t) < 0 \end{cases}$$

wobei $h_1(t) = \frac{T-t}{T}$ und $h_2(t) = \frac{t}{T}$ Gewichtungsfunktionen sind und c_1^+, c_1^-, c_2^+, c_2^- die Korrekturfaktoren.

Die Geweichtungsfunktion $h_1(t)$ fokussiert die Korrektur aufgrund der ungleich-Null-Endverschiebung zum Anfang der Aufzeichnung, während $h_2(t)$ die Korrektur aufgrund der ungleich-Null-Endverschiebung am Ende der Aufzeichnung fokussiert. Die vier Korrekturfaktoren werden aus den folgenden vier Kriterien ermittelt. Die Endgeschwindigkeit und der Endweg nach der Korrektur sollten Null sein oder je nach Zustand der Kontrollkästchen gleich ihren ursprünglichen Werten sein. Der Betrag der Korrekturen, die auf den positiven und den negativen Teil der Aufzeichnung angewendet werden, sollte gleich sein.

Obwohl die vorhergehenden Formeln als kontinuierliche Funktionen der Zeit geschrieben sind, werden die Berechnungen an der diskreten Zeitreihe des Beschleunigungsschemas durchgeführt.

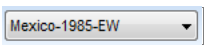
Diagramm- und Dokumentationsfunktionen


Drucken


Diagramm in die Zwischenablage kopieren


Startet die Ausgabezusammenstellung


Darstellung zur Galerie hinzufügen



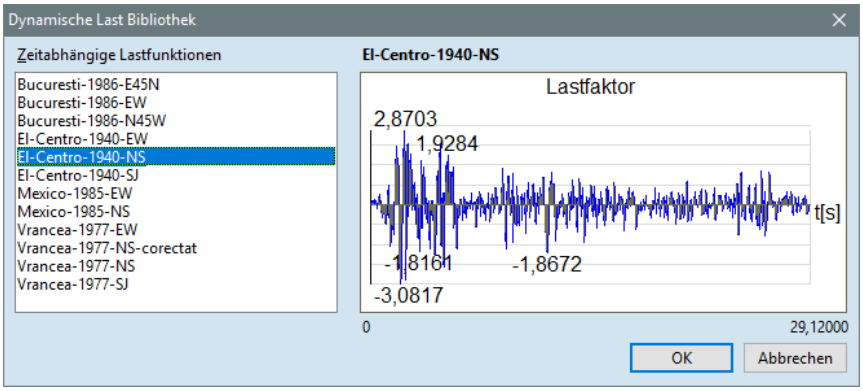
Vorher gespeicherte Funktion aus der Funktionsbibliothek einlesen



Umbenennen der aktuellen Funktion


Aktuelle Funktion speichern

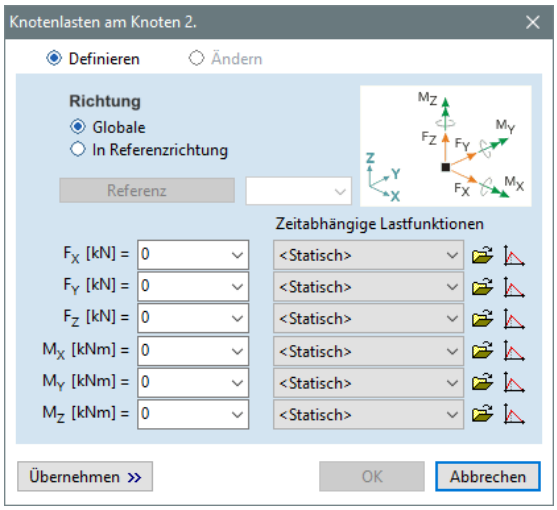

Die Lastfunktion kann auch aus der Lastfunktionsbibliothek ausgewählt werden



☞ ***Der Anfangszeitpunkt muss jeden Fall t=0 sein. Wenn die Last nicht im Zeitpunk t=0 zu wirken anfängt, soll sie bis zum T Anfangszeitpunkt mit Funktionswert 0 wirken.***

4.10.30.1. Dynamische Knotenlast

Um dynamische Knotenlasten festzulegen, wählen Sie die Knoten aus, und stellen die Parameter im Dialog ein.
Für jede Komponente können Sie eine Intensität und eine dynamische Lastfunktion zuweisen, welche die Zeitabhängigkeit des Lastfaktors beschreibt.
Um eine vorhandene Funktion aus der Bibliothek zu verwenden, klicken Sie das erste Symbol neben der Auswahlbox an. Um die Lastfunktion zu bearbeiten, klicken Sie das zweite Symbol an.



Die Lastrichtungen können die globalen X-, Y- und Z-Richtungen sein oder die Richtung kann durch eine gewählte Referenz bestimmt werden. In diesem letzten Fall gibt es nur eine Kraft- und Momentenkomponente.
Es ist möglich, eine kontante (zeitunabhängige) Last zu definieren, indem <Statisch> aus der Auswahlbox *Zeitabhängige Lastfunktionen* gewählt wird.

Der aktuelle Wert einer Lastkomponente in t wird berechnet als $a_i(t) = a_i \cdot f_i(t)$, z.B. die Lastintensität wird multipliziert mit dem zeitabhängigen Lastfaktor.

☞ ***Falls eine dynamische Last an einem Auflager definiert wird, an welchem schon eine dynamische Last definiert worden ist, wird die schon definierte überschrieben.***

☞ ***Beschleunigung greift am Boden der Lagerlinie an. Die Beschleunigung des Auflagers kann jeh nach Steifigkeit des Lagers unterschiedlich sein.***

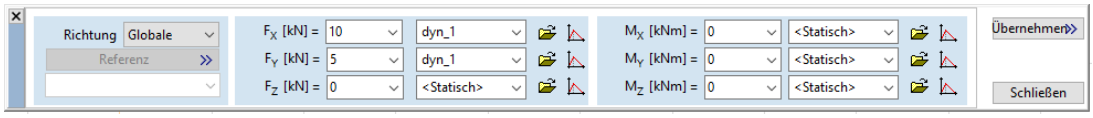
☞ ***Falls eine Beschleunigung für ein Lager definiert wird an dem bereits eine existierende Beschleunigungskraft wirkt, wird die bestehenden überschrieben.***

☞ ***Falls mehrere Knotenlager an einen Knoten verbunden sind, wirkt die Beschleunigung auf alle Lager.***

Ändern, Löschen Dynamische Knotenlasten können auf dieselbe Weise wie statische Lasten geändert oder gelöscht werden.

Dynamische Knotenlasten werden als gestrichelte gelbe Pfeile dargestellt.

4.10.30.2. Dynamische Konzentrierte Lasten in Bereichen oder auf Lastebenen

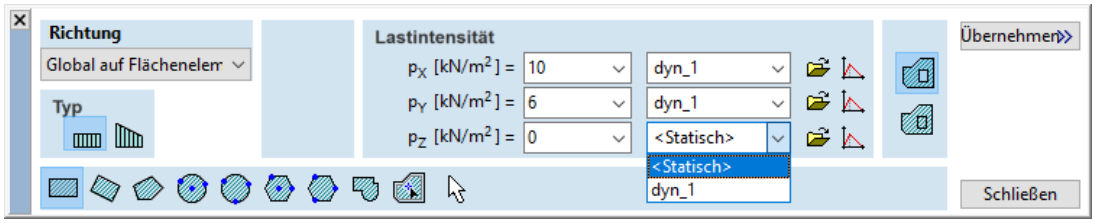


Die Position und die Richtung der Last auf die Igleiche Weise definiert werden wie im *4.10.5 Einzellast auf Bereich oder Lastebene*.
Eine Intensität der Last sowie eine zeitabhängige Funktion können für jede Komponente der Last definiert werden. Funktionen können im Funktionseditor erzeugt und verändert werden oder aus der Funktionsbibliothek importiert werden.

☞ ***Der tatsächliche Wert einer Last zu einem bestimmten Zeitpunkt t ist die Intensität der Last multipliziert mit der zeitabhängigen Funktion:*** $F_i(t) = F_i \cdot f_i(t)$

✍ Eine dynamische Kraft wird als gelbe, gestrichelte Linie dargestellt.

4.10.30.3. Netzunabhängige, dynamische Flächenlast in bereichen oder auf Lastebenen



Das Kräftepolygon und die Richtung der Last können definiert werden wie im *4.10.10 Netzunabhängige Flächenlasten auf Bereichen*. Eine Intensität der Last sowie eine zeitabhängige Funktion können für jede Komponente der Last definiert werden. Funktionen können im Funktionseditor erzeugt und verändert werden oder aus der Funktionsbibliothek importiert werden.

☞ ***Der tatsächliche Wert einer Last zu einem bestimmten Zeitpunkt t ist die Intensität der Last multipliziert mit der zeitabhängigen Funktion:*** $F_i(t) = F_i \cdot f_i(t)$

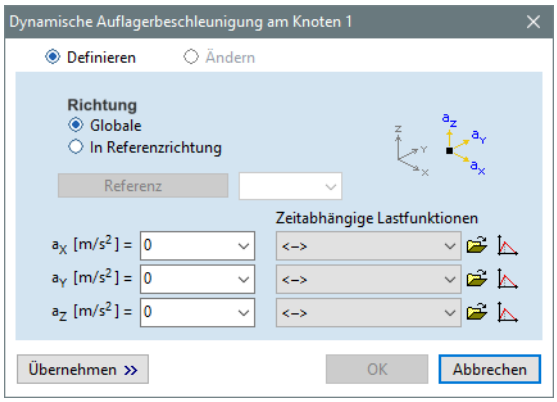
✍ Eine dynamische Kraft wird als gelbe, gestrichelte Linie dargestellt.

4.10.30.4. Dynamische Auflager beschleunigung

Auflagerbeschleunigungen können jedem beliebigen Knotenlager im Modell zugewiesen werden. Für jede Komponente können Sie eine Beschleunigungsintensität und eine dynamische Lastfunktion zuweisen, welche die Zeitabhängigkeit des Lastfaktors beschreiben.
Der aktuelle Wert der Beschleunigung in *t* wird berechnet als

$$a_i(t) = a_i \cdot f(t),$$

z. B. die Beschleunigung wird multipliziert mit einem zeitabhängigen Lastfaktor.



☞ ***Die Beschleunigung wirkt am unteren Ende der Auflagerfedern. Die Beschleunigung des gelagerten Knotens ist deshalb abhängig von den gewählten Auflagersteifigkeiten.***

Falls eine Beschleunigung an einem Auflager definiert wird, an welchem schon eine Beschleunigungslast definiert worden ist, wird die schon definierte überschrieben.

Falls Mehrfach-Knotenlager einem Knoten zugewiesen sind wirkt die Beschleunigung an allen Lagern.

Ändern, Löschen Dynamische Auflagerbeschleunigungen können auf dieselbe Weise wie statische Lasten geändert oder gelöscht werden.

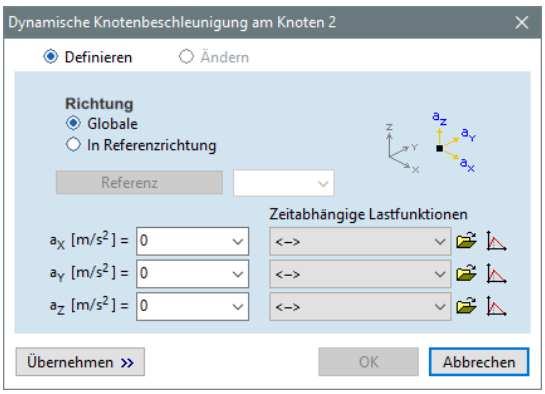
Dynamische Auflagerbeschleunigungen werden als Kreise mit einem gelben Pfeil dargestellt.

4.10.30.5. Dynamische Knoten-beschleunigung

Knotenbeschleunigungen können jedem Knoten des Modells zugewiesen werden.
Für jede Komponente können Sie eine Beschleunigungsintensität und eine dynamische Lastfunktion zuweisen, welche die Zeitabhängigkeit des Lastfaktors beschreiben.
Der aktuelle Wert der Beschleunigung in *t* wird berechnet als

$$a_i(t) = a_i \cdot f(t),$$

z. B. die Beschleunigung wird multipliziert mit einem zeitabhängigen Lastfaktor.



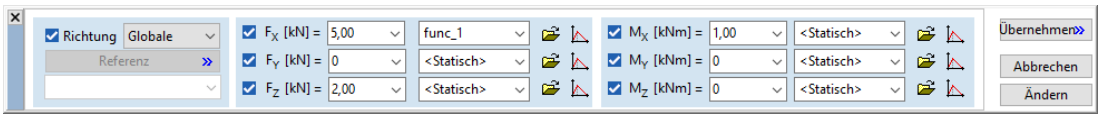
Falls eine Beschleunigung an einem Auflager definiert wird, an welchem schon eine Beschleunigungslast definiert worden ist, wird die schon definierte überschrieben.

Um eine Bodenbeschleunigung für eine Erdbebenanalyse anzusetzen müssen Knotenlagerbeschleunigungen definiert werden.

Ändern, Löschen Dynamische Knotenbeschleunigungen können auf dieselbe Weise wie statische Lasten geändert oder gelöscht werden.

Dynamische Knotenbeschleunigungen werden als Kreise mit einem gelben Pfeil dargestellt.

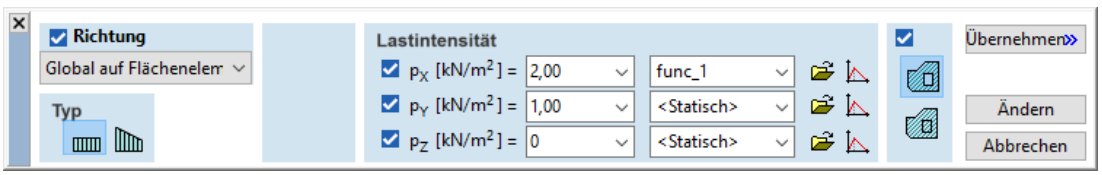
4.10.30.6. Dynamsiche Punklast in Bereichen und Lastebenen.



Wählen Sie die Lastposition und Richtung auf die selbe Weise wie für statische Lasten. **Siehe...** *4.10.5 Einzellast auf Bereich oder Lastebene*. Für jedes Element wird eine Funktion, welche den zeitbasierenden Lastfaktor beschreibt, zugewiesen.
Der tatsächliche Wert der Lastkomponente in t wird durch $F_i(t) = F_i \cdot f_i(t)$ berechnet z.B. die Lastintensität wird mit einem zeitbasierenden Lastfaktor multipliziert.
Um eine neue Funktion zu kreieren, klicken Sie auf das Funktionssymbol, um eine bestehende Funktion zuzuweisen, wählen Sie diese aus dem dropdown Menu aus oder öffnen Sie die Bibliothek.

Dynamische Lasten werden als gestrichelte gelbe Pfeile dargestellt.

4.10.30.7. Dynamische Flächenlasten in Bereichen und Lastebenen.



Definition

Wählen Sie die Lastposition und Richtung auf die selbe Weise wie für statische Lasten. **Siehe..**. *4.10.10 Netzunabhängige Flächenlasten auf Bereichen*. Für jedes Element wird eine Funktion, welche den zeitbasierenden Lastfaktor beschreibt, zugewiesen.
Der tatsächliche Wert der Lastkomponente in t wird durch $p_i(t) = p_i \cdot f_i(t)$ berechnet z.B. die Lastintensität wird mit einem zeitbasierenden Lastfaktor multipliziert.
Um eine neue Funktion zu kreieren, klicken Sie auf das Funktionssymbol, um eine bestehende Funktion zuzuweisen, wählen Sie diese aus dem dropdown Menu aus oder öffnen Sie die Bibliothek.

Dynamische Lasten werden als grüne Flächen dargestellt.

4.10.31. Brandeinwirkung auf Lienienelemente aus Stahl – SD8 Modul

Bemessungsnormen

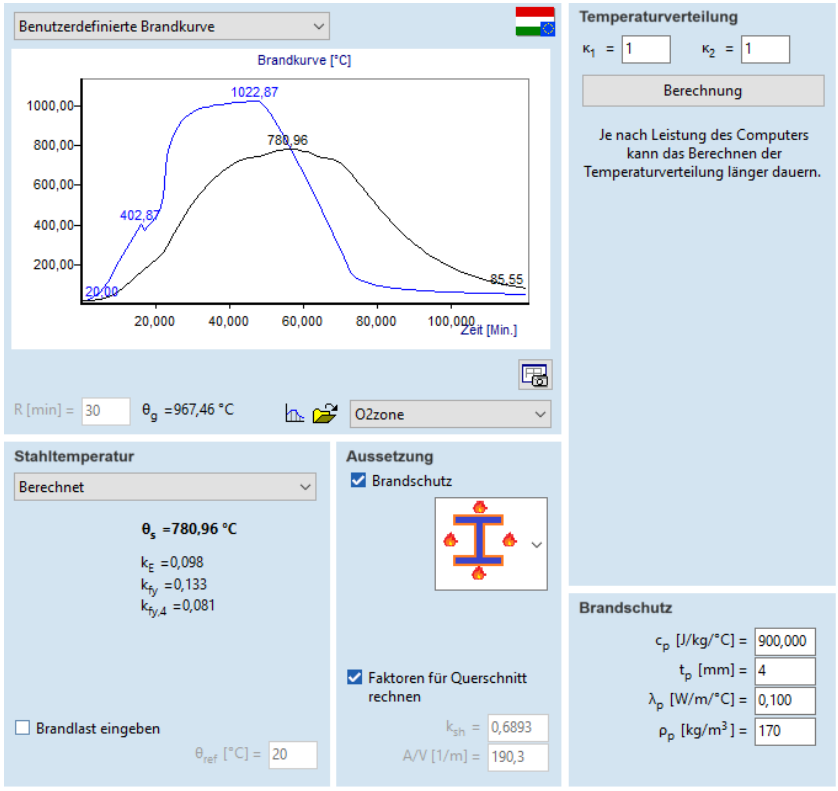
Brandeinwirkungen könnne in AxisVM gemäss verschiedener nationaler Normen generiert werden. Im Falle von Nationalen Anhängen des Eurocode, welche nachfolgend nicht aufgelistet sind, werden die grundlegenden Regeln der *EN 1991-1-2 und EN 1993-1-2* angewendet.

Eurocode	*EN 1991-1-2* *Eurocode 1 Einwirkungen auf Tragwerke* *Part 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke* *EN 1993-1-2* *Eurocode 3: Bemessung von Stahlbauten* *Part 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall*
EC Deutschland	*DIN EN 1991-1-2:2010-12 NA* *DIN EN 1993-1-2:2010-12 NA*
EC Ungarn	*MSZ EN 1991-1-2:2005 NA* *MSZ EN 1993-1-2:2013 NA*
EC Rumänien	*SR EN 1991-1-2:2004/NA:2006* *SR EN 1993-1-2:2006/NB:2008*
EC Slowakei	*STN EN 1991-1-2/NA:2006* *STN EN 1993-1-2/NA:2008*
EC Polen	*PN EN 1991-1-2:2006 NA* *PN EN 1993-1-2 NA*
EC Dänemark	*DS/EN 1991-1-2 DK NA:2011*
EC England	*BS EN 1991-1-2:2002 NA* *BS EN 1993-1-2:2005 NA*
EC Finnland	*SFS-EN 1991-1-2:2002 NA* *SFS-EN 1993-1-2:2005 NA*
EC Norwegen	*NS-EN 1991-1-2:2002/NA:2008* *NS-EN 1993-1-2:2005/NA:2009*
EC Niederlande	*NEN EN 1991-1-2:2002/NB:2011* *NEN EN 1993-1-2+C2:2011/NB:2015*
SIA	*SIA 261: 2020* *SIA 263: 2013*

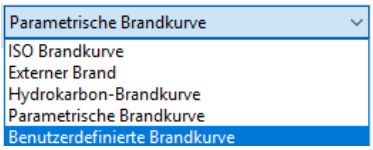


Definieren von Brandeinwirkungen

Klicken Sie auf das Symbol *Brandeiwirkungen auf Linienelementen definieren* in der Werkzeugleiste *Lasten*, um Brandeinwirkungen zu definieren.



Brandkurven



Die Brandeinwirkung wird im Allgemeinen durch eine Brandkurve dargestellt, die die Gastemperatur im Brandabschnitt in Abhängigkeit von der Zeit angibt. In AxisVM können vier verschiedene Eurocode-konforme Brandkurven ausgewählt werden.

Die Brandeinwirkung wird durch eine Brandkurve dargestellt, die die Gastemperatur im Brandabschnitt als Funktion der Zeit angibt.

Standard Brandkurve (ISO Brandkurve) (EN 1991-1-2):

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1)$$

Externe Brandkurve (EN 1991-1-2):

$$\theta_g = 660\left(1 - 0.687e^{-0.32t} - 0.313e^{-3.8t}\right) + 20$$

Hydorcarbon-Brandkurve (EN 1991-1-2):

$$\theta_g = 1080\left(1 - 0.325e^{-0.167t} - 0.675e^{-2.5t}\right) + 20$$

Parametrisierte Brandkurve:

$$\theta_g = 20 + 1325\left(1 - 0.324e^{-0.2t^*} - 0.204e^{-1.7t^*} - 0.472e^{-19t^*}\right) \quad t^* \le t^*_{max}$$

Abkühlphase:

$$\theta_g = \theta_{max} - 625\left(t^* - t^*_{max} \cdot x\right) \quad t^*_{max} \le 0.5$$

$$\theta_g = \theta_{max} - 250\left(3 - t^*_{max}\right)\left(t^* - t^*_{max} \cdot x\right) \quad 0.5 \le t^*_{max} < 2$$

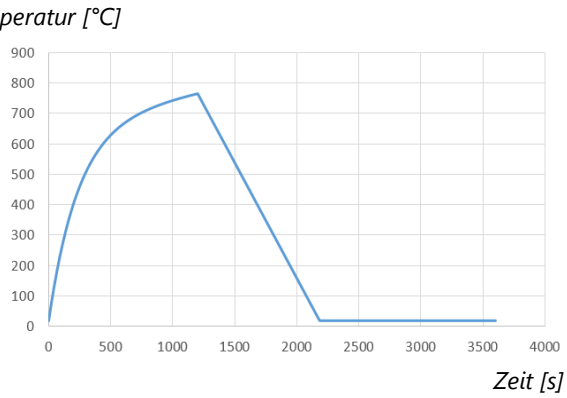
$$\theta_g = \theta_{max} - 250\left(t^* - t^*_{max} \cdot x\right) \quad t^*_{max} \ge 2$$

wobei

θ_g [°C]	Gastemperatur
t [min]	Zeit
t^* [h]	Modifizierter Zeitparameter

Parametrisierte Brandkurve

Im Gegensatz zu ISO-, externen und Hydrocarbon-Brandkurven haben parametrisierte Brandkurven eine Abkühlphase. Mit Hilfe einer parametrisierten Brandkurve können Parameter wie Grösse und Belüftung des Brandabschnittes, Menge der brennbaren Materialien usw. in die Berechnung einbezogen werden. Diese Parameter beeinflussen massgeblich die maximale Gastemperatur und die Dauer des Brandes.



Gemäss EN 1991-1-2 gelten parametrisierte Brandkurven für Brandabschnitte bis zu 500 m^2 Bodenfläche, ohne Öffnungen im Dach und für eine maximale Brandabschnittshöhe von 4 m.

Die folgenden Parameter müssen für die Berechnung der Brandkurve definiert werden:

A_f [m^2]	Bodenfläche
$q_{f,d}$ [MJ/ m^2]	Bemessungswert der Brandlastdichte im Bezug zur Bodenfläche A_f
A_v [m^2]	Gesamtfläche der Wandöffnungen
h [m]	gewichteter Durchschnitt der Fensterhöhen an allen Wänden
A_t [m^2]	Gesamtfläche der Ummantelung (Wände, Boden und Decke inklusive Öffnungen)
c_{pw} [J/kg°C]	Spezifische Wärmekapazität der Ummantelung
ρ_{pw} [kg/m^3]	Dichte der Ummantelung
λ_{pw} [W/m°C]	Wärmeleitfähigkeit der Ummantelung

☞ ***Wenn die Ummantelung aus mehreren Schichten besteht, sollten die Parameter c_{pw}, ρ_{pw} und λ_{pw} als resultierende Parameter $b = \sqrt{c_{pw}\rho_{pw}\lambda_{pw}} = \sqrt{c_{pw,1}\rho_{pw,1}\lambda_{pw,1}}\frac{A_1}{\sum A} + \cdots + \sqrt{c_{pw,n}\rho_{pw,n}\lambda_{pw,n}}\frac{A_n}{\sum A}$ angegeben werden.***

☞ ***Ist NEN EN gewählt, kann die Standard parametrische Brandkurve nicht ausgewählt werden. Dafür ist eine andere vorgeschriebene Brandkurve namens RWS tunnel fire curve verfügbar.***

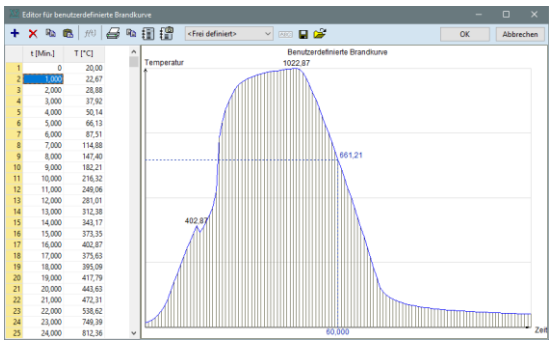
Benutzerdefinierte Brandkurve

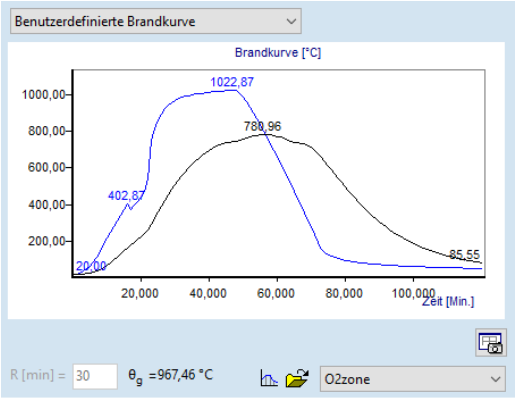
Zur Definition der Brandeinwirkung steht auch eine benutzerdefinierte Brandkurve zur Verfügung, so dass das Programm eine Brandbemessung unter Berücksichtigung von Simulations- oder Brandtestergebnissen durchführen kann.

Es ist wichtig zu beachten, dass bei der Berechnung der Stahltemperatur auf der Grundlage der vorgeschriebenen Brandkurven davon ausgegangen wird, dass die Gastemperatur überall im Brandabschnitt identisch ist und das Stahlelement aus jeder Richtung der gleichen Wärmestrahlung ausgesetzt ist. Im Falle eines echten Brandes ist die Gastemperatur typischerweise niedriger als z.B. die ISO-Norm-Brandkurve. Wenn wir also die Stahltemperatur mit geschlossener Formel der Norm *EN 1993-1-2* aus den bei einem echten Brand aufgezeichneten Gastemperaturen berechnen, wie es bei Gastemperaturen aus der ISO-Brandkurve der Fall wäre, können wir die Stahltemperatur unterschätzen, da diese Berechnung den Anteil der abgestrahlten Wärme unterschätzt.

Die Lösung kann die Verwendung der so genannten adiabatischen Oberflächentemperatur[U] sein. [U. Wickström, D. Duthinh, K. McGrattan; 2007: Adiabatic surface temperature for calculating heat transfer to fire exposed structures]) Die adiabatische Oberflächentemperatur kann gemäss der folgenden Studie 15 - 20% höher sein als die Gastemperatur [M. Malendowski, A. Glema, W. Szymkuc; 2015: Performance based coupled CFD-FEM analysis of 3-bay high industrial hall under natural fire in ASFE 2015 proceedings]).

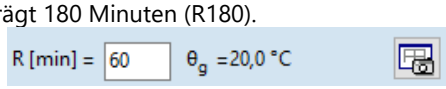
Ähnlich wie beim benutzerdefinierten seismischen Spektrum können die Punkte der benutzerdefinierten Brandkurve im Funktionseditor definiert werden. Die maximale Anzahl der Punkte beträgt 360.





Stahltemperatur

Die Stahltemperatur wird automatisch aus der gewählten Brandkurve und der Branddauer bzw. dem benötigten Brandwiderstand (R15, R30, R60 etc. - wobei die Zahl die Dauer in Minuten angibt) berechnet. Die Bemessungstemperatur wird dann für die Brandbemessung verwendet (**siehe...** *6.6.3 Brandbemessung von Stahlträgern gemäss Eurocode 3 – SD8 modul*).
Die maximale Branddauer beträgt 180 Minuten (R180).



Die Einheiten der Parameter Branddauer und -temperatur können eingestellt werden (**siehe...** *3.3.8 Einheiten*).
Die Diagramme können in der Zeichnungsbibliothek gespeichert werden (**siehe...** *3.6.11 Ansicht in Zeichnungsbibliothek speichern*) indem das Symbol rechts unter dem Diagramm angeklickt wird. Die gespeicherten Diagramme können später in der Ausgabe eingefügt werden.

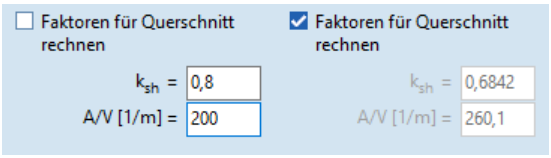
Die Temperatur ungeschützter Stahlelemente ist definiert als (EN 1993-1-2; Δt = 5s):

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh}\frac{A/V}{c_a\rho_a}\dot{h}_{net,d}\Delta t$$

wobei

k_{sh} [-]	Korrekturfaktor für den Abschattungseffekt (Bei der Norm SIA Standard k_{sh} = 1.0)
A/V [1/m]	Profilfaktor für ungeschützte Stahlteile
c_a [J/kgK]	spezifische Wärme von Stahl (Gemäss EN 1993-1-2)
ρ_a [kg/m³]	Dichte von Stahl
$\dot{h}_{net,d}$ [W/m²]	Bemessungswert des Wärmflusses im Steg pro Fläche

☞ ***Der Korrekturfaktor für den Abschattungseffekt und der Profilfaktor können automatisch berechnet werden für bestimmte Querschnitte (I-Querschnitt, Hohlkasten, Rohre, Winkel).***



Die Temperatur geschützter Stahlelemente beträgt (EN 1993-1-2; Δt = 5s):

$$\Delta\theta_{a,t} = \frac{\lambda_p A_p/V}{d_p c_a \rho_a}\frac{(\theta_{g,t}-\theta_{a,t})}{1+\phi/3}\Delta t - (e^{\phi/10}-1)\Delta\theta_{g,t}$$

$$\phi = \frac{c_p\rho_p}{c_a\rho_a}\lambda_p A_p/V$$

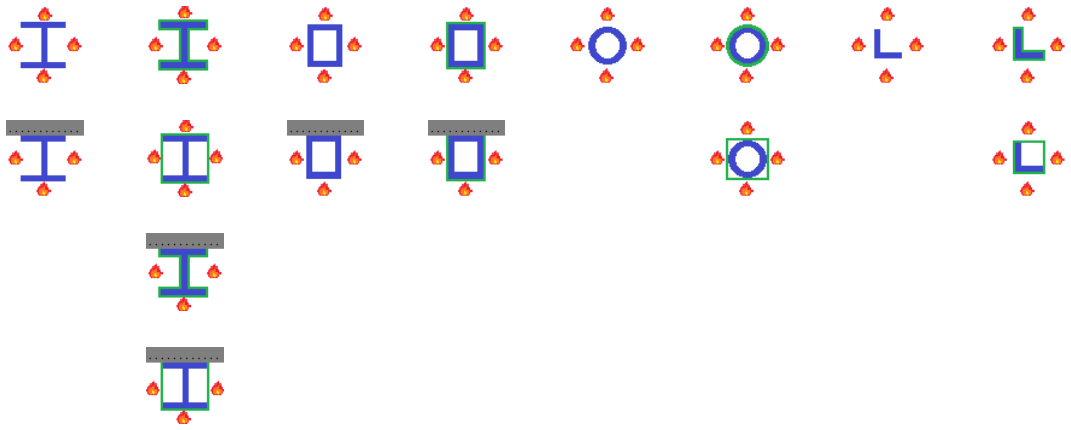
wobei

λ_p [W/mK]	Wärmeleitfähigkeit des Brandschutzmaterials
A_p/V [1/m]	Flächenfaktor für Stahlteile mit Brandschutz
c_p [J/kgK]	Temperatur-unabhängige spezifische Wärme des Brandschutzmaterials
ρ_p [kg/m³]	Dichte des Brandschutzmaterials
d_p [m]	Dicke des Brandschutzmaterials

Berechnete Stahltemperatur in Bezug auf die ausgewählte Brandkurve und der Branddauer (bei parametrischer Brandkurve die im Intervall berechnete Maximaltemperatur) ist im Dialog unter „Stahltemperatur" ersichtlich. Unter den Abminderungsfaktoren sind die Streckgrenze und der E-Modul gemäss EN 1993-1-2 angegeben.

Exposition

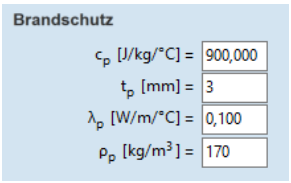
Hier kann die Exposition der einzelnen Flächen eingestellt werden. Der Expositionstyp hat beträchtlichen Einfluss auf den Korrekturfaktor für den Schatteneffekt und den Flächenfaktor. Im Falle der unterstützten Querschnittstypen stehen folgende Expositionstypen für geschützte und ungeschützte Stahlteile zur Verfügung:



Für nicht unterstützte Querschnittstypen ergibt sich der Expositionsfaktor durch en benutzerdefinierten Korrekturfaktor für den Abschattungseffekt und Profilfaktor (k_{sh} und A/V).

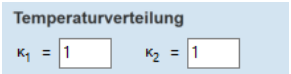
Brandschutz

Bei Stahlkonstruktionen ist häufig die Anwendung von Brandschutz erforderlich, weil schlanke Elemente eingesetzt werden und Stahl eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist. Klicken Sie unter Exposition auf Brandschutz, um einen Brandschutz zu berücksichtigen. In diesem Fall ist die Brandschutzleiste rechts unten im Fenster aktiviert. Die Parameter und ihre Bedeutung sind weiter oben beschrieben.
Der Brandschutz wirkt sich auch auf die Expositionstypen aus.



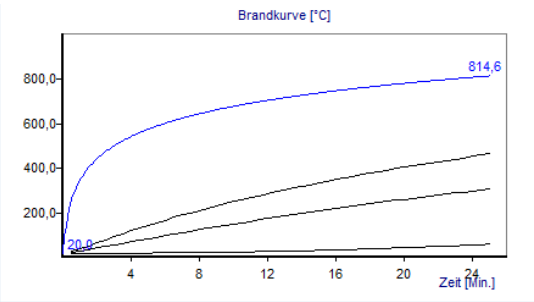
Faktoren κ1 und κ2

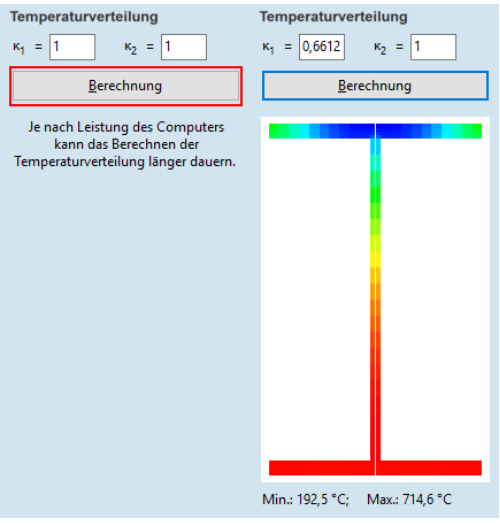
κ_1 und κ_2 sind Anpassungsfaktoren für ungleichmässige Temperatureinwirkungen über den Querschnitt oder entlang des Trägers gemäss EN 1993-1-2. Diese Faktoren können in der *Temperaturverteilungsleiste* eingestellt werden.



Temperatur-verteilungsanalyse

Für I- und Hohlkastenquerschnitte kann eine genauere Temperaturverteilung berechnet werden, indem Sie auf die Schaltfläche *Analyse* in der *Temperaturverteilungsleiste* drücken. Temperaturen innerhalb des Querschnitts werden nach der Finite-Differenzen-Methode berechnet. In diesem Fall wird eine zweidimensionales Wärmeleitberechnung gelöst.

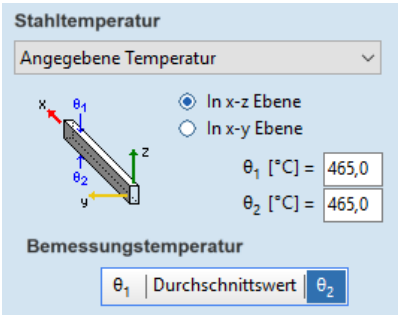




Abhängig von der Computerrechenleistung und der Symmetrie des Problems kann die Berechnung einige Sekunden oder Minuten dauern. Die Analyse berücksichtigt die temperaturabhängige Wärmeleitfähigkeit des Stahls gemäss EN 1993-1-2. Das Diagramm zeigt die maximalen, minimalen und mittleren Temperaturen in Abhängigkeit von der Zeit.
Nach den Vorschriften der EN 1993-1-2 muss bei einer ungleichmässigen Temperaturverteilung die maximale Temperatur im Querschnitt beim Nachweis der Tragfähigkeit verwendet werden. Wenn also Temperaturverteilungsergebnisse verfügbar sind, verwendet AxisVM die maximale Temperatur in nachfolgenden Berechnungen.
Der Anpassungsfaktor κ_1 für ungleichmässige Temperaturverteilung über den Querschnitt wird automatisch berechnet. Dennis automatically calculated, Es ist jedoch möglich, den berechneten Wert über dem Analyse-Knopf zu ändern.
Wenn das Profil auf einer Seite mit einer Stahlbetonplatte verbunden ist, erfordert die Analyse der Temperaturverteilung die Werte der Plattendicke und der Betondichte.

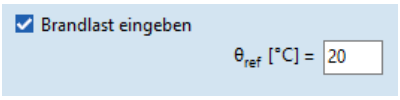
Gegebene Temperatur

Wenn *gegebene Temperatur* im Dialog *Stahltemperatur* eingestellt ist, kann eine gleichmässige oder lineare Temperaturverteilung eingestellt werden. Die Bemessungstemperatur kann als θ_1, θ_2 oder deren Durchschnitt angegeben werden. Die Bemessungstemperatur wird später in der Brandbemessung für Stahl verwendet (**siehe...** *6.6.3 Brandbemessung von Stahlträgern gemäss Eurocode 3 – SD8 modul*).



Als Temperatureiwirkung definieren

Die berechnete und die gegebene Stahltemperatur können jeweils als Temperaturlast auf das Bauteil angewendet werden (**siehe...** *4.10.20 Temperaturlast auf Linienelementen*), um die Beanspruchung durch verhinderte Temperaturverformungen durch eine lineare statische Analyse zu bestimmen.

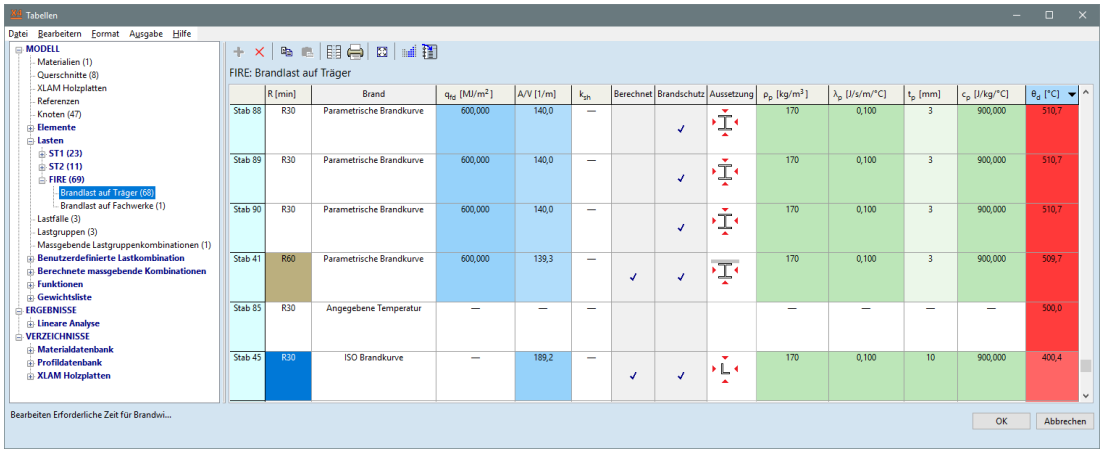


Es muss eine Referenztemperatur angegeben werden (bei der Brandbemessung sinnvollerweise die Raumtemperatur).

☞ ***Durch die Verwendung von perfekter Modell- und linearer statischer Analyse können erhebliche innere Kräfte durch Wärmeausdehnung auftreten, da mögliche lokale Instabilitäten nicht berücksichtigt werden. Diese signifikanten Kräfte können durch lokale Instabilitäten und Verformungen aufgenommen werden, ohne dass ein erhebliches Risiko eines globalen Versagens besteht. Gemäss Erocode können thermische Kräfte in bestimmten Fällen vernachlässigt werden.***

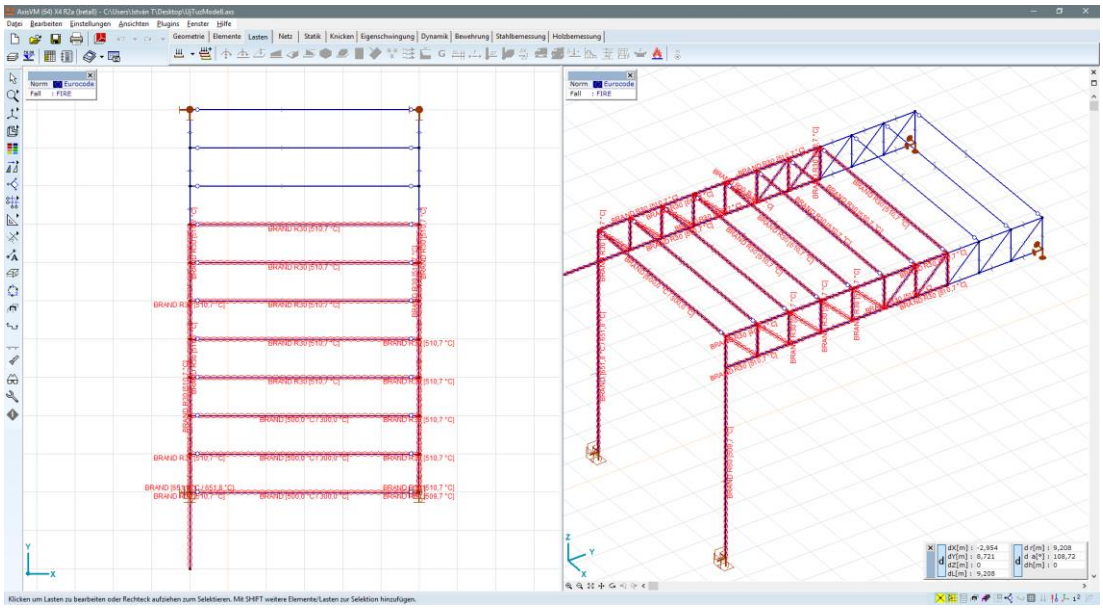
Tabelle

Die Feuereffekt-Parameter für jeden Brandlastfall können im Tabellen Browser überprüft werden. Die aufgeführten Parameter sind: erforderliche Feuerwiderstandsdauer, Art der Brandkurve, Brandlastdichte, Querschnittsfaktor, Schattenfaktor, Expositionstyp, Eigenschaften des Brandschutzes und Bemessungs-Stahltemperatur. Die Tabellen können zu Ausgaben hinzugefügt werden.



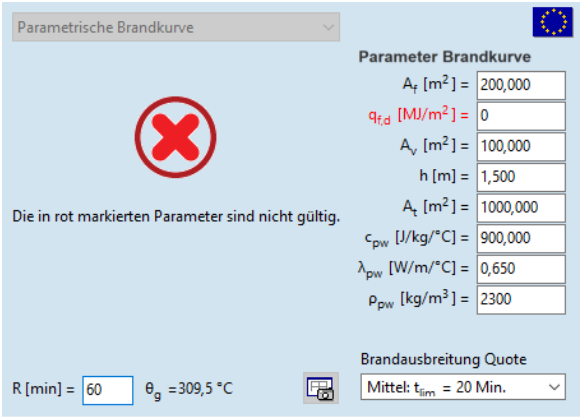
Grafische Symbole im Hauptfenster

Feuereffekte werden im Hauptfenster als rote Zickzack-Linien dargestellt. Eigenschaften der Darstellung (Dicke, Farbe) können unter *Einstellungen / Darstellung / Symbole* eigestellt werden.



Fehler

Wenn die Gas- oder Stahltemperatur aufgrund unpassender Parameterwerte nicht berechnet werden kann, erscheint eine Fehlermeldung.
Die EN 1991-1-2 erzwingt einige Einschränkungen hinsichtlich der Anfangsparameter parametrischer Brandkurven (Öffnungsfaktor, $b = \sqrt{c_{pw}\rho_{pw}\lambda_{pw}}$, Bodenfläche, Höhe, etc.).



4.10.32. Brandeinwirkung auf Lienienelemente aus Holz – TD8 modul

Normen

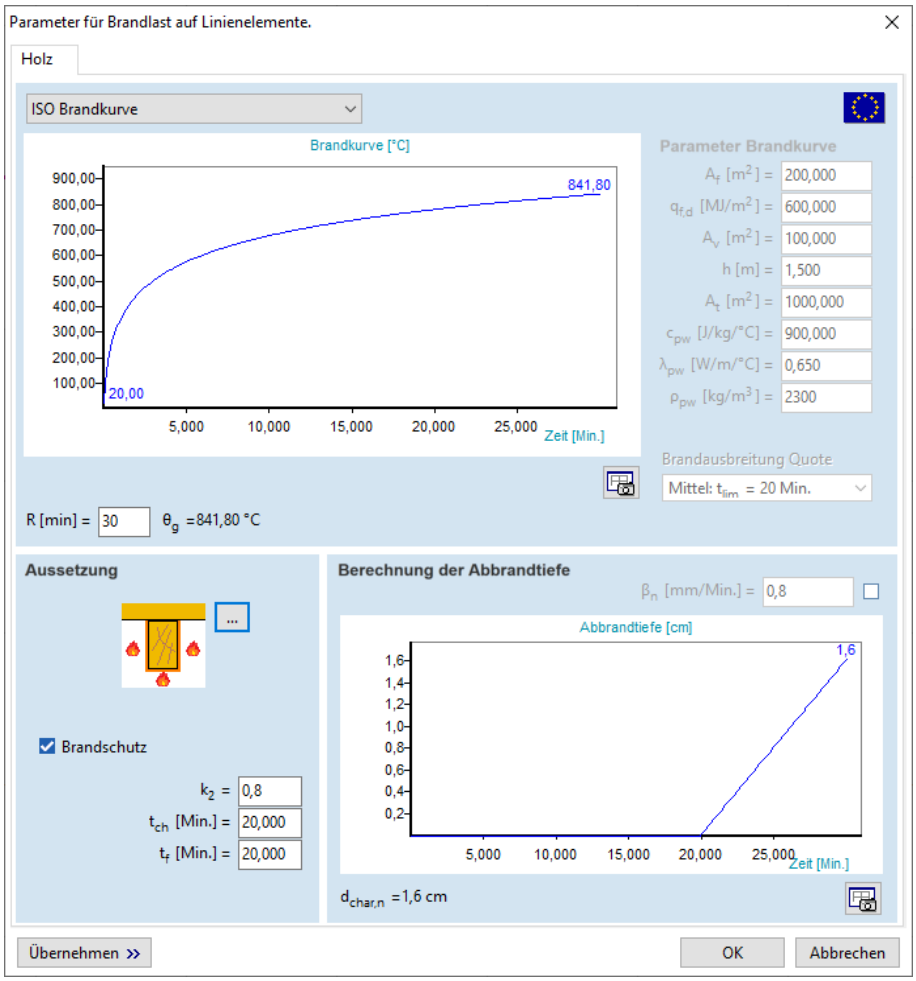
In AxisVM können Brandeinwirkungen nach unterschiedlichen nationalen Normen erzeugt werden. Bei nationalen Anhängen des Eurocodes, die nachfolgend nicht aufgeführt sind, gelten die allgemeinen Regeln der *EN 1991-1-2* und *EN 1995-1-2*.

Eurocode	*EN 1991-1-2* *Eurocode 1 Einwirkungen auf Tragwerke* *Part 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke* *EN 1995-1-2* *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten* *Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall*
EC Deutschland	*DIN EN 1991-1-2:2010-12 NA* *DIN EN 1995-1-2:2010-12 NA*
EC Ungarn	*MSZ EN 1991-1-2:2005 NA* *MSZ EN 1995-1-2:2013 NA*
EC Tschechien	*CSN EN 1995-1-2/NA 2011*
EC Slovakei	*STN EN 1991-1-2/NA:2006* *STN EN 1995-1-2/NA:2011*

EC GB	*BS EN 1991-1-2:2002 NA* *BS EN 1995-1-2:2004 NA*
EC Finnland	*SFS-EN 1991-1-2:2002 NA* *SFS-EN 1995-1-2:2004 NA*
EC Norwegen	*NS-EN 1991-1-2:2002/NA:2008* *NS-EN 1995-1-2:2004/NA:2010*
EC Niederlande	*NEN EN 1991-1-2:2002/NB:2011* *NEN EN 1995-1-2 NB*
SIA	*SIA 261: 2020* *SIA 265: 2003*

Definition von Brandeinwirkungen

Um die Brandeinwirkung auf Linienelemente zu definieren, klicken Sie auf das Symbol *Brandeinwirkung auf Linienelemente definieren* in der Symbolleiste *Lasten*.



Brandkurven

Die Brandeinwirkung wird durch die Brandkurve dargestellt, die die Gastemperatur im Brandabschnitt als Funktion der Zeit angibt. Bei Holzelementen können die ISO-Norm- und parametrische Brandkurven gewählt werden. Diese Brandkurven werden im vorherigen Abschnitt vorgestellt und diskutiert.
Siehe... *4.10.31 Brandeinwirkung auf Lienienelemente aus Stahl – SD8 Modul*

☞ ***Bei der Norm NEN EN kann die parametrische Brandkurve nicht gewählt werden.***

Berechnung der Abbrandtiefe

Die Abbrandtiefe wird automatisch aus der gewählten Brandkurve und der Branddauer / erforderlichen Zeit des Feuerwiderstands (R15, R30, R60 usw. - wobei die Zahl die Zeit in Minuten angibt) berechnet. Diese Abbrandtiefe wird dann im Rahmen der Holzbemessung genutzt. **Siehe...** *6.7.2 Holz Brandbemessung – TD8*
Die maximale Branddauer beträgt 180 Minuten (R180).

Die unterstützten Querschnitte sind dicke Rechtecke, abgerundete Rechtecke und Kreisquerschnitte.
Die Diagramme können in der Zeichnungsbibliothek gespeichert werden (**siehe....** *3.6.11 Ansicht in Zeichnungsbibliothek speichern*) durch Anklicken des Symbols unterhalb des Diagramms rechts. Die gespeicherten Diagramme können später zu Berichten hinzugefügt werden.

Die ideelle Abbrandtiefe ($d_{char,n}$) exponierter Holzelemente wird folgendermassen berechnet:

ISO Normbrandkurve (gemäss EN 1995-1-2 3.4.2.) – ohne Brandschutz:

$$d_{char,n} = \beta_n t$$

β_n [mm/min]	Bemessungswert der Abbrandrate und Normbrandbelastung
t [min]	Zeit

Parametrische Brandkurve (nach Anhang A der EN 1995-1-2) - ohne Brandschutz:

$$d_{char,n} = \begin{cases} \beta_{par} t & t \le t_0 \\ \beta_{par}\left(1.5t - \frac{t^2}{4t_0} - \frac{t_0}{4}\right) & t_0 < t \le 3t_0 \\ 2\beta_{par} t_0 & 3t_0 < t \le 5t_0 \end{cases}$$

wobei

$$t_0 = 0.009\frac{q_{f,d}}{O} \qquad \beta_{par} = 1.5\beta_n \frac{0.2\sqrt{\Gamma} - 0.04}{0.16\sqrt{\Gamma} + 0.08} \qquad \Gamma = \frac{(O/b)^2}{(0.04/1160)^2} \qquad O = \frac{A_v}{A_t}\sqrt{h} \qquad b = \sqrt{\rho_{pw} c_{pw} \lambda_{pw}}$$

$q_{f,d}$ [MJ/ m2]	Bemessungswert der Brandlast bezogen auf die Fläche Af des Bodens
A_v [m2]	Totale Fläche der vertikalen Wandöffnungen
h [m]	gewichteter Durchschnitt der Fensterhöhen an allen Wänden
A_t [m^2]	Gesamte Umschliessungsfläche (Wände, Decke und Boden, einschliesslich der Öffnungen)
c_{pw} [J/kg°C]	spezifische Wärme der Umschliessung
ρ_{pw} [kg/m^3]	Dichte der Umschliessung
λ_{pw} [W/m°C]	Wärmeleitfähigkeit der Umschliessung

☞ ***Wenn die Umschliessung aus verschiedenen Schichten besteht, sollten die Parameter c_{pw}, ρ_{pw} und λ_{pw} den Parameter $b = \sqrt{c_{pw}\rho_{pw}\lambda_{pw}}$ ergeben, welcher gleich ist wie $b = \sqrt{c_{pw,1}\rho_{pw,1}\lambda_{pw,1}}\frac{A_1}{\sum A} + \cdots + \sqrt{c_{pw,n}\rho_{pw,n}\lambda_{pw,n}}\frac{A_n}{\sum A}$.***

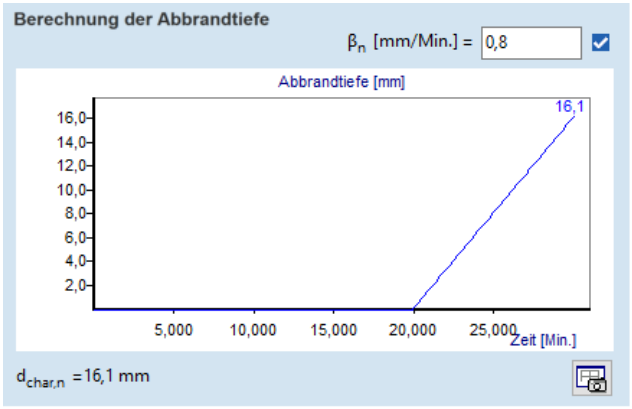
Die ideelle Abbrandtiefe der geschützten Holzelemente kann nur für die ISO-Norm Brandkurve nach Abschnitt 3.4.3. der Norm EN 1995-1-2 berechnet werden. Folgende Parameter sind erforderlich:

k_2 [-]	Isolationskoeffizient
t_{ch} [min]	Startzeit des Abbrandes der geschützten Teile (verzögert durch den Brandschutz)
t_f [min]	Versagenszeit des Brandschutzes

Diese Parameter müssen basierend auf den Vorschriften der Norm, der Dicke und der Art des Brandschutzmaterials festgelegt werden.

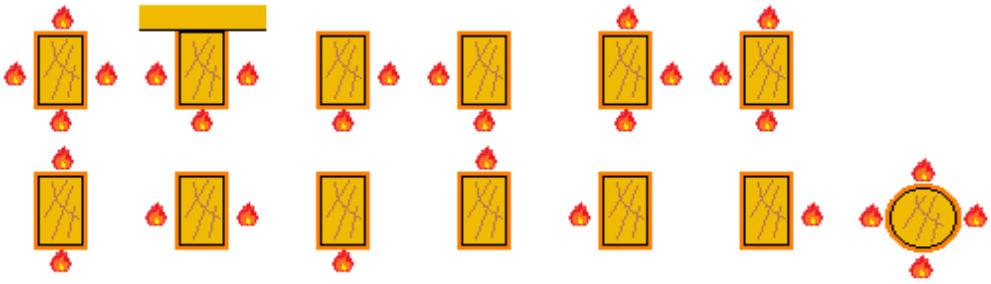
Abbrandrate

Die Software wählt die ideelle Abbrandrate anhand der Parameter des Holzmaterials des ausgewählten Elements aus, wobei der Wert jedoch vom Benutzer festgelegt werden kann.



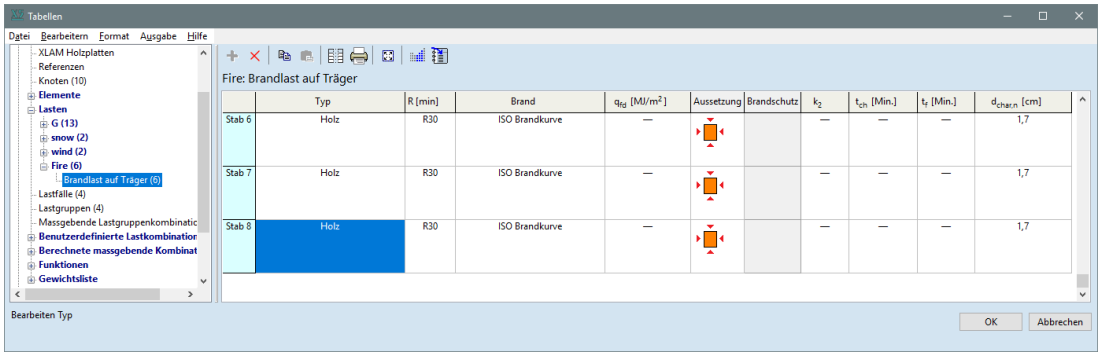
Exposition

Auf dem Expositionspanel kann eingestellt werden, wie das Element dem Feuer ausgesetzt ist. Die Art der Belastung beeinflusst nur die Berechnung des reduzierten Querschnitts bei der Brandbemessung. (**Siehe...** *6.7.2 Holz Brandbemessung – TD8*). Im Falle der unterstützten Querschnittstypen stehen für geschützte / ungeschützte Teile die folgenden Expositionsarten zur Verfügung:



Tabelle

Brandeinwirkungsparameter für jeden Brandlastfall können im Tabellenbrowser überprüft werden. Die aufgeführten Parameter sind: erforderliche Feuerwiderstandsdauer, Art der Brandkurve, Brandlast, Expositionsart, Eigenschaften des Brandschutzes und berechnete ideelle Abbrandtiefe. Die Tabellen können zu Berichten hinzugefügt werden.



Grafische Symbole im Hauptfenster

Brandeinwirkungen werden im Hauptfenster als rote Zickzacklinien ähnlich wie bei Stahlelementen dargestellt (**siehe...** *4.10.31 Brandeinwirkung auf Lienienelemente aus Stahl* – SD8 Modul). Die Symboleigenschaften (Dicke, Farbe) können im Fenster *Einstellungen / Grafische Symbole* eingestellt werden.

Fehler

Wenn die Gastemperatur oder die nominelle Abbrandtiefe aufgrund unangemessener Parameterwerte nicht berechnet werden kann, erscheint eine Fehlermeldung. EN 1991-1-2 schreibt mehrere Einschränkungen für die Anfangsparameter parametrischer Brandkurven vor. (Öffnungsfaktor, $b = \sqrt{c_{pw}\rho_{pw}\lambda_{pw}}$, Bodenflöche, Höhe, etc.).

4.10.33. Brandeinwirkung auf Lienienelemente aus Beton – RC8-B module

Bemessungsnormen

In AxisVM können Brandeinwirkungen nach verschiedenen nationalen Normen definiert werden. Bei Nationalen Anhängen des Eurocodes, die unten nicht aufgeführt sind, gelten die allgemeinen Regeln von EN 1991-1-2 und EN 1992-1-2.

Eurocode	*EN 1991-1-2* *Eurocode 1 Einwirkungen auf Tragwerke* *Part 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke* *EN 1992-1-2* *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbetontragwerken* *Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall*
EC Deutschland	*DIN EN 1991-1-2:2010-12 NA* *DIN EN 1992-1-2:2010-12 NA*
EC Ungarn	*MSZ EN 1991-1-2:2005 NA* *MSZ EN 1992-1-2:2013 NA*
EC Tschechien	*CSN EN 1992-1-2/NA 2007*
EC Polen	*PN EN 1991-1-2:2006 NA* *PN EN 1995-1-2 NA*
EC Grossbritannien	*BS EN 1991-1-2:2002 NA* *BS EN 1992-1-2:2004 NA*
EC Finnland	*SFS-EN 1991-1-2:2002 NA* *SFS-EN 1992-1-2:2004 NA*
EC Norwegen	*NS-EN 1991-1-2:2002/NA:2008* *NS-EN 1992-1-2:2004/NA:2010*
EC Niederlande	*NEN EN 1991-1-2:2002/NB:2011* *NEN EN 1992-1-2 NB:2016*
EC Lettland	*LVS EN 1992-1-2:2005/NA:2014*
EC Schweden	*BFS 2011:10 (EKS 8)*
SIA Schweiz	*SIA 261:2020* *SIA 265:2013*

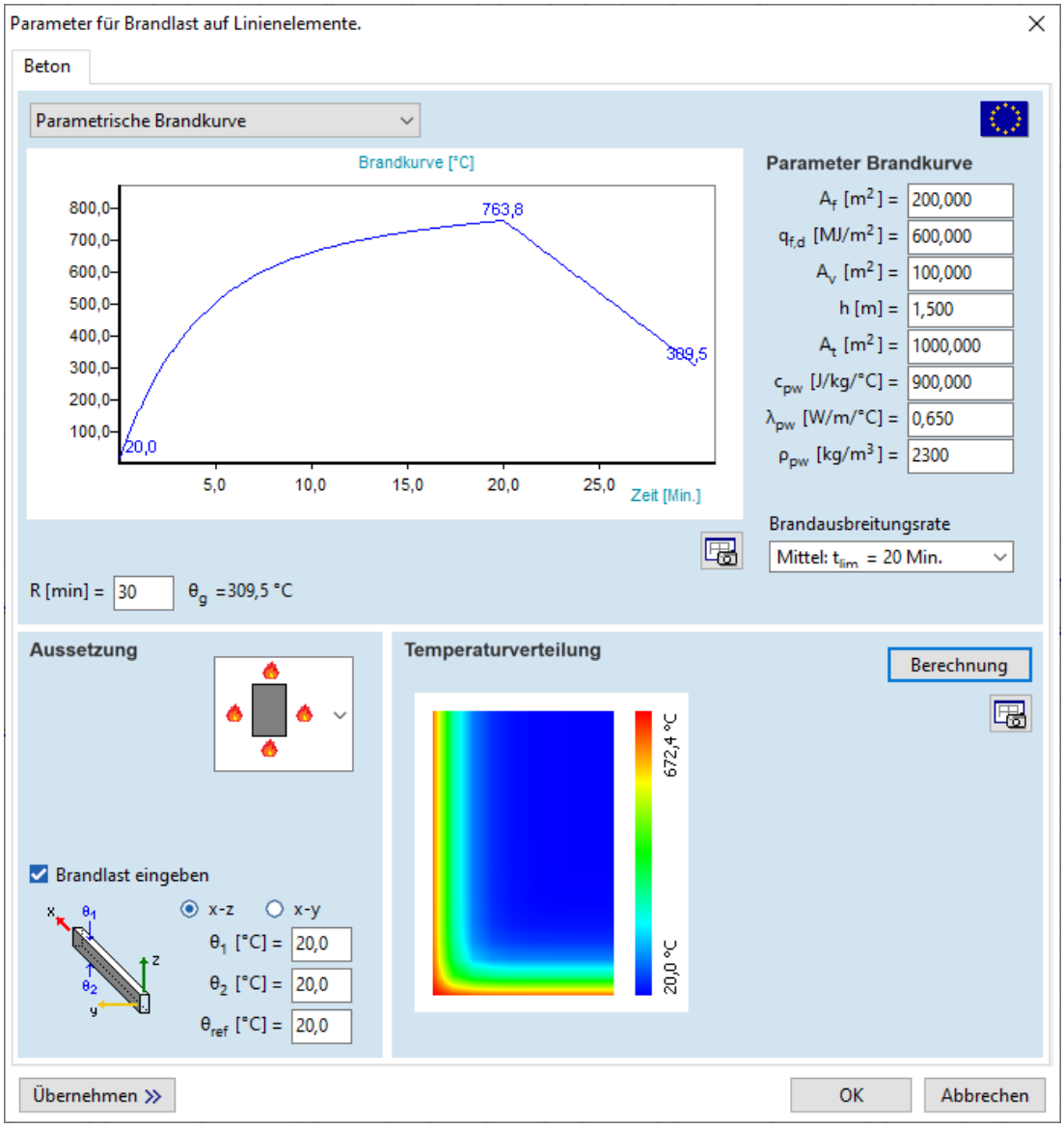
Unterstütze Querschnittsformen

rechteckig

rund

Definition von Brandeinwirkungen

Um die Brandeinwirkung auf Linienelemente zu definieren, klicken Sie auf das Symbol *Brandeinwirkung auf Linienelementen definieren* in der Symbolleiste *Lasten*.



Brandkurven

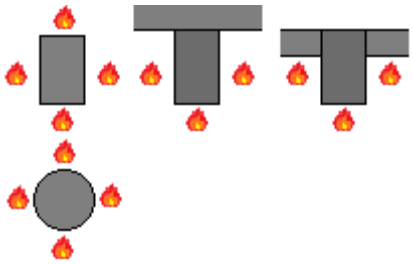
Die Brandwirkung wird durch eine Brandkurve dargestellt, welche die Gastemperatur im Brandabschnitt als Funktion der Zeit angibt. Für Betonelemente können ISO-Standard- und parametrische Brandkurven ausgewählt werden. Diese Brandkurven werden im vorherigen Abschnitt vorgestellt und diskutiert (siehe *4.10.31 Brandeinwirkung auf Lienienelemente aus Stahl – SD8 Modul*).
Die maximale Branddauer beträgt 300 Minuten (R300). Die Brandkurve und die Gastemperaturen werden nur für den angegebenen Zeitraum berechnet und aufgezeichnet.
Die Einheiten von Parametern, Branddauer und Temperaturen können angepasst werden (siehe *3.3.8 Einheiten*).



Die Brandkurve kann in der Zeichnungsbibliothek gespeichert werden (siehe *3.6.11 Ansicht in Zeichnungsbibliothek speichern*), indem Sie rechts unter dem Diagramm auf das Symbol klicken.

Exposition / Aussetzung

Bei *Exposition / Aussetzung* können Sie auswählen, wie das Bauteil dem Feuer ausgesetzt ist. Diese Information wird in der Temperaturanalyse verwendet. Die unterstützten Fälle sind auf der rechten Seite ersichtlich.
Bei T-Querschnitten wird der Einfluss der Anschlussplatte berücksichtigt. Der einzige Unterschied zwischen den beiden Optionen besteht in der Interpretation der Plattenbalkenexzentrizität.



Als Temperatureinwirkung definieren

Sowohl berechnete als auch vorgegebene Temperaturen können als Temperaturlast (*siehe 4.10.20 Temperaturlast auf Linienelementen)* auf das Bauteil aufgebracht werden, um Schnittgrößen infolge eingeschränkter thermischer Verformungen durch eine lineare statische Berechnung zu ermitteln.
Der Standardwert ist nicht gleich der maximalen Temperatur des Betons. Sie wird aus der Differenz zwischen linearer und nichtlinearer Verteilung der thermischen Dehnungen berechnet, um im Querschnitt die gleiche Wirkung zu erzielen.

Temperaturanalyse

Für den Nachweis einer Stahlbetonkonstruktion unter Brandeinwirkung müssen der Steifigkeits- und Festigkeitsverlust von Beton und Stahl sowie die Delamination der äußeren, geschädigten Betonschicht berücksichtigt werden. Diese Einwirkungen lassen sich nach den Bemessungsnormen quantifizieren, wenn die Temperaturverteilung innerhalb des Bauteils bekannt ist.
Die Software löst das 2D-Wärmeübertragungsproblem mit einer Finite-Differenzen-Methode. Die temperaturabhängigen Parameter werden nach EN 1992-1-2 berechnet. Abhängig von den verfügbaren Rechenressourcen und der Symmetrie des Problems kann die Berechnung einige Sekunden oder einige Minuten dauern.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \kappa\left(\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right) + \frac{Q}{\rho c_p}$$

Die Querschnitte (mit Ausnahme des Kreisquerschnitts) werden durch ein rechteckiges Netz von ca. 2 Zentimeter Seitenlänge diskretisiert. Die zeitliche Diskretisierung verwendet einen Zeitschritt von 30 s. Die Temperaturanalyse wird anhand von Temperaturprofilen in EN 1992-1-2 validiert.
Die Ergebnisse der Temperaturanalyse werden im Dialog dargestellt. Es ist zu beachten, dass sich diese Temperaturverteilung auf das Moment bei maximaler Temperatur bezieht und dies nicht unbedingt das Ende der angegebenen Zeitgrenze ist (bei parametrischen Bränden kann es zu einer Abkühlungsphase kommen).
Die Temperaturanalyse wird nicht automatisch durchgeführt. Um die Berechnung zu starten, klicken Sie auf die Schaltfläche *Berechnung*. Ergebnisse und Parameter der Temperaturanalyse werden gespeichert. Wenn ein Strukturelement mit passenden Parametern ausgewählt wird, werden die Ergebnisse geladen, sodass die Temperaturverteilung sofort verfügbar ist.
Wenn der Dialog geschlossen wird, ohne dass eine Temperaturanalyse durchgeführt wurde, berechnet das Programm bei Bedarf automatisch die Temperaturen. Dies kann jedoch die Bemessung oder die Erzeugung des Bereichts verlangsamen.
Eine Farbskala im Diagramm hilft, wärmere und kühlere Bereiche zu identifizieren. Wenn Sie den Mauszeiger über das Diagramm bewegen, zeigt ein kleines Tooltip-Fenster die lokale Temperatur an. Mit Doppelklick wird das Diagramm in einem größeren Fenster angezeigt.
Die Abbildung kann in der Zeichnungsbibliothek gespeichert werden (siehe *3.6.11 Ansicht in Zeichnungsbibliothek speichern*), indem Sie auf das entsprechende Symbol unterhalb der Schaltfläche *Berechnung* klicken.
Für ein Element mit variablem Querschnitt werden zwei Diagramme angezeigt. Links ist die Temperaturverteilung innerhalb des ersten Querschnitts und rechts die Temperaturverteilung des letzten

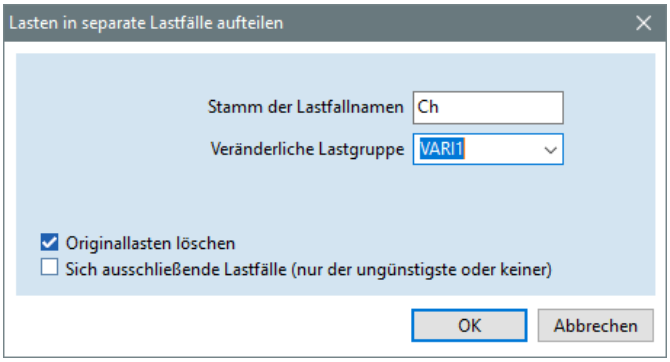
Querschnitts dargestellt. Temperaturverteilungen von Zwischenquerschnitten werden zwischen den Enden linear interpoliert.

4.10.34. Lasten in separate Lastfälle aufteilen

Nach Elementen



Diese Funktion kopiert oder verschiebt ausgewählte Lasten in separate Lastfälle (die automatisch innerhalb einer bestimmten variablen Lastgruppe erstellt werden). Jede Last wird in einen separaten Lastfall eingeordnet.



Stamm der Lastfallnamen beschreibt die Lastfälle als *Stamm1, Stamm2, Stamm3, etc.*

Wählen Sie unter *Veränderliche Lastgruppe* aus der bestehenden Variablengruppen eine aus, oder geben Sie einen Namen ein, um eine neue Gruppe zu erstellen.

☞ ***Lasten, welche im selben Elemente eingeführt werden, werden demselben Lastfall zugeordnet.***

Klicken Sie auf *Originallasten löschen* um die Lasten in den neuen Lastfall zu verschieben. Ansonsten werden die Lasten kopiert.

Nach Lasten



Diese Funktion funktioniert auf dieselbe Weise wie die vorherige, kopiert oder verschiebt aber Lasten in verschiedene Lastfälle unabhängig davon, welchem Element sie zugeordnet sind. Lasten, welche demselben Element zugeordnet sind, werden separaten Lastfällen zugeordnet.

Nach Geschossen



Vorhandene Lasten werden verschiedenen Lastfällen zugeordnet, abhängig davon auf welchem Geschoss sie angreifen.

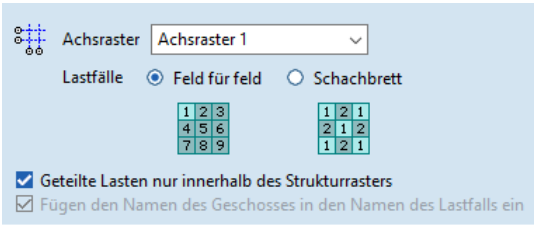
Lasten an den Geschossgrenzen abschneiden: Lasten, welche auf mehreren Geschossen angreifen, werden an den Geschossgrenzen unterteilt, sofern diese Option ausgewählt ist. Andernfalls werden diese Lasten dem Lastfall des untersten Geschosses zugeordnet, auf welchem sie wirken.

Geschossbezeichnung in Lastfallname einfügen:. Wenn diese Option ausgewählt ist werden die Bezeichnungen der erzeugten Lastfälle einen Verweis auf die zugehörigen Geschosse enthalten.

Nach einem Achs-Raster



Diese Funktion unterteilt die Lasten entlang den Linien eines Achs-Rasters (**siehe...** *2.16.8 Achs-Raster*) und plaziert die Lasten in unterschiedlichen Lastfällen. Die beiden Option zum Unterteilen sind:



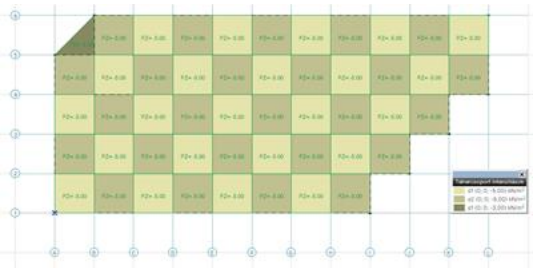
Feld für Feld: Für jedes Feld wird ein eingener Lastfall erzeugt.

Schachbrett: Die Lasten werden in zwei Lastfälle unterteilt entsprechend einem Schachbrettmuster.

Lasten nur innerhalb des Achsrasters teilen: Wenn diese Option deaktiviert ist, werden Lasten ausserhlab des Strukturgitters ebenfalls aufgeteilt. Wenn das Strukturgitter für den Lasfall eines Geschosses erzeugt wurde, kann sich der Name auf das Stockwerk beziehen, zu welchem das Strukturgitter gehört.

Um Bereichslasten darzustellen, welche in verschiedene Lastfälle unterteilt wurden, wählen Sie die Farbdarstellung *Lastfallintensitäten.* Auf diese Weise werden die Lasten aller Lastfälle innerhalb der aktuellen Lastgruppe dargestellt.

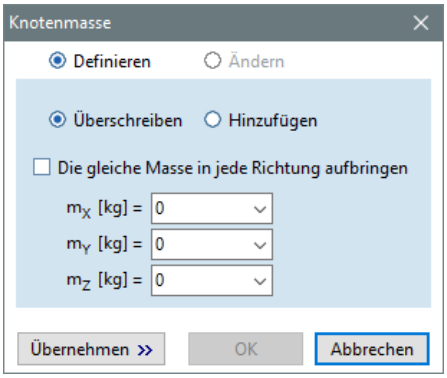
Siehe... *2.16.5 Farbcodierung*



4.10.35. Knotenmassen



In einer Schwingungsanalyse konzentrieren sich die Massen auf Knoten, die durch ihre globalen Komponenten m_X, m_Y, m_Z berücksichtigen können. Bei der Schwingungsanalyse zweiter Ordnung werden die Belastungen anhand der Knotenmassen auf das Modell aufgebracht, sowie die Massen anhand der aufgebrachten Lasten.
Wenn die Masse in jeder Richtung gleich ist, genügt es, nach dem Aktivieren von *Die gleiche Masse in jede Richtung aufbringen* einen Wert anzugeben.
In der dynamischen Analyse führen Knotenmassen und Knotenbeschleunigungen zu dynamischen Belastungen, die Verschiebungen und Kräfte im Modell verursachen.



Zuerst müssen die gewünschten Knoten markiert werden, dann müssen die Massen mit ihren globalen Massenkomponenten (m_X, m_Y, m_Z) eingegeben werden.
Falls dieselbe Masse in jede Richtung aufgebracht werden soll , kann nach Definition eines Wertes der Schalter *Die gleiche Masse in jede Richtung aufbringen* aktiviert werden.

In der dynamischen Berechnung ergeben Knotenmassen und Knotenbeschleunigungen die dynamischen Lasten, die Verschiebungen und Kräfte im Modell verursachen.

☞ Die Knoten mit zugewiesenen Massen werden als 2 dunkelrote konzentrische Kreise angezeigt.

4.10.36. Modifizieren

Hier lassen sich die vorher definierten Lasten ändern.

Die Änderung kann in folgenden Schritten erfolgen:

1. Bei gedrückter **[Shift]-**Taste markieren Sie die Elemente, deren Belastung zu modifizieren sind. Bei der Markierung kann der Markierungsrahmen oder die Markierungspalette benutzt werden.
2. Klicken Sie auf das Last-Ikon.
3. Schalten Sie der Umschaltknopf ein, der neben den zu ändernden Daten steht.
4. Ändern Sie die gewünschten Daten.
5. Mit **OK** schliessen Sie die Dialogbox.

☞ ***Die Änderung ist ähnlich zur normalen Dateneingabe mit dem Unterschied, dass hier nur ein Lastparameter auf einmal modifiziert werden kann. Die Lastparameter der markierten Elemente, die in der Dialogbox nicht geändert wurden, bleiben unverändert.***

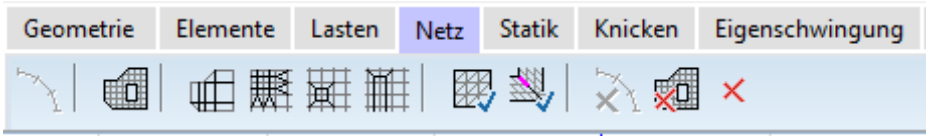
Wenn bei der Selektierung Elemente selektiert werden, die nicht nur den ausgewählten Lasttyps sondern auch andere Lasttypen haben, so bleiben diese Elemente in ihrem ursprünglichen Zustand.

Schnell-Editor**:** Wenn Sie das zu modifizierende Element anklicken, erscheint sofort die nötige Dialogbox. Wenn mehrere markierte Elemente vorhanden sind, und eines davon angeklickt wird, können die Belastungen alle markierten Elementen in einem Schritt geändert werden. Wenn ein nicht markiertes Element angeklickt wird, wird die Markierung aufgelöst, und werden nur die Lasten des angeklickten Elementes geändert. Wenn ein Element mehrere Lasten hat, können Sie im Schnell-Editor nur einer davon editieren. Bei Stabelementen mit mehreren konzentrierten und verteilten Lasten wird automatisch die zum Klickpunkt nächstgelegen Last editierbar sein.

4.10.37. Löschen

[Del] **Siehe...** *3.2.9 Löschen*

4.11. Netz



Im Register ***Netz*** werden Funktionen für die Vermaschung von Linienelementen und Bereichen, Maschenverfeinerungsfunktionen sowie eine finite Elemente Geometrie-Kontrolle (Netzüberprüfung) angeboten.

4.11.1. Netzgenerierung

Die automatische Erkennung von sich überlappenden Linien und fehlenden Schnittpunkten beim Vermaschen reduziert Fehler in der Modellgeometrie.
Multiple Core Prozessor Unterstützung (MT-Modul) kann die Zeit für die Vermaschung wesentlich reduzieren..

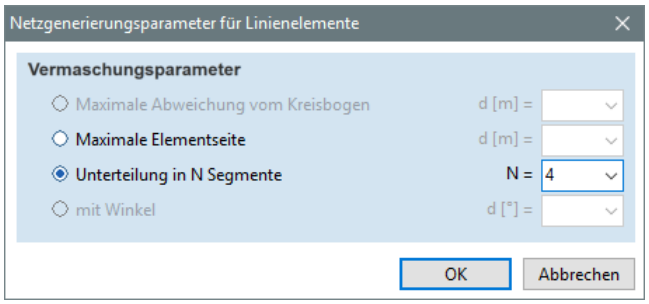
4.11.1.1. Netzgenerierung von Linienelementen



Die Finite Elemente Methode benutzt lineare Elemente mit konstantem Querschnitt , so dass gebogene und voutenförmige Linienelemente unterteilt werden müssen. Dies wird durch eine entsprechende Linienelementvernetzung erreicht. Die Qualität der Berechnung ist abhängig von der Netzfeinheit.

Das Netz kann gelöscht oder modifiziert werden wie das Netz eines Bereiches. Das Löschen eines Netzes löscht keine Lasten oder Eigenschaften der betroffenen Linienelemente . Eine Vernetzung kann auch für Linienelemente mit konstantem Querschnitt definiert werden. Dies ist empfehlenswert bei nichtlinearen Berechnungen oder Eigenschwingungsanalysen wenn eine Linienelementunterteilung zur Erreichung einer hohen Resultatgenauigkeit erreicht werden soll.

Netzgenerierungsparameter für Linienelemente



Die Netzgenerierung kann nach verschiedenen Kriterien gesteuert werden:

Maximale Abweichung vom Kreisbogen
Der eingebene Wert kann nicht überschritten werden .

Maximale Elementseite
Die Länge der Elementseiten kann den Vorgabewert nicht überschreiten.

Unterteilung in N Segmente
Linenelemente werden in N Sgmente unterteilt.

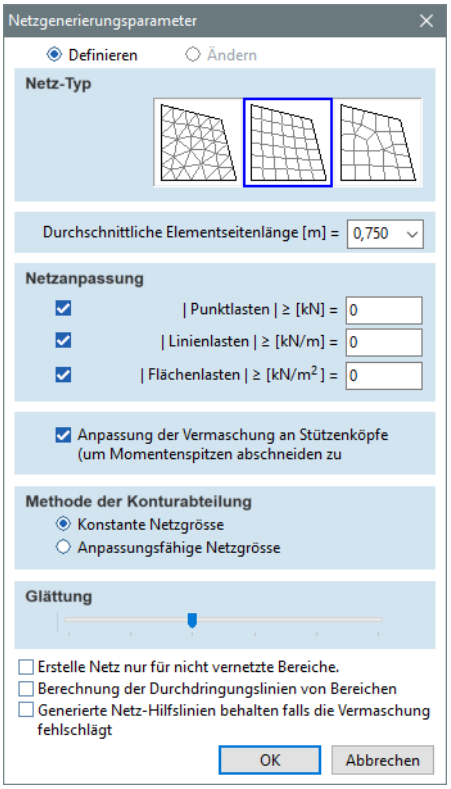
Mit Winkel
Der Zentriwinkel von vermaschten Bogensegmenten kann den Vorgabewert nicht überschreiten.

4.11.1.2. Netzgenerierung von Bereichen



Netzgenerierungs-parameter

Eine automatische Vernetzung kann für selektierte Bereiche generiert werden unter Berücksichtigung einer mittleren Elementseitenlänge. Eine Vernetzung wird alle Löcher, inneren Linien und Knoten des Bereiches berücksichtigen. Die Vernetzung berücksichtigt auch Lasten über einer definierten Intensität.



Netz-Typ

Das Netz kann ein Dreiecksnetz, ein viereckiges Netz oder ein gemischtes Netz (mit mehrheitlich viereckigen und einigen dreieckigen Elementen) sein.
Wenn die Aussenlinien von Bereichen Löcher enthalten und die internen Linien in Vierecke geteilt werden können, wird mit der Funktion „viereckiges Netz" ein qualitativ besseres Netz erzeugt.

Netzgrösse

Eine mittlere Netzgrösse kann gewählt werden. Das effektive Netz kann dann jedoch sowohl grössere als auch kleinere Elemente enthalten.

Netzanpassung an Lasten

Vernetzungen werden sich an Lasten anpassen, falls Sie eine vordefinierte Lastintensität überschreiten. Punktlasten werden Netzknoten erzeugen, Linienlasten erzeugen Gitterlinien.

Anpassung der Vermaschung an Stützenköpfe

Das Netz muss ordnungsgemäß an Stützenköpfe angepasst werden, um Momentenspitzen abschneiden zu können. Aktivieren dieser Option verursacht, dass das Flächennetz sich an die Querschnittsgeometrie des Stützenkopfes anpassen wird. Alle Balken, die sich mit einem Winkel grösser 45° an die Platte anschliessen, werden vom Programm als Stütze identifiziert. Dieser Haken muss gesetzt werden, um die Funktion „Abschneiden der Momentenspitzen über Stützen" im Fenster „Darstellungsparameter" beim Register „Statik" zu aktivieren. **Siehe...** *6.1.11 Virtueller Stab Schnittkräfte*

Methode der Konturteilung

Konstante Netzgrösse
Bereichsgrenzen und innere Linien werden gemäß der der durchschnittlichen Elementseitenlänge unterteilt.

Anpassungsfähige Netzgrösse
Diese Vermaschungsmethode analysiert die Bereichsgeometrie auf Unstetigkeiten und verfeinert die Vermaschung automatisch wo es notwendig ist.

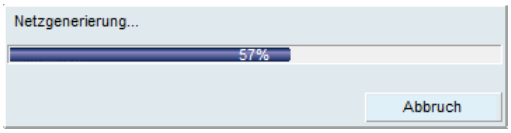
Glättung

Eine Glättung kann bei der Netzgenerierung durch den entsprechenden Schieberegler berücksichtigt werden - diese kann jedoch die Netzgenerierung verlangsamen und sollte nur in speziellen Fällen angewendet werden.
Eine bessere Netzqualität kann damit nur bedingt erreicht werden.

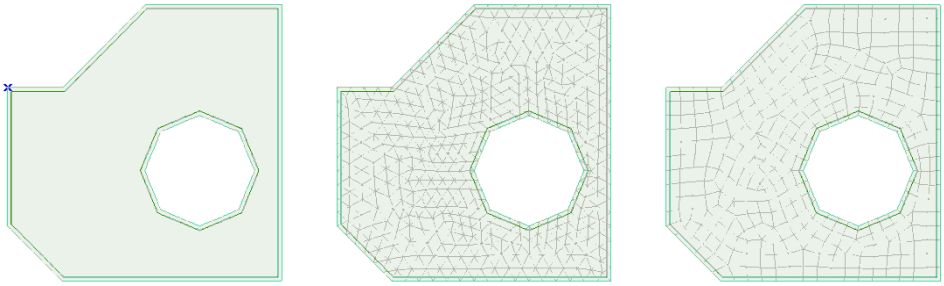
Falls das Kästchen *Erstelle Netz nur für nicht vernetzte Bereiche* aktiviert ist, wird für schon vermaschte Bereiche keine neue Vermaschung berechnet.

Mit dem Schalter *Berechnung der Durchdringungslinien von Bereichen* werden die Schnittlinien der zu vernetzenden Bereiche automatisch definiert.

Der Netzgenerierungsvorgang wird in einem Dialogfeld angezeigt.
Der Prozess kann durch Drücken auf die *Abbrechen*-Taste gestoppt werden.



Im Falle von teilweise oder vollkommen in einem Bereich liegenden Stab finiten Elementen wird nur den im Bereich liegenden Endpunkt des Elementes berücksichtigt.
Liegen im Bereich früher generierten rechteckige oder dreieckige Elemente, werden die ins neue Netz unverändert eingebaut.



Vor der Netzgenerierung *Nach der Netzgenerierung*

☞ ***Wurde auf ein Bereich schon ein Netz generiert und dann lässt man eine erneute Netzgenerierung mit einer anderen Schenkellänge starten, wird die frühere Vernetzung überschrieben.***

4.11.2. Netzverfeinerung



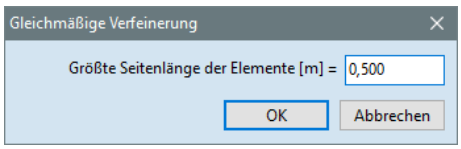


Mit dieser Funktion kann man beliebig feineres Netz definieren. Bei der Netzverfeinerung werden die Eigenschaften (Material, Dicke, Referenzen, ….), die Auflagerung, und die Lasten der ursprünglichen finiten Elemente auf die neuen übertragen.

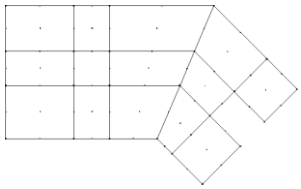
Die folgenden Typen der Netzverfeinerung kann man wählen:

Gleichmässige Verfeinerung

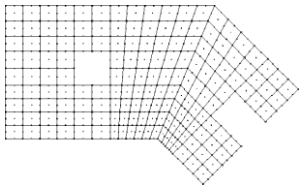




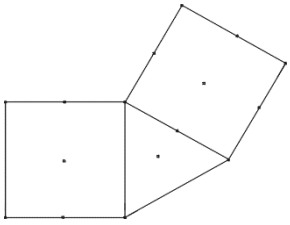
Zuerst sollte die kleinste Seitenlänge des finiten Elementes angeben werden. Die Funktion erstellt so feine Verteilung, dass die längste Seitenlänge ein beliebiges finiten Elementes kleiner wird als der oben angegebene Minimalwert.



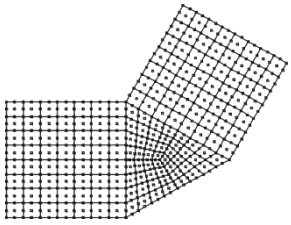
Vor der Verdichtung



Nach der Verdichtung



Vor der Verdichtung

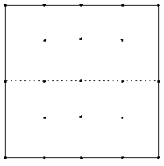


Nach der Verdichtung

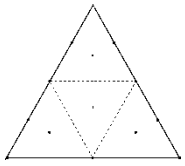
Verfeinerung durch Aufteilung



Die Elemente können folgenderweise aufgeteilt werden:



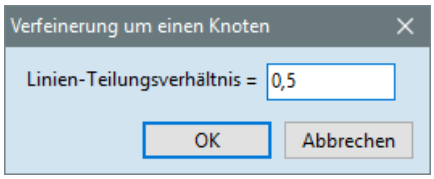
Viereckelement



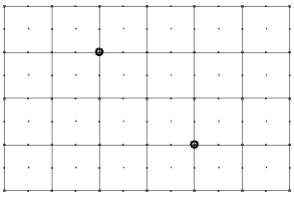
Dreieckelement

Verfeinerung um einen Knotenpunkt

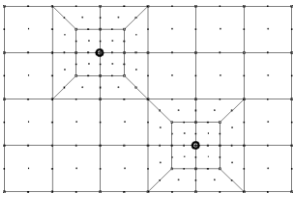




Zuerst werden die Punkte markiert, um welche man das Netz verfeinern will (z.B.: Stützenkopf, Auflagerungen). Die Proportion der Aufteilung soll angegeben werden. Die Funktion generiert das Netz um die markierten Knotenpunkte anhand des angegebenen Verhältnisses neu. Alle Linien welche mit dem markierten Punkt verbunden sind, werden gemäß dem eingegebenen Verhältnis neu unterteilt. Das Verhältnis ist zwischen 0.2–0.8 wählbar.



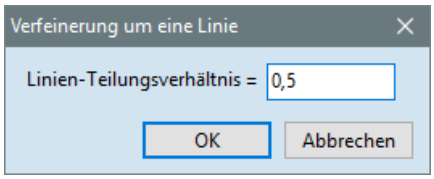
Vor der Verdichtung



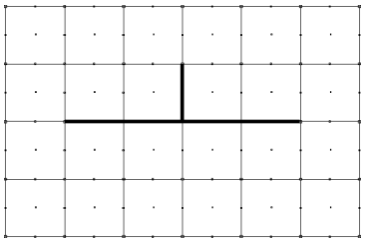
Nach der Verdichtung

Verfeinerung um eine Linie

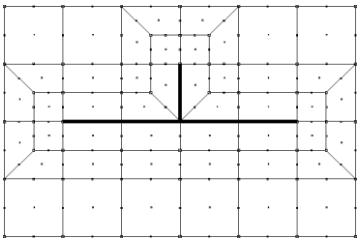




Zuerst werde alle Elementränder markiert werden, an denen man das Netz verfeinern will (z.B.: Linienlagerung, Linienlast). Dann wird das Verhältnis der Aufteilung definiert.
Alle Linien welche mit den markierten Linien verbunden sind, werden gemäß dem eingegebenen Verhältnis neu unterteilt. Das Verhältnis ist zwischen 0.2-0.8 einstellbar.



Vor der Verdichtung



Nach der Verdichtung

4.11.3. Netzüberprüfung



Das Programm checkt die kleinsten Winkel der finiten Flächenelemente (α).

Ein Dreieckelement ist verzerrt, falls ein Winkel ≤ 15.
Ein Viereckelement ist verzerrt, falls ein Winkel ≤ 30.

4.11.4. Freie Kanten auswählen



Mit diesem Befehl werden alle Kanten ausgewählt, welche nur mit einem Flächenelement verbunden sind. Mit dieser Auswahl können Kanten gefunden werden, bei welchen die Netze zweier Bereiche nicht miteinander verbunden wurden.

4.11.5. Alle Netze löschen



Löscht alle Liniennetze



Löscht alle Bereichsnetze aus den Bereichen



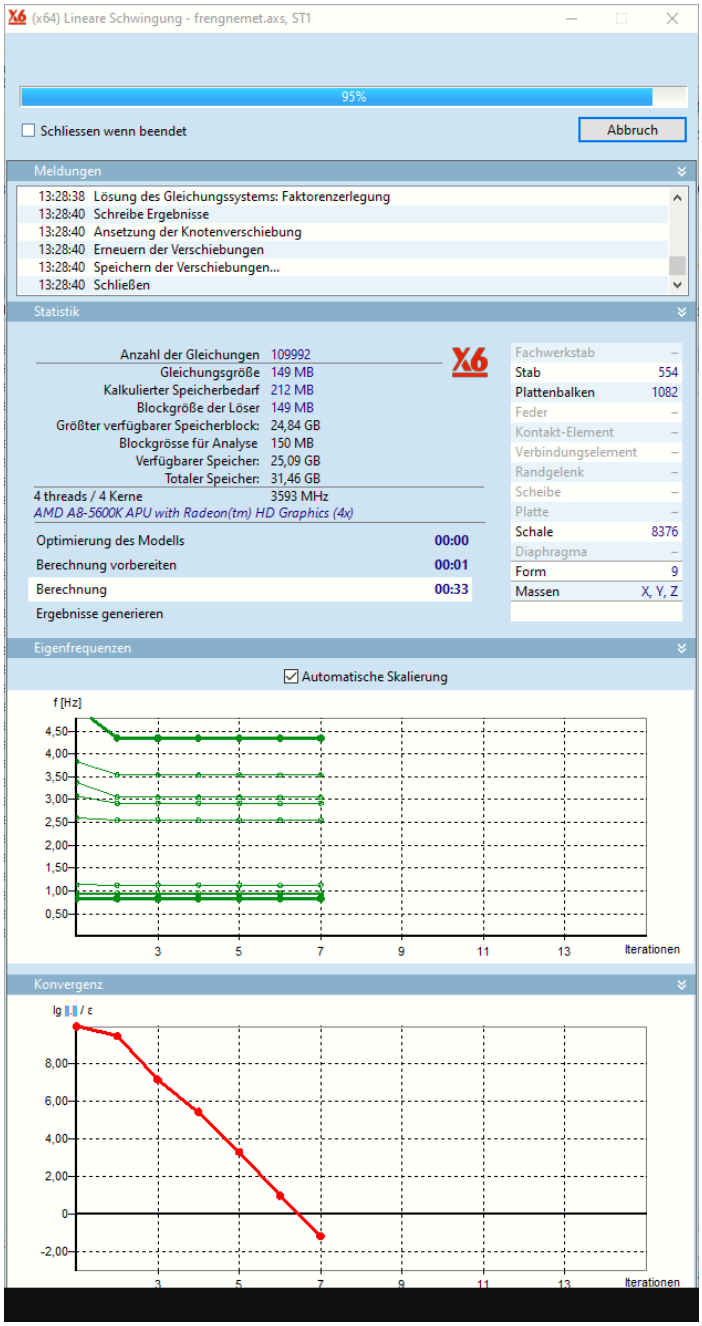
Löscht alle (Linien- oder Bereichs-) Netze des Modells.

5. Berechnung

Mit dem Programm können Sie lineare und nichtlineare statische und dynamische Analysen, Schwingungsanalysen nach der Theorie I. und II. Ordnung, und Knickanalyse für Stabwerke durchführen. In AXISVM basiert die Analyse der Konstruktion auf der Methode der finiten Elemente. Eine ausführliche Beschreibung dieser Methode finden Sie in der Fachliteratur (s. Literaturverzeichnis).
Wenn Sie AXISVM erfolgreich und effektiv benutzen wollen, müssen Sie ausreichende Kenntnisse und Erfahrung bei der Anwendung der Methode der finiten Elemente haben.

Jede Berechnung erfolgt in vier Schritten:

1. Modell optimieren
2. Eingabedaten vorbereiten
3. Berechnung durchführen
4. Bearbeitung der Ausgabedaten für Visualisierung



Sie können ausführliche Informationen über das Modell und den Berechnungsablauf mit Betätigen des Detailknopfes abrufen.

Berechnungsdetails können durch Klicken auf die entsprechenden Register angezeigt werden. Das *Meldungen-Register* zeigt die Berechnungsschritte. Das *Statistik-Register* zeigt Speicherbedarf, Hardware-Informationen, Modell-Details und Rechenzeiten.

Spezielle Kategorien:

Nichtlineare Berechnung:	*Tracking* zeigt die Bewegung des kontrollierten Knoten. *Convergence* zeigt die Konvergenz des iterativen Prozesses.
Eigenschwingung:	*Frequenzen* zeigt an wie die Frequenzen konvergieren. *Convergence* dokumentiert den Konvergenzfortschritt.
Knicken:	*Eigenwerte* zeigt die Eigenwert-Konvergenz an.
Dynamik:	*Zeit-Schritte* dokumentieren die Bewegung des kontrollierten Knotens. *Convergence* dokumentiert den Konvergenzfortschritt.

Parameter der letzten Berechnung werden in der Modelldatei gespeichert und können im Modell-Info-Dialog untersucht werden. **Siehe...** *2.16.20 Information*

Modelloptimierung

AxisVM optimiert die Rechenzeit nach den modernsten Erkenntnissen.
Der Rechenkern verfügt über die zurzeit effizienteste Programmarchitektur für das Handling von Finiten Elementen.
Um Rechenzeit und Speicherbedarf zu reduzieren optimiert AxisVM die Knotenreihenfolge. Falls die Anzahl Freiheitsgrade grosser als 1000 ist, erzeugt AxisVM einen dreidimensionalen Graph von der Modellgeometrie und beginnt mit Hilfe der Teilstruktur-Methode das Gleichungssystem aufzuteilen. Das System wird als ausgedünnte Matrixe gespeichert. Die Parameter des optimierten Gleichungssystems erscheinen erst am Schluss diese Prozesses. Dieser Prozess führt zu dem kleinstmöglichen Speicherbedarf und schnellster Rechenzeit, setzt aber voraus, dass der grösste Speicherblock in den verfügbaren Speicher passt. Falls nicht wird das System als Bandmatrix gespeichert und AxisVM beginnt die Bandbreite des System iterative durch Knotenumnummerierung zu reduzieren. Falls die beiden längsten Reihen in den Speicher passen kann das System gelöst werden. Änderungen des Speicherbedarfs für die Bandmatrix wird real-time angezeigt. Die Dauer des Optimierungsprozesses und der endgültige Speicherbedarf sind abhängig von der Größe des Systems und dem verfügbaren Speicher.

☞ ***Das Gleichungssystem kann am effektivsten gelöst werden, wenn das gesamte System in den physikalischen Speicher gelegt wird. Wenn das System nicht in den physikalischen Speicher passt, aber sein grösster Block hinein passt, ist die Laufzeit moderat.***
Wenn der grösste Block nicht in den physikalischen Speicher passt, können die notwendigen Festplattenspeicherzugriffe die Lösung beträchtlich verlangsamen.

Eingabedaten vorbereiten

Im ersten Schritt werden die Eingabedaten kontrolliert. Wenn ein Fehler gefunden wird, gibt AxisVM eine entsprechende Meldung aus. Sie können dann entscheiden ob die Berechnung weiterlaufen oder abgebrochen werden soll. Nach der Kontrolle wird eine Optimierungsprozedur der Knotennummern durchgeführt. Im Optimierungsvorgang wird der umgekehrten Cuthill-McKee (RCM) Algorithmus und der Algorithmus von Akhras & Dhatt in einer iterativen Form benutzt.
Die aktuelle Iterationsanzahl und die zugehörige Bandbreite erscheint am Bildschirm.

Berechnung

Aktuelle Informationen während des Berechnungsablaufes werden auf dem Bildschirm ausgegeben.
Jeder Knoten des finiten Element-Modells kann maximal 6 Freiheitsgrade haben. Der Aufbau der Elementensteifigkeits- und Massenmatrizen erfolgt unter Berücksichtigung der Knotenfreiheitsgrade, deshalb ist gleicher Leistungsgrad sowohl bei der ebenen als der räumlichen Aufgaben gesichert.
Zur Lösung des symmetrischen linearen Gleichungssystems wird das modifizierte Cholesky-Verfahren benutzt.

Genauigkeit der Lösung

Der Lösungsfehler wird berechnet aufgrund der Lösung eines Lastfalles mit bekanntem Resultat. Dies ergibt eine gute Abschätzung der Fehlergrössenordnung der Verformungsresultate für andere Lastfälle. Im Info-Fenster wird dieser Fehler als E(ER) angezeigt.
Wenn dieser Wert grösser als 0.00001 ist, dann ist die Genauigkeit aufgrund der schlechten Konditionierung der Gesamtsteifigkeitsmatrix nicht ausreichend. Die Genauigkeit der Verschiebungen wird wahrscheinlich gleich gross sein.

Bearbeitung der Ergebnisse

Hier werden die Ergebnisse nach der ursprünglichen Knotennummerierung umgestellt, und für die Visualisierung vorbereitet.

Die Parameter, die für einzelnen Analysentypen angegeben werden müssen, werden im folgenden Abschnitt ausführlich diskutiert.

5.1. Statik

Lineare statische Berechnung



Bei linearer Statik wird ein linear-elastisches Kraft-Verformungsverhalten vorausgesetzt. Nach dem Programmstart wird AxisVM sofort für alle Lastfälle und Lastfallkombinationen die Ergebnisse berechnen. Die Strukturverformungen und Verschiebungen müssen sich auf kleine Verzerrungen und kleine Verschiebungen begrenzen. Als Materialgesetz wird ein unbegrenzt elastisches, isotropisches Stoffgesetz benutzt.

☞ ***Siehe die Beschreibung der Fachwerkbinder, Abstände, Lager, seismischen Isolatoren und Federelementen in Kapteil 4 um zu sehen, wie diese Elemente in eine lineare Analyse einzubinden sind (4.9 Elemente).***

Der relative Fehler am Ende des Iterationsprozesses erscheint im Info-Fenster.

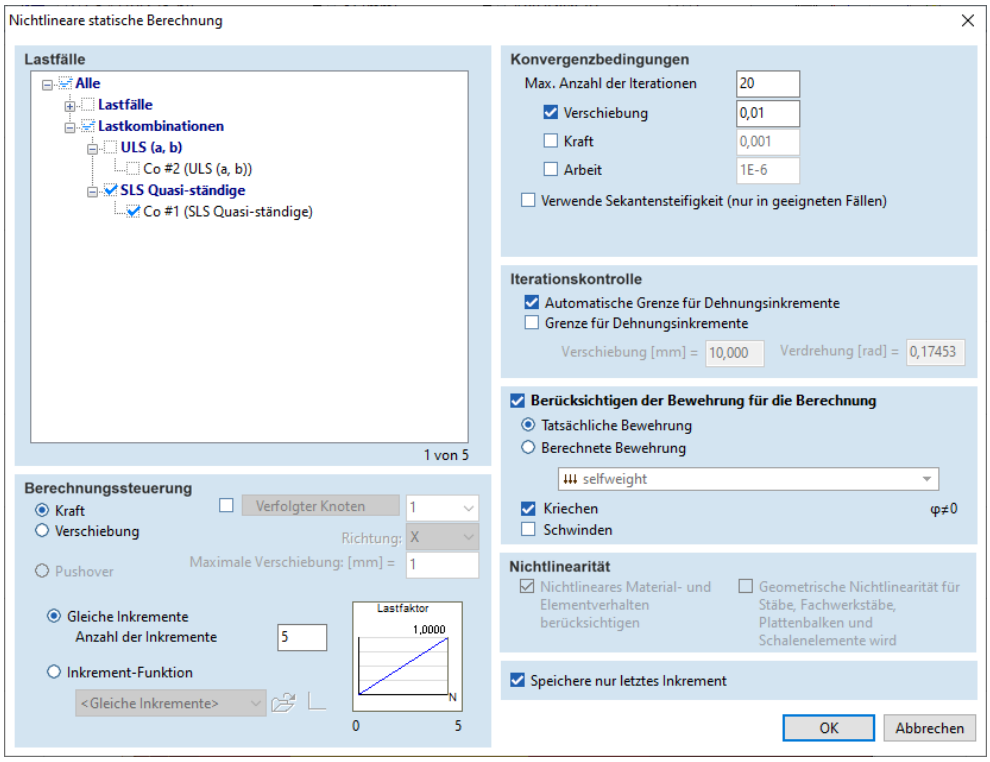
E(U): relativer Fehler der Verschiebungskonvergenz
E(P): relativer Fehler der Kraftkonvergenz
E(W): relativer Fehler der Arbeitskonvergenz
E(Eq): Kondition des Gleichungssystems

Werte in Rot signalisieren Instabilität.

Nichtlineare statische Berechnung



Führt eine nichtlineare statische Berechnung durch. Nichtlinear bedeutet, dass die berechneten Ergebnisse (Verschiebung, Schnittkräfte) nichtlinear sind bezogen auf die Belastung. Dies kann an der Verwendung von z.B. Kontaktelementen, Verbindungselementen, nichtlinearen Auflagern, Linien- / Flächenelementen mit nichtlinearer Materialien oder an der Berücksichtigung der geometrischen Nichtlinearität liegen.



Wählen Sie Lastfälle oder Kombinationen in der Baumansicht aus. AxisVM wird für die ausgewählten Lastfälle eine nichtlineare Analyse ausführen und einen Fortschrittsdialog anzeigen.

Berechnungs-steuerung

Hier werden die Parameter für die inkrementelle Berechnung festgelegt:

Kraft

Wenn Kraft-Kontrolle gewählt ist, wird die Last in Inkrementen aufgebracht. Es ist möglich, die Verschiebung eines Knotens in einer vorgegebenen Richtung zu verfolgen. Eine entsprechende Grafik wird während der Berechnung angezeigt.

Lastfall

Die Berechnung wird mit dem ausgewählten Lastfall durchgeführt (In einem Lauf kann jeweils einen Lastfall oder eine Lastfallkombination berechnet werden). Hier können die nötigen Parameter (Kraft/Weg) festgestellt werden:

Kraftsteuerung

Wenn die Berechnung kraftgesteuert ablaufen soll, dann wird die Last in den aufeinanderfolgenden Berechnungsschritten mit gleichgrossen Inkrementen erhöht und auf die Struktur aufgebracht.

Pushover

Die Pushover-Berechnungssteuerung ist ein spezieller Typ einer verformungsgesteuerten Berechnung, bei welcher ein konstanter Lastfall und ein weiterer parametrisierter Lastfall inkrementell gesteigert wird. Das ist wichtig um in Pushover-Analysen P-Effekte angemessen simulieren zu können.

Nachdem die Pushover-Berechnungssteuerung ausgewählt worden ist, ändert der obere Teil des Dialogfensters , sodass parametrisierte und konstante Lasten defineirt werden können.

Siehe... *4.10.25 Pushover Lasten – SE2 Modul* betreffend Definition der Pushover Lasten und empfohlene Einstellungen.

Verschiebung

Wenn die Berechnung weggesteuert ablaufen soll, dann wird die ausgewählte Verformung in Richtung des ausgewählten Freiheitsgrades an einem ausgewählten Knotenpunkt in den aufeinanderfolgenden Berechnungsschritten mit gleichgrossen Inkrementen erhöht und auf die Struktur aufgebracht.

Gehaltener Punkt, Richtung, maximale Verschiebung

Für die Verschiebung oder PushOver muss ein Kontrollknoten und ein Freiheitsgrad selektiert werden. Die maximale Verschiebung ist die maximal erlaubte Verschiebung des Kontrollknoten in der vorgegebenen Richtung.

Anzahl der Inkremente

Es gibt 2 Methoden, die Anzahl der Inkremente festzulegen:

1. *Gleiche Inkremente:* Legt die Anzahl der Inkremente fest: Der voreingestellte Wert ist 10. Wenn stark nichtlineares Verhalten berechnet wird, können Sie einen grösseren Wert festlegen, um Konvergenz zu erzielen.
2. *Inkrement Funktion:* Lasten erhöhen sich nicht auf eine lineare Art, aber folgen einer vordefinierten Funktion. Unter Verwendung einer Erhöhungsfunktion ist es möglich, die Anzahl der Inkremente zu verringern, wenn das Verhalten der Struktur linear ist und die Anzahl der Inkremente zu erhöhen, wenn das Verhalten nichtlinear ist. Gespeicherte Funktionen können erneut geladen, angepasst und unter neuem Namen gespiechert werden. (**siehe...** *4.10.30 Dynamische Lasten (für Time-History-Berechnung) - DYN Modul*). Funktionen werden in einzelnen *.inc dateien gespeichert unter *c:\ Users \ [Benutzername] \ AppData \ Roaming \ AxisVM \ [Versionsnummer] \ inc*.

Konvergenzbedingungen

Die Konvergenzuntersuchungen garantieren die nötige Genauigkeit der nichtlinearen Berechnungen, deshalb ist die Bestimmung der Koeffizienten der Konvergenzbedingungen sehr kritisch. Am Ende der Iterationsvorgang muss der normierte Vektor der unbalancierten Restkräfte und der Zuwachs der Verformungen in der aufeinanderfolgenden Iterationsschritten vernachlässigbar klein werden.

Maximale Anzahl der Iterationen

Es kann in Abhängigkeit der Nichtlinearität und der Berechnungsmethode bestimmt werden. Grundwert ist 20. Wenn die Konvergenzkriterien noch nicht erfüllt worden sind, bekommen Sie kein Ergebnis, und die Berechnung muss mit erhöhter Iterationsanzahl wiederholt werden.

Verformung / Kraft / Arbeit / Konvergenzkriterien

Die Konvergenzbedingungen können in Kraft, in Verformung in Arbeit oder in kombinierter Form bestimmt werden im Falle einer nichtlinearen Berechnung. In allgemeinem ist die Form in Arbeit am günstigsten benutzbar. In seltenen Fällen kann aber trotz eines grösseren Fehlers im Zuwachs der Verformung der Fehler der unbalancierten Restkräfte vernachlässigbar klein sein, oder umgekehrt.

Haben die Faktoren der Konvergenzkriterien die folgenden Standardwerte: 0.001 für Verformungen, 0.001 für Kraft, und 0.000001 für Arbeit.

Die relativen Fehler werden nach dem Iterationsprozess im Info-Fenster angezeigt

E(U) : relativer Fehler der Verformungskonvergenz
E(P) : relativer Fehler der Kraftkonvergenz
E(W) : relativer Fehler der Arbeitkonvergenz
E(Eq) : Kondition des Gleichungssystems

Sekantensteifigkeit verwendet (nur in geeigneten Fällen)

Wenn diese Funktion aktiv ist, erfolgt die Freisetzung von Balkenenden mit Hilfe der sekanten Steifigkeit anstelle der tangentialen Steifigkeit. Das verbessert die Konvergenz, verlangsamt aber die Berechnung deutlich. Aus diesem Grund ist es nur empfehlenswert, wenn die Konvergenz trotz erhöhen der Inkremente und Iterationen nicht erreicht wird.

Iterationskontrolle

Die schwache Konvergenz einer nichtlinearen Berechnung wird oft durch nichtlineare Elemente verursacht, die eine starke Änderung der Steifigkeit in ihrem Spannungs-Dehnungs-Verhalten aufweisen. Beispiele für solche Elemente sind Lücken, nur Zug- oder nur Druckträger, Stützen mit Grenzkraft und Stahlbetonbauteile. Wenn die Steifigkeit mehrerer Elemente im gleichen Schritt geändert werden muss, kann eine Endlosschleife von Iterationen auftreten, ohne die Konvergenz zu erreichen. Um diese Situation zu verbessern, kann die Iterationskontrolle verwendet werden. Die implementierten Steuerungsmethoden begrenzen die Größe der Verschiebungsinkremente in den kritischen Iterationen, anstatt die Größe des Lastinkrements zu verringern. Mit dieser Strategie kann die Konvergenz erreicht werden, aber viele Iterationen wären aufgrund der begrenzten Verschiebungsinkremente im kritischen Schritt notwendig.

Das Programm führt die folgenden Berechnungsschritte in jeder Iteration durch:
1. Berechnet das Verschiebungsinkrement für jeden Freiheitsgrad, das durch die unausgeglichenen Lasten verursacht wird.
2. Steuert die Freiheitsgrad-Verschiebungsinkremente, wenn eine der Steueroptionen eingeschaltet ist.
3. Berechnet weitere Ergebnisse...

Die Iterationskontrolle enthält abhängig von den gewählten Optionen folgende Prüfungen.

Automatische Einschränkung für Dehnungsinkremente

Ausgehend von den Freiheitsgrad-Verschiebungsinkrementen berechnet das Programm die elementaren Dehnungsinkremente. Tritt bei einem der Elemente eine übermäßige Dehnung oder ein Spannungsanstieg oder eine übermäßige Änderung der Steifigkeit auf, berechnet das Programm einen zulässigen Dehnungsanstieg, der keines der auftretenden Probleme verursacht. Nach der Überprüfung aller Elemente skaliert (verringert) das Programm die Verschiebungsinkremente, so dass es nicht zu übermäßigen Veränderungen in einem der Elemente kommt.

Einschränkung für Dehnungsinkremente

Mit dieser Option können eigene Grenzwerte für Translations- und Rotationsverschiebungen definiert werden. Das Programm skaliert (verringert bei Bedarf) die Freitheitsgrad-Verschiebungsinkremente, so dass das Maximum davon gleich dem Grenzwert sein sollte.

Benutze tatsächliche Bewehrung in der Berechnung

Bei der Berechnung von Stahlbetonplatten ist es möglich, die tatsächlich vorhandene oder die vorgesehene Bewehrung zu berücksichtigen.
Für die Berechnung bewehrter Betonflächen kann die berechnete oder tatsächliche Bewehrung berücksichtigt werden. Verschiebungen und Schnittkräfte der Stahlbetonflächen sind nach dem Momenten-Krümmungsdiagramm des bewehrten Betonquerschnitts berechnet. Die Ergebnisse zeigen die aktuelle Durchbiegung und Kräfte der Platte (**siehe...** *6.5.6 Nichtlineare Berechnung von Stahlbetonflächen*).
Für die Stb.-Stützen und -Balken kann die Bewehrung auch in der Berechnung berücksichtigt werden. Innere Schnittkräfte, die kompatibel zu Druckspannungen sind, werden berechnet durch Integration der Faserspannungen an Gauss Integrationspunkten basierend auf ε normal Belastungen, κ_y und κ_z Krümmungen berücksichtigen die tatsächliche Bewehrung, den Beton und das nichtlineare Materialverhalten (**siehe...** *6.5.5 Nichtlineare Berechnung der Balken- und Stützenbewehrung*).
Die Analyse kann mit oder ohne Berücksichtigung von Kriechen / Schwinden durchgeführt werden. Weitere Informationen bezüglich der Berücksichtigung von Kriechen und Schwinden finden sich in den oben genannten Abschnitten.

Nichtliniearität

Berücksichtigen von nichtlinearem Verhalten von Materialien und Finiten Elementen.

Diese Option ist aktiviert, wenn das Modell Elemente mit nichtlinearem Verhalten enthält (z.B. Zugstäben oder Nur-Druck Auflager) oder Elemente mit nichtlinearen Materialeigenschaften (Fachwerkstäbe, Balken, Plattenbalken, Scheiben, Platten, Schalen). Falls das nicht angewählt wird, verhalten sich alle Elemente Linear.

Berücksichtigung der geometrischen Nichtlinearität von Stab-, Fachwerkstab-, Rippen- und Schalenelemente

Das Gleichgewicht wird in Bezug auf die verformten Linienelemente hergestellt. Abhängig von der Größe der Verschiebung wird die Berechnung nach zweiter oder dritter Ordnung durchgeführt. Die Lasten sind konservativ, sie behalten ihre ursprüngliche Richtung während der Verformung bei.
Die geometrische Nichtlinearität kann nur für Stäbe, Fachwerkstäbe, Plattenbalken und Schalenelemente verwendet werden. Wenn im FE-Modell keine nichtlinearen finiten Elemente definiert sind, wird diese Option automatisch aktiviert. Wenn das Modell Elemente mit nichtlinearen Merkmalen beinhaltet, bleibt diese Option unausgewählt, kann aber aktiviert werden.

Stabilitäts-warnungen

In geometrisch nichtlinearen Berechnungen kann in gewissen Inkrementen ein Stabilitätsproblem auftreten. Dieses kann lokaler oder globaler Natur oder auch ein Durchschlagsphänomen sein. Ausserdem kann in einem Stab die kritische Eulerlast überschritten worden sein. In solchen Fällen wird folgendes Untersuchungsverfahren empfohlen

- Verformungen überprüfen
- Knickanalyse durchführen, um die kritischen Lastparameter mit den Lastfaktoren des problematischen Inkrements vergleichen zu können.

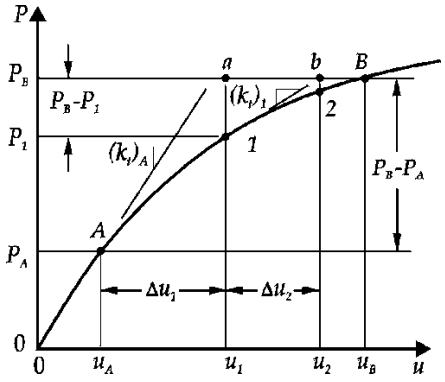
Eine Warnmeldung mit dem betroffenen Inkrement erscheint im Infofenster. **Siehe...** *2.19.1 Infopalette*

☞ ***Die Stäbe müssen durch Zwischenknoten in mindestens 4 Teile geteilt werden.***

Nur letztes Inkrement speichern

Verringert die Größe der Ergebnisdatei einer inkrementellen nichtlinearen Berechnung bei Verwendung mehrerer Inkremente (Last oder Verformung), wenn nur das letzte Inkrement von Interesse ist.

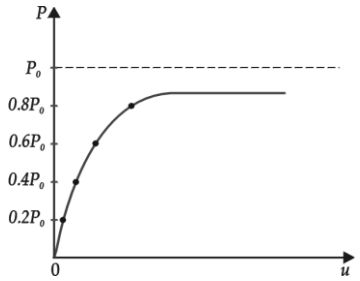
☞ ***Sie sollten diese Option deaktivieren, wenn Sie Lastverformungen oder andere nichtlineare Antwortspektren des Tragwerks verbinden wollen.***



AxisVM verwendet eine Newton-Raphson Iterations technik für die iterative Lösung jedes Inkrementes. Die Technik ist in verschiedenen Varianten bekannt, abhängig vom Update der System (Steifigkeits) Matrix.
In AxisVM *n = 1* (Grundwert), dann werden die Elementsteifigkeiten bei jeder Iteration neu ermittelt (Standard Newton-Raphson-Methode).
Die sog. Durchschlagprobleme können mit Kraftsteuerung nicht untersucht werden. In diesen Fällen muss das Wegsteuerungsverfahren angewendet werden.

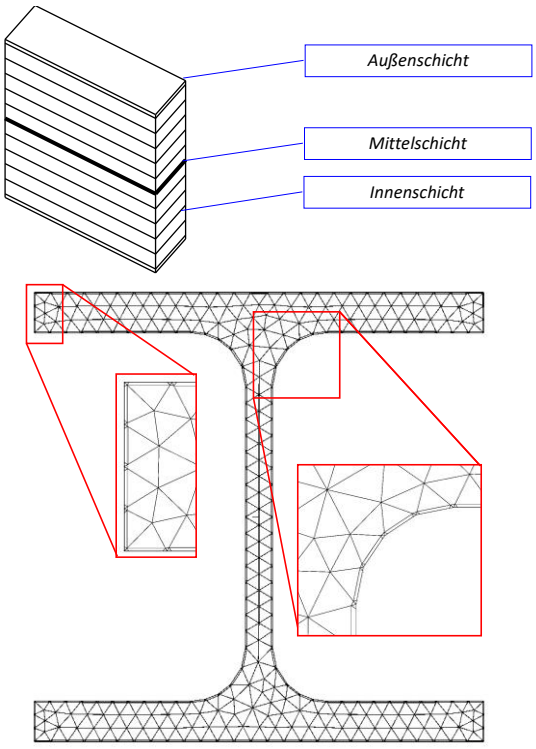
Kraft/Weg-steuerung

Die Kraftsteuerung kann zu numerischen Problemen führen, besonders bei der Ermittlung der maximalen Tragfähigkeit. Im Bild wird eine Last-Verformungs-Kurve dargestellt, wobei in der Region der Tragfähigkeit grosse/unendliche Verformungen auftreten. In diesem Fall kann die Wegsteuerung eine problemlose Lösung bieten.



Finite Elemente mit nichtlinearem Material

Balken, Plattenbalken und Flächenelemente, die aus nichtlinearem Material (elastisch oder plastisch) bestehen, werden mit einem diskretisiertem Querschnittsmodell modelliert. Platten und Schalen sind Schichten, Balken- und Unterzugsquerschnitte sind vernetzt. Die Spannungsverteilung wird mit der Navier's Hypothese ermittelt und das nichtlineare Materialmodell auf jedes Sub-Element aufgebracht.

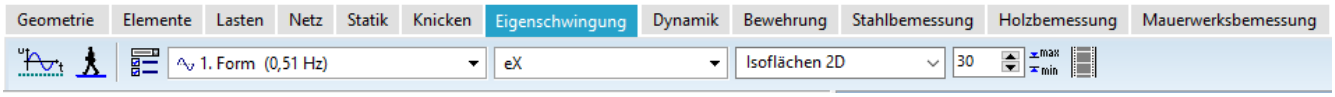


Die Spannungskomponenten sind identisch zum linearen Materialmodell. Für Flächenelemente beziehen sich die Ergebnisse auf die obere, mittlere und untere Ebene, für Balken- und Plattenbalkenquerschnitte auf die Spannungspunkte und entlang des Umrisses. Um exakte Ergebnisse in der extremen Faser zu erhalten, sind die Schichten nicht gleich dick. Im Fall von Platten und Schalen werden zwei dünne Außenschichten verwendet, die eine Dicke von 1/10 der Innenschicht hat. Es gibt total 10 Innenschichten. Die Vernetzung der Balken- und Unterzugsquerschnitte beinhalten auch eine dünne Außenschicht, deren Dicke 1/10 von der Kantenlänge eines inneren Elements ist. Spannungsergebnisse entland der Außenkanten werden aus den Außenelementen ermittelt.

Seismsiche Isolatoren

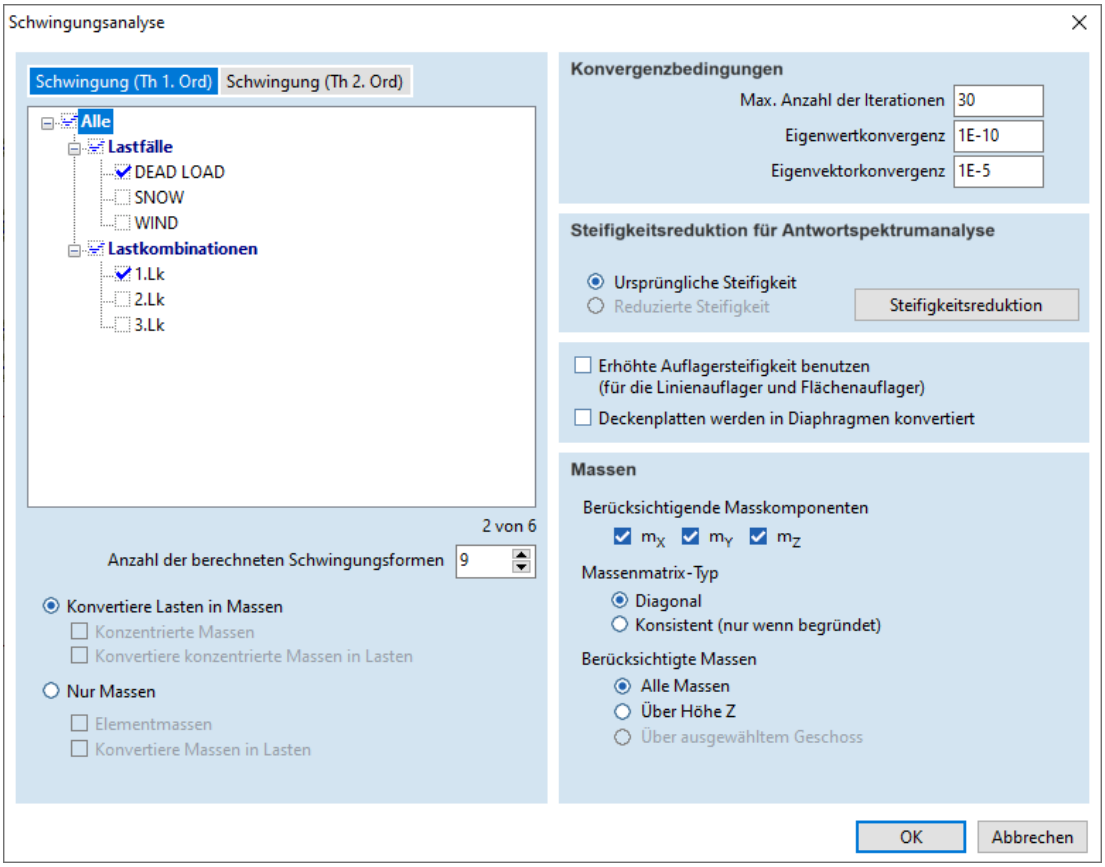
Siehe... *3.1.17.2 Seismische Isolatoren*

5.2. Schwingungsanalyse



Es werden die minimale Eigenschwingungsfrequenzen und die zugehörigen Eigenformen, die zu den freien ungedämpften Schwingung der Tragstruktur gehören, bestimmt. Die Berechnung ist eine verallgemeinerte Eigenwertaufgabe. Die Lösung erfolgt durch ein Unterraum-Iterationsverfahren, und das Programm kontrolliert ob wirklich die kleinsten Eigenwerte bestimmt worden sind.
Wählen Sie Lastfälle oder Lastfallkombinationen in der Baum-Ansicht. AxisVM wird die Schwingungsanalyse für alle gewählten Lastszenarien durchführen und einen entsprechenden Dialog des jeweiligen Berechnungsstandes anzeigen.
Die Diagonalelemente der Massenmatrix der Konstruktion repräsentieren Werte für die zu den einzelnen Knotenpunktbewegungen zugehörigen Massen.

☞ ***Die Schwingungsanalyse dient zur Bestimmung der positiven Eigenwerte des Tragsystems, und kann für einen Eigenwert näherungsweise Null nicht benutzt werden.***



Steuerungs-parameter

Hier können die Parameter zur Steuerung der Lösung des Eigenwertproblems angegeben werden:

Theorie I. Ordnung
Der Einfluss der Druck/Zugkräfte auf die Gesamtsteifigkeit der Tragkonstruktion bleibt unberücksichtigt.

Theorie II. Ordnung
Der Einfluss der Druck/Zugkräfte auf die Gesamtsteifigkeit der Tragkonstruktion wird berücksichtigt. Bei der Bestimmung der Eigenformen wirken die Zugkräfte als steifigkeitszunehmend, die Druckkräfte als steifigkeitsvermindernd. Das beeinflusst das Schwingungsverhalten der Struktur. Deshalb muss vor der Schwingungsanalyse eine statische Berechnung durchgeführt werden.

Lastfall

Die Berechnung wird mit dem ausgewählten Lastfall durchgeführt. (In einem Lauf kann jeweils einen Lastfall oder einen Massenlastfall berechnet werden). Die Knotenlasten werden auf Massen umgerechnet. Bei einer Berechnung nach der Theorie II. Ordnung werden die Schnittkräfte einer statischen Berechnung auch benutzt.

Anzahl der zu bestimmenden Eigenformen

Der Grundwert beträgt 9, eine maximale Anzahl von Eigenformen ist nicht begrenzt, aber kann nicht grösser sein als der Massenfreiheitsgrad der Tragkonstruktion.

Konvertiere Lasten in Massen

Sie können die Umrechnung der lotrechten Lastkomponenten in Massen aktivieren und diese konzentrierten Massen in der Schwingungsanalyse berücksichtigen. Die generierten Knotenmassen können im Tabellenbrowser *(Ergebnisse / Vibration / [Name des Lastfalls oder der Einwirkungskombination] / Knotenmassen)* überprüft werden.

Konzentrierte Massen:

Wenn Knotenmassen definiert worden sind (**siehe...** *4.10.35 Knotenmassen*), können sie in die Analyse integriert oder davon ausgeschlossen werden.

Konvertiere konzentrierte Massen in Lasten:

Wenn Knotenmassen definiert worden sind, können sie in der Schwingungsanalyse in Lasten konvertiert werden.

Nur Massen

Sie können Modelle ohne Lasten dafür mit Massen analysieren, und *Elementmassen* berücksichtigen. Sie können sogar Knotenmasssen in Lasten umwandeln (*Konvertiere Massen in Lasten*).

Berücksichtigte Massenkomponenten

Nur mittels Kästchen aktivierte Massenkomponenten werden berücksichtigt.
Hilfreich , falls Eigenformen nur in einer bestimmten Richtung berechnet werden sollen.

Massenmatrix-Typ

Diagonal: kleinere Massenmatrix aber ohne Zentrifugalträgheit
Konsistent (nur wenn ausgerichtet): Komplette Massenmatrix mit Zentrifugalträgheit

Diaphragma

Wenn eine Eigenschwingungsanalyse mit der Option *„Deckenplatten werden in Diaphragmen konvertiert"* ausgeführt wird, werden alle Decken (horizontale Platten) temporär durch Diaphragmen ersetzt. Die Rechenzeit wird verringert, wenn das Modell nur Stützen und Decken enthält. Wenn es Tragwände beinhaltet, verringert sich die Anzahl der Gleichungen, aber die Bandbreite wird erhöht. Die resultierende Rechenzeit kann grösser sein als ohne Diaphragmen.

Konvergenzbedingungen

Die Konvergenzuntersuchungen garantieren die nötige Genauigkeit der Schwingungsanalyse, deshalb ist die Bestimmung der Koeffizienten der Konvergenzbedingungen sehr kritisch.

Maximale Anzahl der Iterationen

Es kann in Abhängigkeit der Anzahl der zu bestimmende Eigenwerte bestimmt werden (Je grösser ist der Eigenwertanzahl, desto grösser wird die nötige Iterationsanzahl.) Grundwert ist 20. Wenn die Konvergenzkriterien noch nicht erfüllt worden sind, bekommen Sie kein Ergebnis, und die Berechnung muss mit erhöhter Iterationsanzahl wiederholt werden.

Konvergenzbedingung der Eigenwerte

Der Grundwert für relative Konvergenz der Eigenwerte ist 1E-10.

Konvergenzbedingung der Eigenvektoren

Der Grundwert für Konvergenz der Eigenvektoren ist 0.00001.

Diaphragma

Wenn Sie die Option *Deckenplatten werden in Diaphragmen konvertiert* aktivieren, werden alle Decken (horizontale Platten) während der Analyse in Diaphragmen umgewandelt.
Die Laufzeit wird reduziert, wenn das Modell nur Stützen und Platten enthält. Wenn Wände enthalten sind, wird die Anzahl der Gleichungen reduziert, aber die Bandbreite wird erhöht. Die resultierende Laufzeit kann grösser sein als ohne Diaphragmen.

Steifigkeitsreduktion für Antwortspektrumanalyse

Weitere Informationen unter *3.3.10 Steifigkeitsreduktion*

Erhöhte Auflagersteifigkeit benutzen

Auflager wirken bei Schwingungen anders. Werden erhöhte Auflagersteifigkeiten verwendet (10^{10} kN/m für Knotenlager, 10^7 kN/m/m für Linienlager, 10^4 kN/m^2 für Flächenlager), werden eventuell realistischere Schwingungsresultate erreicht.

Massen

Berücksichtigte Massenkomponenten

Nur ausgewählte Massenkomponenten werden in der Analyse verwendet. Dies ist nützlich, wenn modale Formen in einer bestimmten Richtung berechnet werden sollen.

Massenmatrix-Typ

Diagonal: kleinere Massenmatrix aber ohne zentrifugale Trägheiten
Konsistent (nur wenn begründet): komplette Massenmatrix mit zentrifugalen Trägheiten

Berücksichtigte Massen

Hier können die bei der Schwingungsanalyse berücksichtigten Massen konfiguriert werden. Neben der Option *alle Massen* ist es möglich, die Massen auf diejenigen zu reduzieren, die oberhalb einer gegebenen Höhe Z oder einem gegebenen Geschoss liegen (falls das Modell Geschosse enthält). Ein Beispiel könnte der Ausschluss des Untergeschosses von der Schwingungsanalyse sein.

Seismische Isolatoren

Für Details über das Verhalten von seismischen Isolatoren **siehe...** *3.1.17.2 Seismische Isolatoren.*

☞ ***Das Programm benutzt standardmässig eine Diagonalmatrix. Deshalb müssen die Flächenelemente ein genügend dichtes Netz bilden und die Stäbe durch Zwischenknoten aufgeteilt werden. Im Allgemeinen ist es ausreichend, wenn mindestens 4 Elemente auf einer Halbwelle (bei Flächen in beiden Richtungen) liegen.***

Eine gute Faustregel ist, dass Balken in mindestens acht Elemente unterteilt werden müssen.

Die Schwingungsformen werden nach der Masse normiert:

$$\{U\}^T[M]\{U\} = 1$$

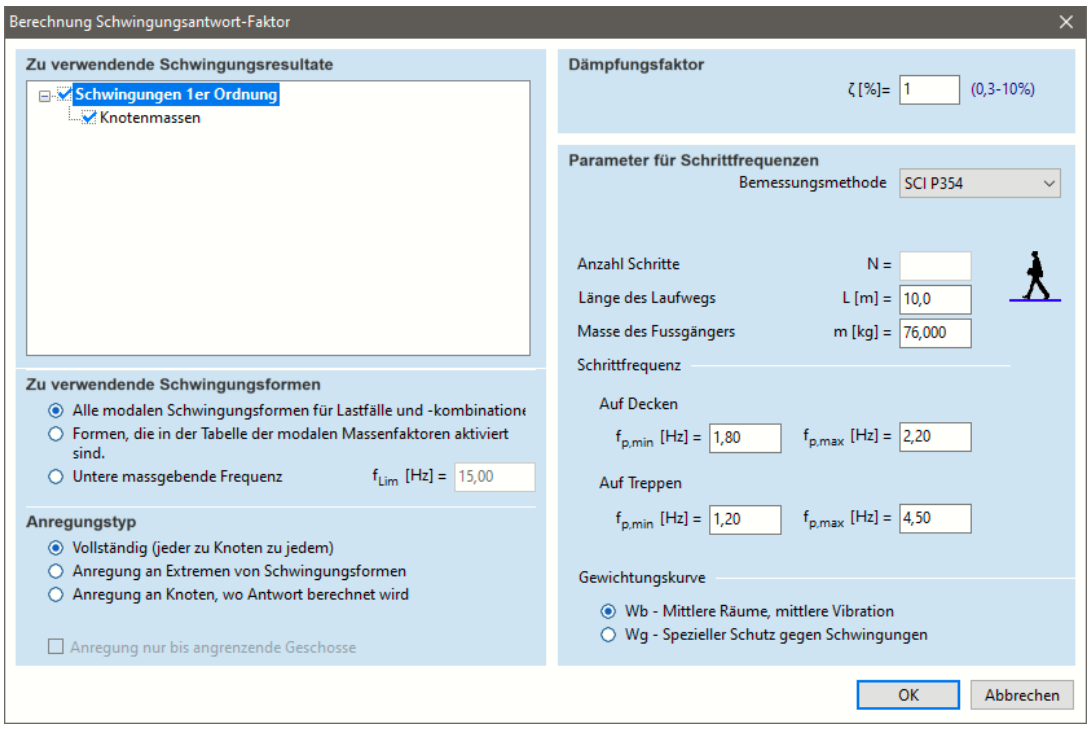
5.2.1. Schwingungsfaktor



Durch immer effizientere Bauwerksplanung mit stärkeren Materialien und somit leichteren Tragwerken steigt das Problem von personeninduzierten Schwingungen von Böden. Gehende Personen können Schwingungen verursachen, welche für Bewohner unangenehm oder inakzeptabel sind und heikle Tätigkeiten verunmöglichen (z.B. Operationssäle oder Präzisionslaboratorien). Eine Fussschrittanalyse berücksichtigt gehende Personen als externe Anregungskraft und ermittelt den Schwingungsfaktor, welcher proportional zur maximalen Beschleunigung am entsprechenden Knoten ist. Die Fussschrittanalyse ist nur verfügbar, wenn die Softwarekonfiguration das FFA-Modul beinhaltet.
Um die Reaktion einer Struktur auf menscheninduzierte Schwingungen zu analysieren, müssen zwei Bedingungen erfüllt sein. Das Modell muss Bereiche beinhalten und der Winkel zwischen deren Normalen und der Gravitationsrichtung muss weniger als 70° betragen. Eine Domäne wird als Platte definiert, wenn der Winkel ihrer Normalen zur Gravitationsrichtung weniger als 10° beträgt und als Treppe, wenn dieser Winkel zwischen 10° und 70° liegt. Domänen mit grösseren Winkeln zwischen der Normalen und der Gravitationsrichtung werden als Wände definiert. Wandknoten werden von AxisVM weder analysiert noch angeregt, da sich Wandschwingungen nicht auf den Nutzerkomfort auswirken.

Schwingungs-resultate

Die zweite Voraussetzung ist eine Schwingungsanalyse mit Resultaten erster und/oder zweiter Ordnung. Wählen Sie die Schwingungsresultate der zu berücksichtigenden Lastfälle oder Einwirkungskombinationen (Lastfälle oder Einwirkungskombinationen ohne die angemessene Anzahl Modi werden rot angezeigt).
Wählen Sie eine Anregermethode und legen Sie den Dämpfungsgrad sowie weitere Parameter der dynamischen Last fest. Das Resultat der Analyse ist ein Schwingungsfaktor (R) für die gewählte Anregermethode auf Platten und Treppen. R muss mit den empfohlenen Werten verglichen werden (für Details siehe FFA Handbuch (Help / FFA Guide)).



Es ist auch wichtig, dass die Rand- und Übergangsbedingungen so festgelegt werden, dass sie das steifere Verhalten der Strukturen für dynamische Lasten widerspiegeln (**siehe...** *5.2 Schwingungsanalyse, Erhöhte Auflagersteifigkeit verwenden).* Darüber hinaus wird bei der Berechnung der Modalformen vorgeschlagen, Nutzlasten mit quasi-ständigen Kombination (ψ_2) zu berücksichtigen, was die Ergebnisse aufgrund des signifikanten Anstiegs der modalen Massen der Struktur positiv beeinflusst.

Eigenformen

Alle Eigenformen für die Lastfälle/-kombinationen: Alle Formen der gewählten Lasfälle / -kombinationen werden berücksichtigt. *Eigenformen, die in der Modalmassentabelle aktiviert* sind *Eigenformen können inaktiv gemacht werden* unter *Teilnahme der Eigenform* (**siehe...** *4.10.24.1 Berechnung der seismischen Lasten nach Eurocode 8*).
Unter dem Frequenzlimit lässt den Benutzer ein Limit für die Eigenfrequenzen setzen, die in der Berechnung verwendet werden. Nur Modi mit einer kleineren Frequenz werden berücksichtigt.

Anregermethode

Drei Anregermethoden stehen zur Verfügung, welche alle eine separate Resultatkomponente R hervorbringen.
Voll: Alle Knoten von Platten oder Treppen können beliebige andere Knoten anregen (Rvoll). Das ist die konservativste Methode.
Anregung an Extrempunkten der Eigenformen: Die Anregung geschieht lediglich an den zwei globalen Extrempunkten der Eigenformen (***R extr.***).
Anregung am analysierten Knoten: Der analysierte Knoten wird nur durch sich selbst angeregt (Rselbst).
Anregung nur bis zu angrenzenden Stockwerken: Diese Option ist aktiviert, wenn das Modell mindestens drei Stockwerke enthält. Der analysierte Knoten kann nur durch Knoten auf demselben oder einem benachbarten Stockwerk angeregt werden.

Dämpfung

Die kritische Dämpfrate des analysierten Tragwerks kann eingestellt werden. Vorschläge finden sich unter [33], [34].

Fussschritt Parameter

Bemessungs-methode

Zwei Ansätze sind verfügbar: *CCIP-016* [33] und *SCI P354* [34]. Die Algorithmen sind im ***FFA Wegweiser*** (siehe *Hilfe / FFA Wegweiser)* beschrieben. Die Änderung der Methode löscht die vorherigen Ergebnisse.

Anzahl Schritte (CCIP-016)

Die CCIP-016 Bemessungsmethode ermöglicht es, Resonanzbeschleunigungen aufgrund der Tatsache zu reduzieren, dass die Resonanz Zeit braucht, um sich zu entwickeln. Die Anzahl der Schritte (Dauer der Erregung) hat also Auswirkungen auf die Ergebnisse.

Länge des Gehwegs (SCI P354)

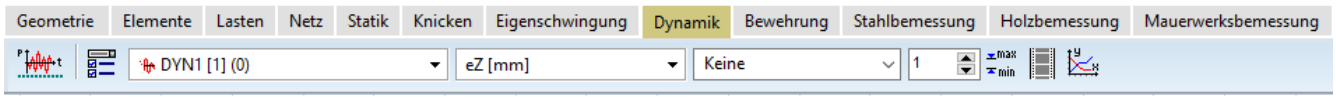
SCI P354 berücksichtigt den gleichen Effekt, aber der relevante Parameter ist die Länge des Gehwegs. Bei diesem Ansatz sollte die ungünstigste Länge angegeben werden.

Masse des Gehenden Beide Methoden erlauben eine Abweichung von der vordefinierten Masse der Person.

Schrittfrequenz AxisVM analysiert den Effekt von Schritten bei verschiedenen Schrittfrequenzen innerhalb eines bestimmten Bereichs. Die untere und obere Grenze des Frequenzbereichs können hier eingestellt werden.

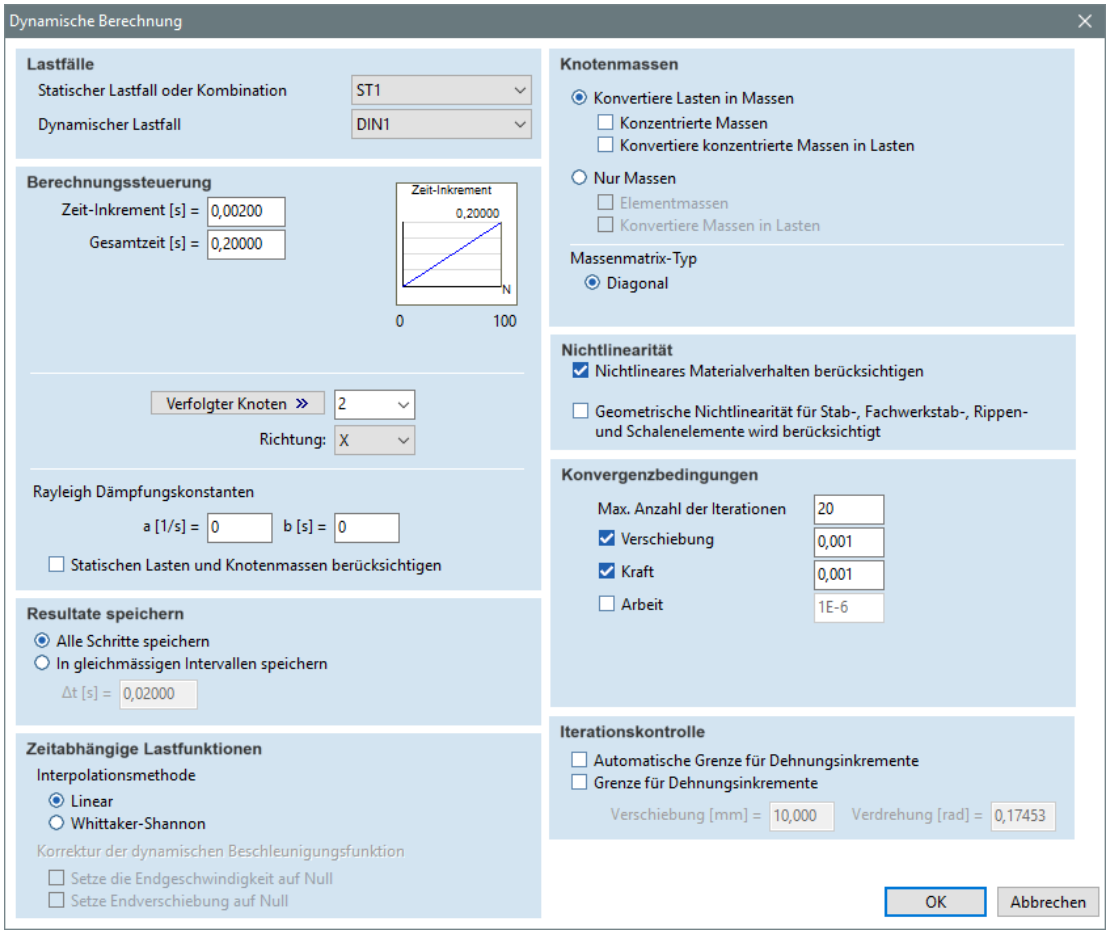
Belastungskurve *SCI P354* ermöglicht die Verwendung verschiedener Bewertungskurven. Diese Kurven berücksichtigen die Tatsache, dass die menschliche Wahrnehmung von Schwingungen von der Frequenz abhängt.
W_b – Normale Bedingungen, mittlere Schwingungen sollte verwendet werden, wenn allgemeiner Komfort im Gebäude sichergestellt werden muss.
W_g – Spezieller Schutz gegen Schwingungen sollte verwendet werden, wenn präzise Handbewegung und stabile Sicht (z.B. für Mikroskope) im Gebäude ermöglicht werden müssen.
In der *CCIP-016* Bemessungsmethode wird nur eine Bewertungskurve angewendet.
Für weitere Details siehe *Hilfe / FFA Wegweiser*.

5.3. Dynamische Berechnung



Die dynamische Berechnung bestimmt zeitabhängige Verschiebungen und Kräfte infolge dynamischer Lasten oder Knotenbeschleunigungen.

Die dynamische Berechnung kann an den linearen oder nichtlinearen Modellen durchgeführt werden.



Lastfälle

Statischer Lastfall oder Kombination

Wählen Sie den statischen Lastfall oder Lastkombination, der während der Berechnung angewendet wird. Wählen Sie *Keine*, um nur dynamische Lasten anzuwenden.

Dynamischer Lastfall oder Kombination

Wählen Sie den dynamischen Lastfall oder Lastkombination.

Berechnungs-steuerung

Die Berechnung kann in gleichen Inkrementen oder gemäß einer benutzerdefinierten Zeit-Inkrement Funktion durchgeführt werden. Vordefinierte Funktionen können geladen werden oder eine neue Funktion kann mit Hilfe des Funktions-Editors erzeugt werden.
Falls *Gleiche Inkremente* ausgewählt ist werden zwei Parameter benötigt: *Zeit-Inkrement* und *Gesamtzeit*. Die Berechnung braucht *Zeit-Inkrement* als das Inkrement zwischen zwei Zeitschritten *Gesamtzeit* definiert die gesamte Berechnungszeit.

Verfolgter Knoten

Die Verschiebung des ausgewählten Knotens in der vorgegebenen Richtung wird während der Berechnung angezeigt.

Rayleigh Dämpfungskonstanten (a, b)

Die Dämpfungsmatrix wird aus den Dämpfungskonstanten gemäß den folgenden Formeln ermittelt:

$$\mathbf{M}\underline{\ddot{u}} + \mathbf{C}\underline{\dot{u}} + \mathbf{K}\underline{u} = P(t)$$
$$\mathbf{C} = a\mathbf{M} + b\mathbf{K}$$

Falls *Lasten und Knotenmassen berücksichtigen* eingeschaltet ist, wird eine zusätzlich Matrix zu Matrix **M** addiert, welche die Lasten und Knotenmassen darstellt

Resultate speichern

Da ziemlich grosse Resultatdateien entstehen können, werden Optionen für deren Speicherung angeboten. Die Option *Speichern aller Schritte* bedeutet, dass alle Resultate gespeichert werden. **Speichern in regelmässigen Intervallen** speichert die Resultate nur für einige Zeitschritte und reduziert dementsprechend die Dateigrösse.

Dynamische Last-funktion

Interpolationsmethode

Der Solver muss die dynamischen Lastfunktionen bei jedem Zeitschritt der Berechnung auswerten. Wenn zu einem der Zeitschritte Abtastpunkte fehlen, ist eine Interpolation erforderlich. Diese Option ist nur in diesem Fall verfügbar. Die gewählte Interpolationsmethode wird für alle dynamischen Lastfunktionen durchgeführt, die im ausgewählten Lastfall verwendet werden. Die interpolierten Funktionen werden nicht im Modell gespeichert. Sie sind nur für den Solver verfügbar. Folgende Interpolationsmethoden stehen zur Auswahl:

Linear

Einfache lineare Abtastung (**siehe...** *4.10.30 Dynamische Lasten (für Time-History-Berechnung) - DYN Modul*). Diese Methode wird empfohlen, wenn die dynamischen Lastfunktionen im ausgewählten Lastfall stückweise linear sind.

Whittaker-Shannon

Diese Methode basiert auf der Whittaker-Shannon-Interpolationsformel (**siehe...** *4.10.30 Dynamische Lasten (für Time-History-Berechnung) - DYN Modul*). Sie wird empfohlen, wenn die dynamischen Lastfunktionen im ausgewählten Lastfall kontinuierliche Abtastfunktionen sind (z.B. Messprotokolle oder Funktionen, die aus der Fourier-Spektralzusammensetzung generiert werden).

☞ ***Die Whittaker-Shannon-Interpolationsmethode ist nur für Funktionen verfügbar, die aus äquidistanten Abtastungen gewonnen wurden.***

Korrektur der dynamischen Beschleunigungsfunktion

Die ausgewählten Korrekturen, die für alle im ausgewählten Lastfall verwendeten dynamischen Beschleunigungsfunktionen durchgeführt wurden. Diese Optionen stehen zur Verfügung, wenn es im ausgewählten Lastfall dynamische Beschleunigungen gibt. Die korrigierten Funktionen werden nicht im Modell gespeichert. Sie sind nur für den Solver verfügbar. Das Korrekturverfahren ist beschrieben im Abschnitt *4.10.30 Dynamische Lasten (für Time-History-Berechnung) - DYN Modul*).

Knotenmassen

Knotenmassen werden wie in einer Schwingungsanalyse berücksichtigt.

Massenmatrix Typ

Dynamische Analyse benutzt den *Diagonal* Matrix Typ.

Nichtlinearität

Berücksichtigen von nichtlinearem Verhalten von Materialien und Finiten Elementen.
Wenn nichtlineare Elemente (z.B. nur-Zug-Stabwerk) hier definiert werden, können Sie das nichtlineare Verhalten aktivieren oder deaktivieren.

Geometrische Nichtlinearität für Stab, Fachwerkstab, Plattenbalken und Schalenelemente berücksichtigen: Wenn diese Option aktiviert ist, werden Lasten an der verschobenen Struktur in jedem Schritt angewendet.

Konvergenzbedingungen Falls eine der nichtlinearen Optionen aktiviert ist müssen Konvergenzkriterien definiert sein und werden wie bei einer nichtlinearen Analyse berücksichtigt. Andernfalls werden die aktuellen E(U), E(P) und E(W) Werte (ihre Werte erscheinen im Info-Fenster) mit den hier gesetzten Referenzwerten verglichen.

Iteration control Diese Optionen werden beschrieben unter *5.1 Statik*

Lösungsmethode Lineare oder nichtlineare Gleichgewichtsgleichungen werden durch die Newmark-Beta-Methode gelöst. Wenn *Δt* das Zeit-Inkrement ist in *t+Δt, erhalten wir*:

$$\mathbf{M}\ddot{\underline{u}}_{t+\Delta t} + \mathbf{C}\dot{\underline{u}}_{t+\Delta t} + \mathbf{K}\underline{u}_{t+\Delta t} = P(t)$$

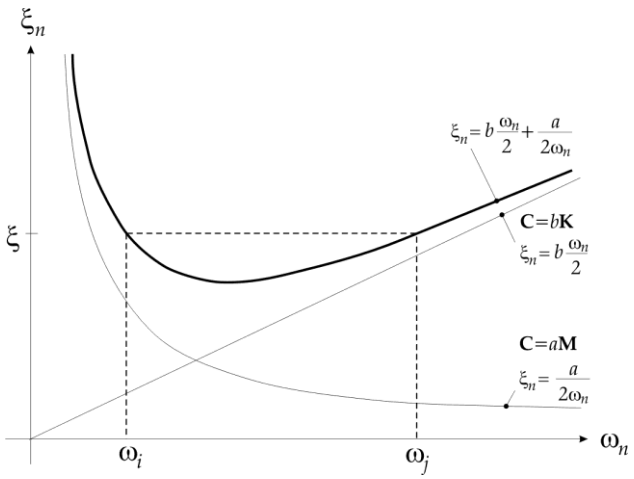
wobei **C** die Dämpfungsmatrix, **M** die Massenmatrix, und **K** die Steifigkeitsmatrix ist.

$$\underline{U}_{t+\Delta t} = \underline{U}_t + \Delta t \cdot \dot{\underline{U}}_t + \frac{\Delta t^2}{2}\left[(1-2\beta)\ddot{\underline{U}}_t + 2\beta\ddot{\underline{U}}_{t+\Delta t}\right]$$
$$\dot{\underline{U}}_{t+\Delta t} = \dot{\underline{U}}_t + \Delta t\left[(1-\gamma)\ddot{\underline{U}}_t + \gamma\ddot{\underline{U}}_{t+\Delta t}\right]$$

AxisVM benutzt β = 1/4, γ = 1/2.
Die Differenzialgleichung der Bewegung wird durch die Methode der konstanten Durchschnittsbeschleunigung gelöst. Diese schrittweise Integration ist unbedingt stabil und seine Genauigkeit ist befriedigend. AxisVM nimmt an, dass kein dynamischer Effekt in *t = 0* angewendet wird. Zeitbegrenzte Lasten erscheinen in *t > 0*. $\underline{\underline{C}}$ wird von den Rayleigh Dämpfungskonstanten berechnet:

$$\mathbf{C} = a\mathbf{M} + b\mathbf{K}$$

Wobei *a* und *b* vom Dämpfungsfrequenzbereich (zwischen ω_i und ω_j) berechnet werden sollte und das Dämpfungsverhältnis gemäß der folgenden Abbildung:

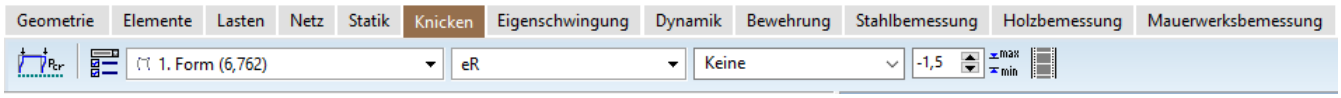


$$a = \xi\frac{2\omega_i\omega_j}{\omega_i + \omega_j}$$

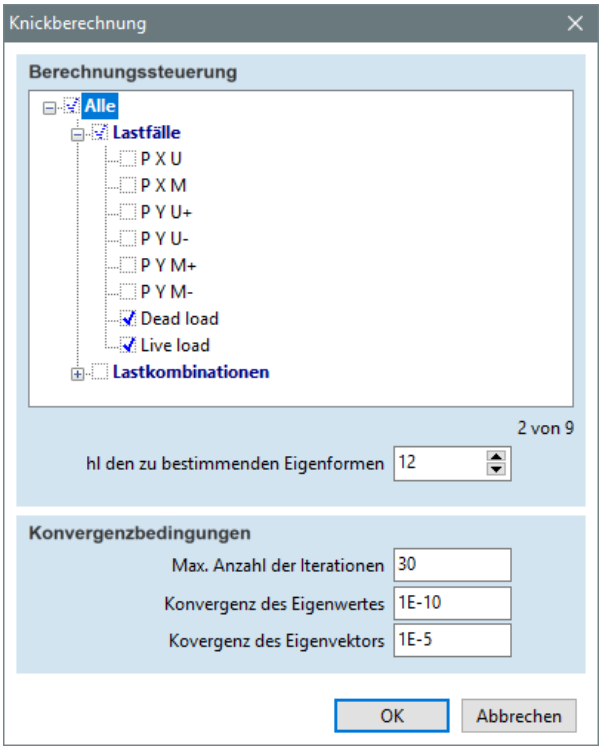
$$b = \xi\frac{2}{\omega_i + \omega_j}$$

Seismische Isolatoren Für Details über das Verhalten von seismsichen Isolatoren **siehe...** *3.1.17.2 Seismische Isolatoren*

5.4. Knicken



Ermittelt den kleinsten Knicklast-multiplikator und die zugehörige Eigenform.
AxisVM überprüft, ob die verlangte Anzahl kleinster Eigenwerte bestimmt wurde.
Der Knicklastmultiplikator $n_{cr} = \lambda_{cr}$ wird berechnet indem das Eigenwertproblem gelöst wird. λ_{cr} ist der keinste Eigenwert und der entsprechende Eigenvektor ist die Knickeigenform.
Der Sturm Sequence Check wird durchgeführt um zu prüfen, ob die berechneten Eigenwerte die Kleinsten sind. $\boldsymbol{\lambda_{cr} < 0}$ bedeutet, dass Knicken auftritt, wenn die Belastung mit umgekehrtem Vorzeichen angesetzt wird. und $\boldsymbol{\lambda_{cr}^{effective} \leq |\lambda_{cr}|}$.



☞ ***Die Knickanalyse dient zur Bestimmung der positiven Eigenwerte des Tragsystems, und kann für einen Eigenwert näherungsweise Null nicht benutzt werden.***

Berechnungssteuerung

Wählen Sie Lastfälle oder Kombinationen in der Baum-Ansicht. AxisVM wird eine lineare statische Analyse durchführen bevor die Knickanalyse für die gewählten Lastfälle durchgeführt wird.
Hier können die Parameter zur Steuerung der Lösung des Eigenwertproblems angegeben werden:

Fall

Die Berechnung wird mit dem ausgewählten Lastfall durchgeführt (In einem Lauf kann jeweils nur ein Lastfall oder eine Lastfallkombination berechnet werden).

Anzahl der zu bestimmenden Knickfiguren

Grundwert ist 1, Maximalwert ist 6. Nur der kleinste Eigenwert hat eine physikalische Bedeutung – das ist der kritische Lastparameter.

Konvergenzbedingungen

Siehe unter *Schwingungsberechnungen/Konvergenzbedingungen*.
Siehe... *5.2 Schwingungsanalyse*

Schalen

Das Knicken von Schalenelementen wird in der Analyse berücksichtigt.

Knicken der Stäbe

Die Knickung bedeutet eine ebene Knickung (die Knickfigur ist eine ebene Kurve, der Querschnitt bleibt unverdreht und hat keine Verwölbung). Die Stabquerschnitte müssen entweder doppelt symmetrisch, oder einfach symmetrisch sein, wenn die Lasten in der Symmetrieebene wirken, oder die Stäbe müssen mit den Hauptträgheitsmomenten I_1 und I_2 definiert worden sein.

☞ ***Wenn das Modell auch Fachwerkstabelemente beinhaltet, wird nur der kritische Parameter des globalen Stabilitätsverlustes bestimmt. Das Knicken der einzelnen Fachwerkstäbe wird nicht analysiert.***

Träger/Rippen

Das Knicken von Trägern und Plattenbalken wird als Knicken in der Ebene (Biegeknicken) angesehen, was bedeutet, dass sich das Element in einer Ebene verformt und sich der Querschnitt nicht verdreht. Für die Knickanalyse muss der Trägerquerschnitt durch Angabe seiner Hauptträgheitsmomente definiert werden.

☞ ***Die Stabelemente müssen in mindestens vier Elemente unterteilt werden.***

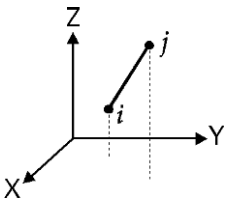
Fachwerke

Das Biegeknicken von Fachwerkelementen wird vom Programm nicht berücksichtigt. Sie müssen die Knicklast jedes Fachwerks manuell berechnen oder das Fachwerk durch vier Stabelemente mit entsprechenden Endverbindungen modellieren.

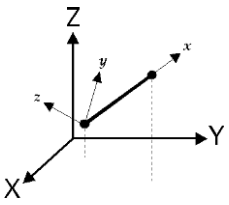
☞ ***Wenn das Modell auch Fachwerkstabelemente beinhaltet, wird nur der kritische Parameter des globalen Stabilitätsverlustes bestimmt. Das Knicken der einzelnen Fachwerkstäbe wird nicht analysiert.***

5.5. Finite Elemente

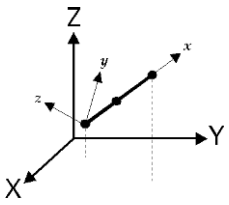
Die Tragstruktur kann verschiedene Strukturteile beinhalten, zur Modellierung dienen die verschiedenen finite Elementtypen, die in einem FE-Modell auch kombiniert angewendet werden können. Jedes finite Element kann in der statischen Analyse, in der linearen Schwingungsanalyse (Schwingung/I) und Knickanalyse benutzt werden. Geometrisch nichtlineare statische und Schwingungsanalyse (Schwingung II) kann nur bei Stabwerken durchgeführt werden.



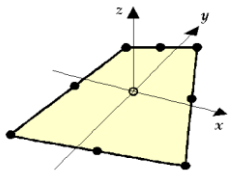
Fachwerkstab



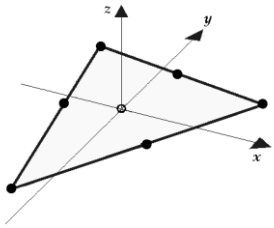
Stab



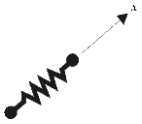
Plattenbalken



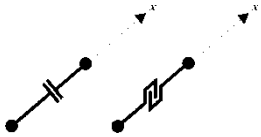
Viereck Schale, Platte, Scheibe



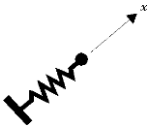
Dreieck Schale, Platte, Scheibe



Feder (nur eine Komponente ist dargestellt)

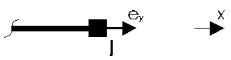
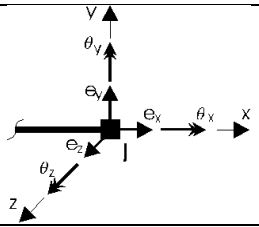


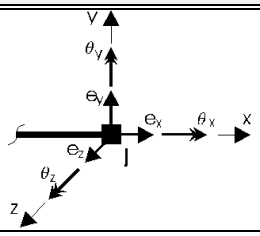
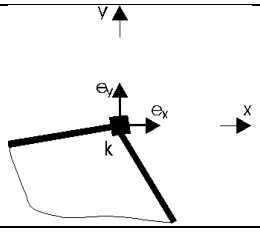
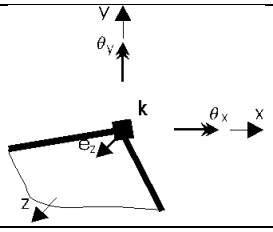
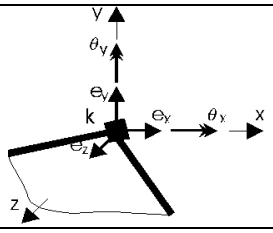
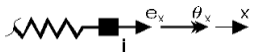
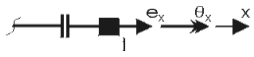
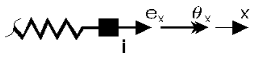
Kontakt



Auflager (nur eine Komponente ist dargestellt)

Die Bewegungskomponenten im lokalen Elementkoordinatensystem sind folgende:

Finites Element	e_x *u*	e_y *v*	e_z *w*	θ_x	θ_y	θ_z	*Bild*
Fachwerk-stab	•						
	lineares isoparametrisches Zug-Druck-Element mit 2 Knoten						
Stab	•	•	•	•	•	•	
	Kubisches/lineares Element mit 2 Knoten						

Finites Element	e_x *u*	e_y *v*	e_z *w*	θ_x	θ_y	θ_z	*Bild*
Plattenbalken	•	•	•	•	•	•	
	quadratisches isoparametrisches Element mit 3 Knoten (Mindlin)						
Scheibe	•	•					
	quadratisches ebenes isoparametrisches Element mit 8 Knoten						
Platte			•	•	•		
	quadratisches ebenes isoparametrisches Element mit 9 Knoten (Mindlin)						
Schale	•	•	•	•	•		
	ebenes Schalenelement, zusammengesetztes Scheiben- und Plattenelement						
Finites Element	e_x *u*	e_y *v*	e_z *w*	θ_x	θ_y	θ_z	*Bild*
Auflager	•	•	•	•	•	•	 (nur eine Komponente wurde angezeigt)
Feder	•	•	•	•	•	•	 (nur zwei Komponenten wurden angezeigt)
Kontakt	•						
Starrkörper							
Verbindungs-element	•	•	•	•	•	•	 (nur zwei Komponenten wurden angezeigt)

wobei:
u, v, w Verschiebungen in Richtungen der lokalen ***x***, ***y***, ***z*** Achsen
θ_x, θ_y, θ_z Verdrehungen in Richtungen der lokalen ***x***, ***y***, ***z*** Achsen
(•) das Element hat eine Steifigkeit in der entsprechenden Richtung

Beanspruchungen Die im lokalen Elementkoordinatensystem bestimmbaren Beanspruchungen sind folgende:

Elementtyp	*Beanspruchungen*							
Fachwerkstab	N_x							
Stab	N_x	V_y	V_z	T_x	M_y	M_z		
Plattenbalken	N_x	V_y	V_z	T_x	M_y	M_z		
Scheibe	n_x	n_y	n_{xy}					
Platte				m_x	m_y	m_{xy}	v_{xz}	v_{yz}
Schale	n_x	n_y	n_{xy}	m_x	m_y	m_{xy}	v_{xz}	v_{yz}
Feder	N_x	N_y	N_z	M_x	M_y	M_z		
Kontakt	N_x							
Auflager	N_x	N_y	N_z	M_x	M_y	M_z		
Starrkörper								
Verbindung K-K	N_x	N_y	N_z	M_x	M_y	M_z		
Verbindung L-L	n_x	n_y	n_{xy}	m_x	m_y	m_z		

5.6. Schritte einer Analyse

Eine Analyse einer Konstruktion mit der Methode der finiten Elemente besteht aus folgenden Schritten:

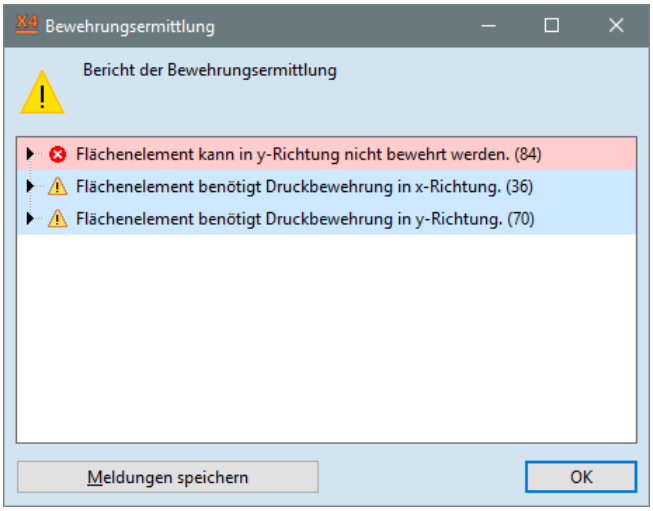
1. Definition der Struktur, der geometrischen und physikalischen Eigenschaften der Struktur, der Auflagerbedingungen und der Belastung.
2. Bestimmung der Methoden der Übertragung der Belastung (Scheiben-, Platten-, Schalen-, Balkenwirkung)
3. Definition der lokalen Diskontinuitäten (Rippen, Knotenbleche, Aussparungen).
4. Auswahl des Elementtyps zur Modellbildung. In diesem Schritt wird das Material, durch Konservierung der Steifigkeitseigenschaften, in Richtungen der Elementachsen konzentriert.
5. Systemdiskretisierung auf finite Elemente. Die Aufteilung soll mit der gewünschten Genauigkeit und mit der vorhandenen Hardware übereinstimmen.
6. Datenvorbereitung nach Punkt 5 :
   a.) Äquivalente geometrische Abmessungen.
   b.) Äquivalente elastische Eigenschaften.
   c.) Topologische Beschreibung der Elementverbindungen.
   d.) Äquivalente Auflagerbedingungen.
   e.) Äquivalente Belastungen (Statik) oder Massen (Schwingung).
7. Kontrolle der Eingabedaten (Genauigkeit, Kompatibilität).
8. Rechnungslauf.
9. Auswahl der charakteristischen Ergebnisse.
10. Kontrolle der Ergebnisse in folgenden Hinsichten:
    a.) Die Richtigkeit und Genauigkeit der Lösung (Konvergenz).
    b.) Die Kompatibilität der Ergebnisse mit den Bedingungen unter Punkt 6.d.
    c.) Bei ungewöhnlichen Ingenieurkonstruktionen empfiehlt es sich, mit einer anderen Software oder Methode ebenfalls eine Analyse durchzuführen, und die Ergebnisse einander gegenüberstellen.
11. Eine neue Analyse, wenn die Bedingungen unter Punkt 10 nicht erfüllt sind. Ggf. Änderungen im Punkt 1...6 vornehmen.
12. Zusammenfassung der charakteristischen Ergebnisse in tabellarischer Form oder in Diagrammen. Letzte Entscheidung erfassen, mit Berücksichtigung der Spannungs-, Verformungs-, und Stabilitätskriterien.

Modellieren

Bei der Modellbildung einer Konstruktion benutzt man Ansätze, deren Einfluss auf die Ergebnisse berücksichtigt werden muss.
Bei Flächentragwerken soll das finite Element-Netz auf eine Analyse der Konstruktion, die den Verzerrungs- und Spannungszustand der Konstruktion berücksichtigt, basiert werden. Bei dieser Analyse müssen die Gestaltungs-, Material-, Auflager-, und Belastungseigenschaften der Konstruktion berücksichtigt werden.
Die genaue Position der Knoten und Netzlinien (die Topologie) hängt von den vorhandenen Diskontinuitäten in der Konstruktionsgeometrie (unregelmässige Konturlinien oder Mittelauflagerlinien) und von den vorhandenen Diskontinuitäten in der Belastung (konzentrierte Lasten, streckenweise andere Lastintensitäten) ab.
Bei den Spannungskonzentrationsbereichen muss das Netz verfeinert werden. Die, durch konzentrierte Effekte verursachten, Singularitäten können durch Transformation auf kleine aber endliche Oberflächen vermieden werden.
Die kurvenförmigen Konturlinien müssen durch gerade Stecken angenähert werden. Es kann vorkommen, das die zur gewünschten Genauigkeit gehörende Teilung der Kurve die Speicherkapazität oder Laufzeit des vorhandenen Rechners überschreitet.
Eine Verbesserung der Ergebnisse kann durch Verfeinerung des Netzes erreicht werden.
Das verfeinerte Netz sollte das Vorgängernetz beinhalten.

5.7. Fehlermeldungen

Multiple Fehlermeldungen werden als Baumstruktur organisiert.



Die Steifigkeitsmatrix ist nicht positiv definit
Die Determinante der Gesamtsteifigkeitsmatrix beträgt Null oder hat einen negativen Wert. Zeigt einen Fehler beim Modellaufbau. (kinematisches System).

Die Jacobi-Matrix ist singulär
Die Jacobi-Matrix eines Elementes ist singulär (wahrscheinlich wegen missgestalteter Geometrie, z.B. wenn ein Viereck fast zum Dreieck degeneriert)

Es gibt keinen freien Knotensfreiheitsgrad
Alle Knotensfreiheitsgrade sind unterdruckt.

Unverhältnismässige Elementenverzerrung im aktuellen Inkrement
Das Element hat eine unverhältnismässige Verzerrung im aktuellen Inkrement erlitten.

Zu grosser Elementenverdrehungszuwachs
Der Zuwachs der Verdrehung eines Elementes grösser als $\pi/4$ Radiant (90°).
Die Lastinkrementenanzahl soll erhöht werden.

Nicht entsprechende Verschiebungskomponente
Verschiebungskontroll-Komponente liegt in der Richtung eines unterdrückten Freiheitsgrades.

Die Konvergenzbedingung(en) wird/wurden nicht erfüllt
Der Anzahl der Iterationsschritte ist zu klein.

Der aktuelle Iterationszyklus divergiert
Die numerische Lösung ist nicht konvergent. Die Inkrementenschritte sind zu grob, oder die Konvergenzenbedingungen sind zu streng.

Zu viele Eigenwerte
Die Anzahl der Zeilen/Spalten der Massenmatrizen kleiner ist als die Anzahl des gewünschten Eigenwertes.

Es gibt keine Ergebnisse mit erfüllter Konvergenzbedingung
Es gibt keinen Eigenwert mit erfüllter Konvergenz.

Das ist nicht der kleinste Eigenwert (xx)
Es gibt noch *xx* kleinere Eigenwerte als derjenige, der berechnet wurde.

Weitere (System) Fehlermeldungen

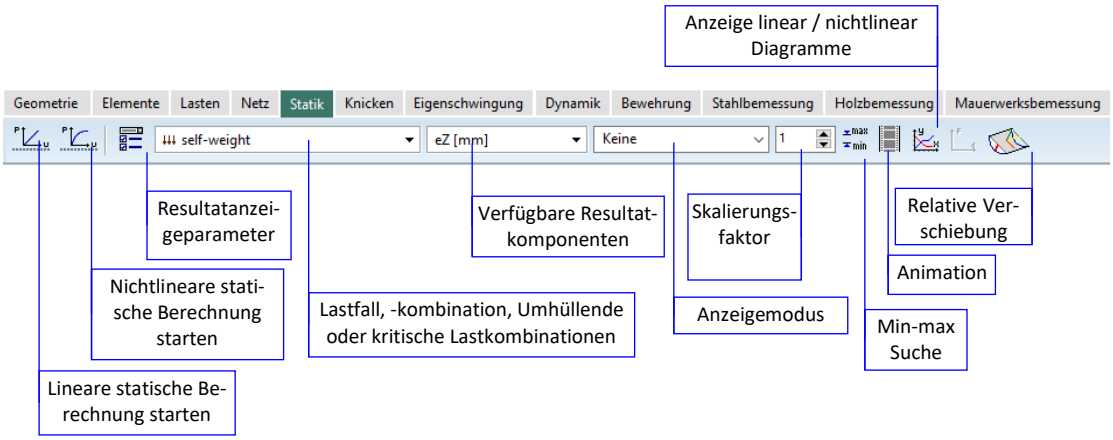
In gewissen Fällen können auch andere Fehlermeldungen erscheinen. Aufgrund des Systemfehler-Codes können weitere Informationen über den Fehler erhalten werden mit dem folgenden Link:

http://docwiki.embarcadero.com/RADStudio/Tokyo/en/Input-Output_Errors

6. Ergebnisse

6.1. Statik

Aus der Seite Statik können lineare und nichtlineare statische Berechnungen gestartet, die Ergebnisse dargestellt und ausgewertet werden.



Die Breite der Comboboxen und das Eingabefeld für den Skalierungsfaktor können auf jeder Registerkarte separat angepasst werden. Positionieren Sie dazu die Maus zwischen zwei Boxen. Der Cursor wird zu ⟺ und Sie können die Breite durch Ziehe anpassen. Um die Standardgrößen wiederherzustellen, klicken Sie auf *Einstellungen / Symbolleisten auf Standardposition.* Siehe auch *3.3.15 Werkzeugleisten in Standardposition Setzen*

Lineare statische Berechnung

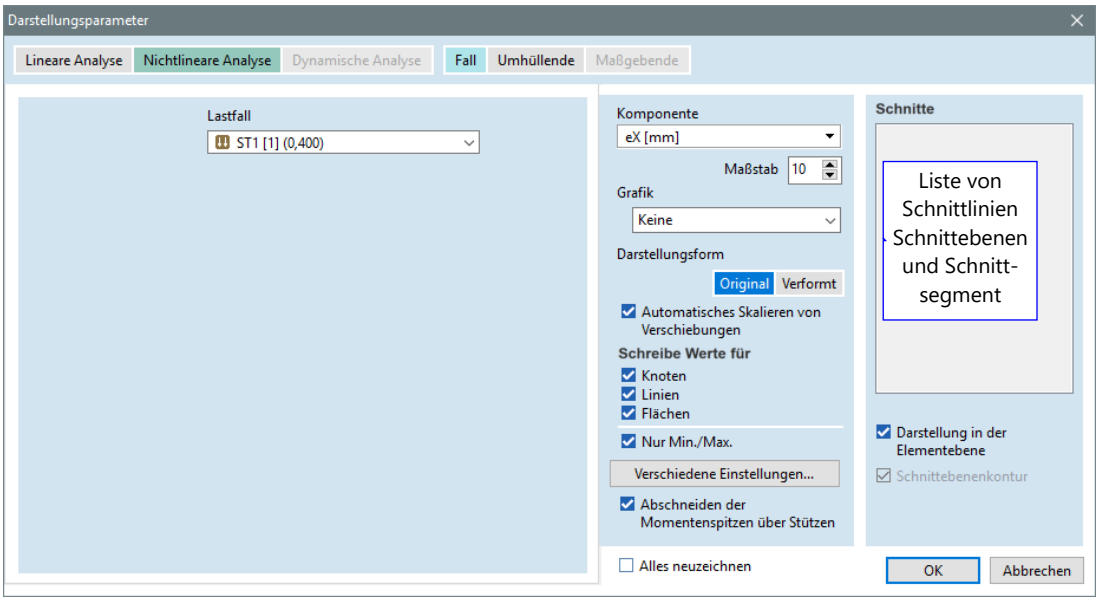
Eine ausführliche Erläuterung **siehe** unter ...Berechnung/ *5.1 Statik*

Nichtlineare statische Berechnung

Eine ausführliche Erläuterung **siehe** unter ... Berechnung/ *5.1 Statik*

Darstellungs-parameter

Hier können die Darstellungsparameter für die gewünschten Ergebnisse eingestellt werden. Der Lastfall, die Lastkombination oder die massgebende Lastkombination kann zur Darstellung ausgewählt werden.



Das Darstellungsparameter-Fenster bietet die folgenden Optionen.

Berechnungsart

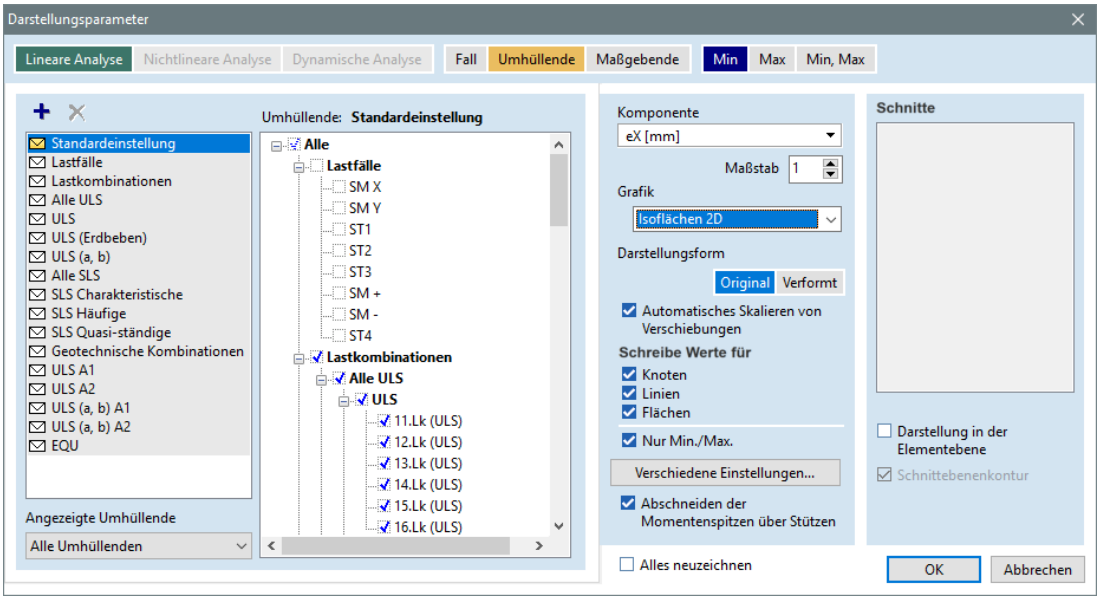
Abhängig von der durchgeführten Berechnung können die Ergebnisse einer linearen oder nichtlinearen Berechnung ausgewählt werden. Jeder Berechnungsart umfasst weitere Definitionen:

Fall
Zeigt die Ergebnisse der einzelnen Lastfälle bzw. Lastkombinationen an.

Umhüllende
Zeigt die Ergebnissumhüllende von den ausgewählten Lastfällen bzw. ausgewählten Lastkombinationen. Das Programm sucht nach den Minimum und Maximum Werten für die getroffene Auswahl an jedem Punkt im System.

Massgebende
Erzeugt die massgebende Lastkombination in Abhängigkeit von den Lastgruppendefinitionen. Die massgebenden Ergebnisse werden für jeden Punkt im System ermitelt.

Umhüllende



AxisVM ermöglicht es dem Anwender, verschiedene Umhüllende zu definieren und zu benennen. Auf der linken Seite erscheint eine Liste der verfügbaren Umhüllenden. Verschiedene einfache Umhüllende werden hier automatisch aerzeugt (Umhüllende von allen Lastfällen, allen Lastkombinationen, oder verschiedenen anderen Kombinationen (ULS, SLS, Quasi-Ständig). Die Zusammenstellung der gewählten Umhüllende wird in der Verzeichnisstruktur der Lastfälle und Kombinationen dargestellt. Wird die Zusammenstellung geändert, wird eine neue benutzerdefinierte Umhüllende erstellt.
Wenn das AxisVM Hauptfenster geteilt ist in verschiedende Teilfenster, dann kann für jedes dieser Teilfenster eine andere Umhüllende ausgewählt werden. Der Name der gewählten Umhülende wird oben in der Statuszeile des Teilfensters dargestellt. Zeichnungen und Tabellen beinhalten auch die Umhüllende und stellen diese dar.


Neue Umhüllende erzeugen


Löschen einer benutzerdefinierten Umhüllende (es können nur benutzerdef. Umhüllende gelöscht werden).

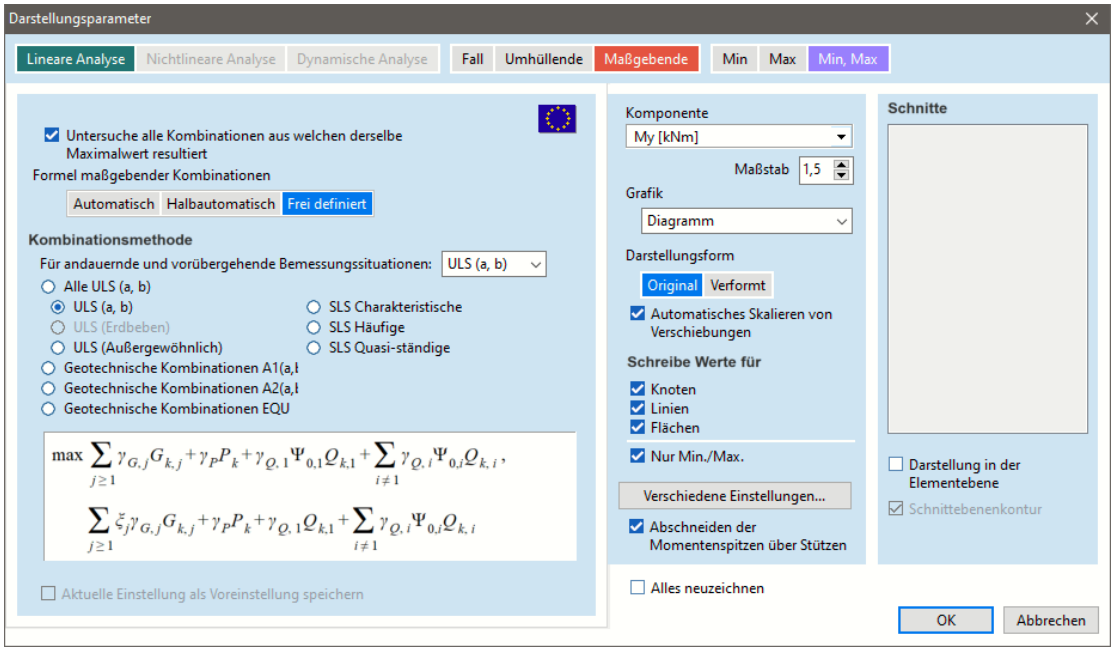
☞ ***Mehrfachselektion ist im Verzeichis der Lastfälle und Kombinationen grundsätzlich möglich. Um mehrere Lastfälle gleichzeitig zu selektieren, kann mit der gedrückten Shift-Taste ein Block angewählt werden.***

Angezeigte Umhüllende

Die Umhüllenden die angezeigt werden sollen, können in der Dropdown-Liste ausgewählt werden. Damit wird kontrolliert, welche Umhüllenden für die Ergebnisermittlung verfügbar sind in der Dropdown Liste.

Nur die gewählte Umhüllende	Nur die gerade selektierte Umhüllende ist verfügbar.
Nur die benutzerdefinierten Umhüllende	Alle benutzerdefinierten Umhüllenden sind aufgelistet.
Alle Umhüllende	Alle Umhüllenden werden aufgelistet (benutzerdefinierte und standard)

Massgebende



Weise des Verfahrens

Sie können nach der Berechnungsmethode zwischen den *linearen* oder *nichtlinearen* Ergebnissen wählen. Die Ergebnisse können in folgenden Formen dargestellt werden:

1. Ergebnisse aus einem Lastfall oder einer Lastfallkombination.
2. Grenzlinie von den ausgewählten Lastfällen bzw. Lastfallkombinationen. Hier werden die Maximal- und Minimalwerte aus der ausgewählten Fällen herausgesucht und dargestellt.
3. AxisVM berechnet die massgebenden Lastkombinationen aus den Lastfällen, basiert auf die vordefinierten Lastgruppen *(s. noch Lasten/**Lastfallkombinationen**)*. Diese Funktion ist nur bei der linearen Berechnungen aufrufbar.

Bei den Grenzlinien und massgebende Lastfallkombinationen können folgende Werte dargestellt werden:

Dargestellte Werte

Min+Max
: Die minimalen und maximalen Werte werden gleichzeitig dargestellt.

Min
: Zeigt nur die minimalen (algebraisch kleinsten) Werte an.

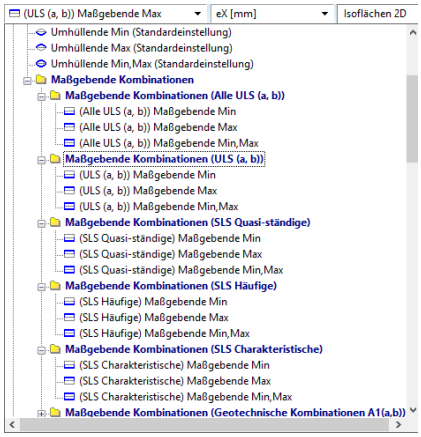
Max
: Zeigt nur die maximalen (algebraisch grössten) Werte an.

Alle Kombinationen untersuchen, die denselben Maximalwert ergeben

Diese Option ist standardmässig deaktiviert. AxisVM berücksichtigt Kombinationen, die extreme Resultate für beliebige Ergebniskomponenten ergeben. Bei bestimmten Designmthoden kann jedoch eine Kombination, die keine Extreme ergibt, unvorteilhafter sein.
In diesem Fall sollten Sie diese Option aktivieren. AxisVM wird bei den Designberechnungen alle möglichen Kombinationen zusammenstellen und sie entsprechend der Designcode-Anforderungen prüfen. Da die Anzahl der Kombinationen extrem hoch sein kann, wird diese Option nur dann empfohlen, wenn die Modellgrösse gering und die Anzahl der Lastfälle niedrig sind.

Kombinations-methode

Wenn *Kritische Kombinationsformel* auf Auto gesetzt ist, stellt AxisVM fest, ob eine ULS- (Ultimate Limit State = Grenzzustand der Tragfähigkeit) oder SLS- (Serviceability Limit State = Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit) Kombination auf Basis der Ergebniskomponente erforderlich ist.
Wenn *Critical combination formula* auf *Custom Min / Max / Min, Max* gesetzt ist, werden die Ergebnisse aller Kombinationsmethoden unabhängig von der aktuellen Ergebniskomponente im Lastenfall-Kombinationsbaum angezeigt.
Im Fall von Eurocode, DIN 1045-1, SIA 262 und anderen Eurocode-basierten Bemessungsnormen kann die Formel zur Erstellung von SLS-Kombinationen ausgewählt werden.



Wenn die Option „Automatisch“ ausgewählt ist, wird die passende massgebende Formel gewählt (z.B. Gebrauch-stauglichkeit für Rissbreitenberechnung, charakteristische Gebrauchstauglichkeit für Verschiebungen von Holz, Grenzwerte der Tragfähigkeit für Kräfte und Spannungen).
Im halbautomatischen Modus verwendet AxisVM je nach Art der Berechnung die Bemessungslast im Grenzzustand der Tragsicherheit oder der Gebrauchstauglichkeit. Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit kann die Art der Berechnung der Bemessungslast gewählt werden.

Darstellungsform

Unverformt
Die Konstruktion erscheint in ihr ursprünglicher Form ohne Verformungen.

Verformt
Die Konstruktion wird im verformten Zustand dargestellt.

Automatische Skalierung von Deformationen
Skaliert die reale Verformung um einen automatischen Skalierungsfaktor, so dass die maximale Verschiebung als 50 Pixel dargestellt wird. Diese vorskalierte Verformung ist die Grundlage für die weitere Skalierung durch den resultierenden Skalierungsfaktor. Ohne diese Option ist die Basis für die Skalierung durch den Ergebnisskalierungsfaktor die reale Verformung.

Darstellungs-modus

Diagramm
Die ausgewählte Ergebniskomponente wird als Diagramm dargestellt.
Die zugehörigen Zahlenwerte können auch dargestellt werden.

Ausgefülltes Diagramm
Analog zu *Diagramm* aber füllt es auf anpassbare Weise aus (siehe *grafische Symbole*, *3.3.11 Grundeinstellungen…*)

Diagramm+Durchschnittswerte
Dieser Anzeigemodus ist nur verfügbar, wenn Linienauflagerkräfte dargestellt werden. Wenn dieser Modus gewählt wurde, werden Linienauflagerkräftediagramme mit der Anzeige und der Kennzeichnung des Durchschnittswertes erhöht. Die Mittelwertbildung wird durchgehende Auflager gemacht. Auflager werden als durchgehend betrachtet, wenn sie die gleiche Steifigkeit haben und ihr Winkel unterhalb einer kleinen Grenze ist.

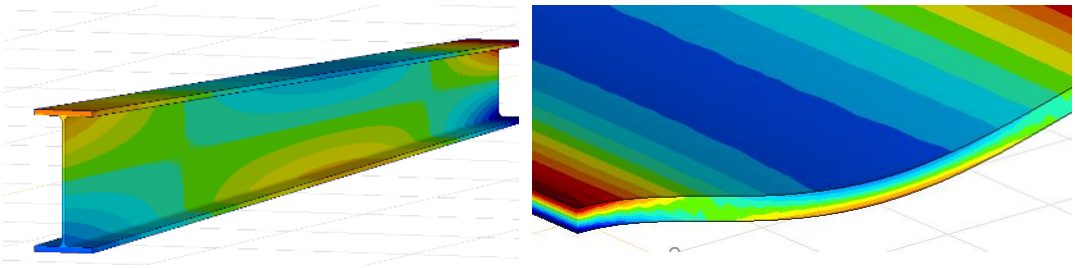
Schnitt
Die ausgewählte Ergebniskomponente erscheint in einer Schnittdarstellung, ggf. mit den zugehörigen Zahlenwerten. Die Darstellung ist nur auf die vordefinierten und eingeschalteten Schnitte wirksam.

Ausgefülltes Schnittliniendiagramm
Analog zu *Schnitt* aber füllt es auf anpassbare Weise aus (siehe Einstellungen für *gefüllte Diagramme,* grafische Symbole, *3.3.11 Grundeinstellungen…*)

Isolinie
Darstellungsmodus für Ergebniskomponente, wobei die durch die Extremwerte definierte Zone wird auf Intervallen getrennt, und die Intervallgrenzen werden durch farbige Linien dargestellt.
Die durch diese Linien repräsentierten Werte sind in dem Legendenfenster erläutert. Zur Einstellung des Legendenfensters siehe: Informationsfenster.

Isofläche
Darstellungsmodus für Ergebniskomponente, wobei die durch die Extremwerten definierte Zone wird auf Intervallen getrennt, und diese Intervallen werden farbig dargestellt. Die durch diese Bereiche repräsentierten Werte sind in dem Legendenfenster erläutert.
Zur Einstellung des Legendenfensters siehe: Informationsfenster. Die numerischen Werte werden angezeigt, wenn die Option *Werte Anzeigen Beschriftung an* aktiviert ist. **Siehe…** *2.19.4 Farbskala*

Volumenmodell
Im diesem Darstellungsmodus werden die Ergebnisse auf einer gerenderten Ansicht des Modells dargestellt. Dieser Darstellungsmodus ist besonders geeignet, und die Verteilung der Spannungen im Querschnitt oder an der Oberfläche, den Bewehrungsgehalt oder die Rissbreite anzuzeigen.
Für Einstellungen in diesem Darstellungsmodus **siehe…** *3.3.11.10 Darstellung*



Ausgeschaltet
Die Ergebniskomponente wird nicht dargestellt.

Schnitte Gibt Ihnen die Möglichkeit, aktive Abschnittlinien, Flächen und Segmente festzulegen. Wenn der Anzeigemodus auf Abschnittlinienergebnisse gesetzt ist, werden nur Diagramme für aktive (markierte) Abschnittlinien gezeichnet. Ein Symbol für die Abschnittebenen kann angezeigt werden, indem das Feld *Abschnittebenenkontur zeichnen* markiert wird. Ein Aktivieren der Option *Diagramm in der Ebene der Elemente zeichnen* ändert das Erscheinungsbild aller Abschnittdiagramme.
Für eine individuelle Änderung dieses Parameters, verwenden Sie den Dialog für Abschnittlinien. **Siehe...** *2.16.15 Schnitt*
Hier können die Schnitte aus den vordefinierten Schnitten für den Darstellungsmodus ausgewählt werden.

Komponente Hier kann man die Ergebniskomponente zur Auswertung und Darstellung auswählen.

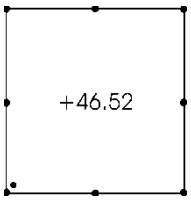
Massstab Massstab oder Skalierungsfaktor zur Diagrammdarstellung. Standardwert ist 1,00, dann wird die grösste Ordinate des Diagramms 50 Bildschirmpunkte (Pixel) betragen. Der Massstab kann während der Auswertung beliebig verändert werden.

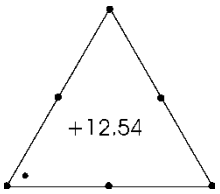
Schreibe Werte für...

Auf den Knotenpunkt
Die Werte der Ergebniskomponente für Knotenpunkte und Punktauflager werden dargestellt.

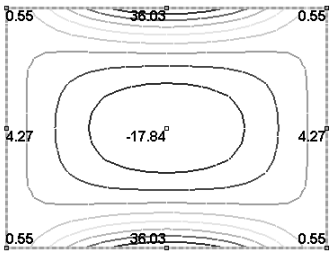
Auf das Stabelement
Zeigt die Ergebniswerte an Zwischenpunkten von Stab- und Plattenbalken, Schnitten, Linienlager, Feder- und Kontaktelementen an.

Für die Flächenelemente
Zeigt die Ergebniswerte der Flächenelemente an. Innerhalb eines Elementes berechnet AxisVM in 7 bzw. 9 Punkten Ergebniswerte. Aus diesen Werten wird der grösste Absolutwert angezeigt und der zugehörige Punkt mit einem kleinen schwarzen Kreis dargestellt.

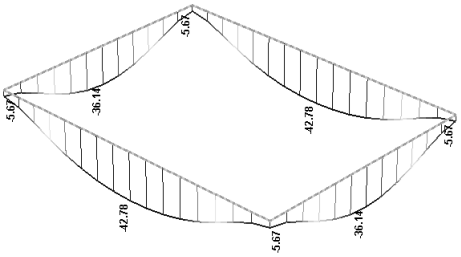




Nur Min./Max.
Beschriftet die grafische Darstellung mit Min./Max.-Werten der aktuellen Resultatkomponente an Knoten , Linien und Flächen.



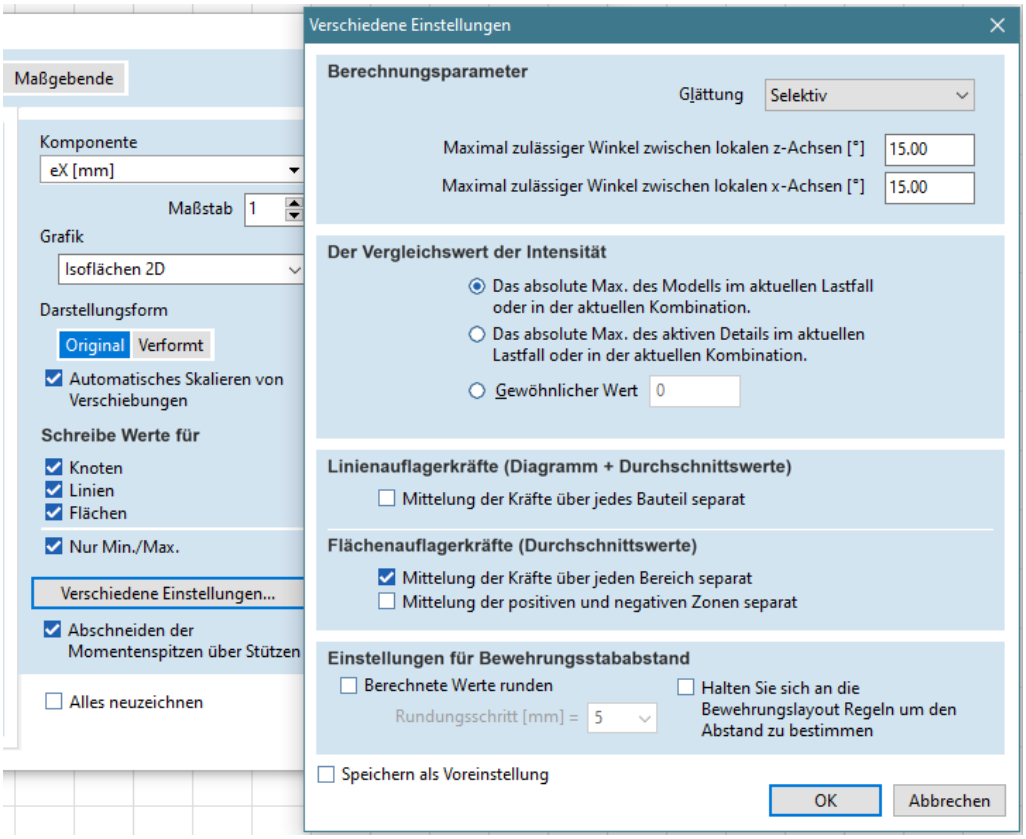
m_y *Moment*



R_z *Auflagerreaktion*

☞ ***Wenn sich Beschriftungen überschneiden, kann die Grafik übersichtlicher gemacht werden durch Aktivieren von «Überschneidung von Beschriftungen vermeiden»*** (*2.16.18 Darstellung)*

Nach dem Klicken des *Verschiedene Einstellungen...* Knopfes sind folgende Optionen verfügbar.



Glättung

Keine

Die Knotenbeanspruchungen der Elemente werden in jedem Element einzeln berechnet und in den Knoten nicht gemittelt.

Selektiv

Die Schnittkräfte an den Knoten der Flächenelemente sind auf selektive Weise gemittelt und abhängig vom lokalen Koordinatensystem, den Auflagerbedingungen und den Lasten der Elemente, die und den Knoten anbinden.

Die Software erkennt typische Fälle, wenn ein Sprung der Schnittkraft Sinn macht (z.B. der Sprung von Schnittkräften an inneren Auflagern). An diesen Knoten wird wird keine Glättung durchgeführt. Wenn das lokale Koordinatensystem der verbundenen Bereiche unterschiedlich ist, wird die Glättung an den Kanten nur durchgeführt, wenn der Winkel zw. der lokalen x oder t Achse nicht grösser ist als die Werte in den Einstellungen.

Alle Flächen

Die berechneten Beanspruchungen in den Knoten werden aus den dort miteinander

Linienlager Innere Kräfte

Siehe... *6.1.13 Auflagerelement - Beanspruchungen*

Flächenlager Innere Kräfte

Siehe... *6.1.13 Auflagerelement - Beanspruchungen*

Einstellungen für Bewehrungsabstand

Überprüfen Sie die gerundeten berechneten Werte und den Rundungsschritt, um die berechneten Werte realistischer zu machen. Die Einhaltung der Regeln für Bewehrungsabstände ist optional.

Intensitätsänderung

Die Intensitätsvariation der aktuellen Oberflächen-Innenkraftkomponente zeigt die Variation als Prozentsatz des hier eingestellten Referenzwerts an.

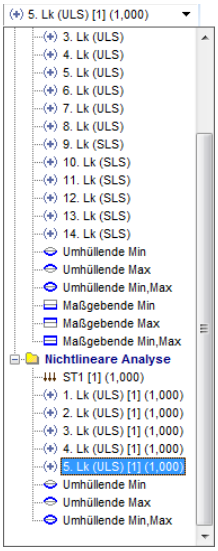
Siehe... *6.1.12 Flächenelemente - Beanspruchungen*

Abschneiden der Momentenspitzen über Stützen

Wenn das Netz über einem Bereich mit der Option *Netz an Stützenkopf anpassen* erstellt worden ist, können Momentenspitzen mit dieser Option ausgemittelt und über Stützen abgeschnitten werden.

Siehe... *6.1.12 Flächenelemente - Beanspruchungen*

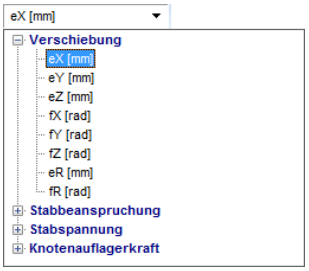
Lastfall, Lastfallkombination, Grenzlinie oder massgebende Lastfallkombination



Sie können aus der Auswahlliste die darzustellende
- Lastfall, Lastfallkombination
- K.-ter Schritt aus einer nichtlinearen Berechnung
- Grenzlinie/Umhüllende
- Massgebende Lastfallkombination auswählen.

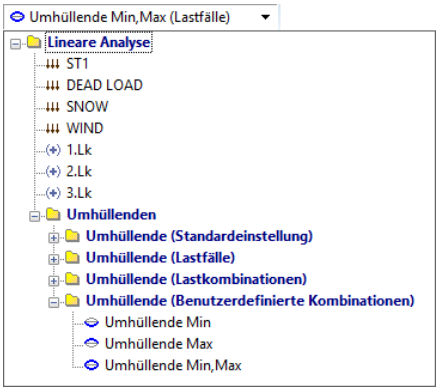
Darzustellenden Ergebnis-komponente

Sie können aus der Auswahlliste die darzustellende Ergebniskomponente:



** MyD Komponente wird nur in gewissen Fällen berechnet, s. bitte Abschnitt 6.1.10 Plattenbalken - Schnittkräfte*

Darstellungsmodus



Sie können aus der Auswahlliste den Darstellungsmodus für die darzustellende Ergebniskomponente auswählen.

☞ ***Die Darstellungsmodi Isolinie und Isofläche können bei der Darstellung Grenzlinien Min/Max und massgebende Kombination Min/Max nicht benutzt werden.***

Skalierfaktor

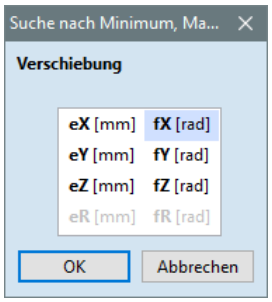


Mit diesem Faktor können die Abmessungen des dargestellten Diagramms beeinflusst werden.

6.1.1. Minimum-, Maximum Werte



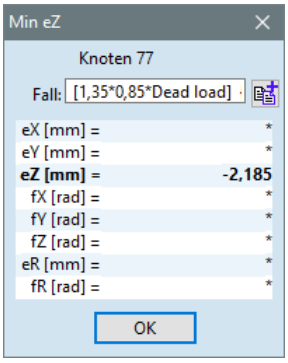
Sucht nach dem maximalen und minimalen Wert der markierten Ergebniskomponente im aktuellen Fall und Darstellung. Wenn die Detaildarstellung aktiv ist, werden nur die Elemente des aktiven Details bei der Suche berücksichtigt. Wenn der gefundene Extremwert in mehreren Positionen zu finden ist, werden alle Positionen gezeigt.



☞ ***Wenn Teile angezeigt werden, werden nur Extremwerte der angezeigten Teile angezeigt.***

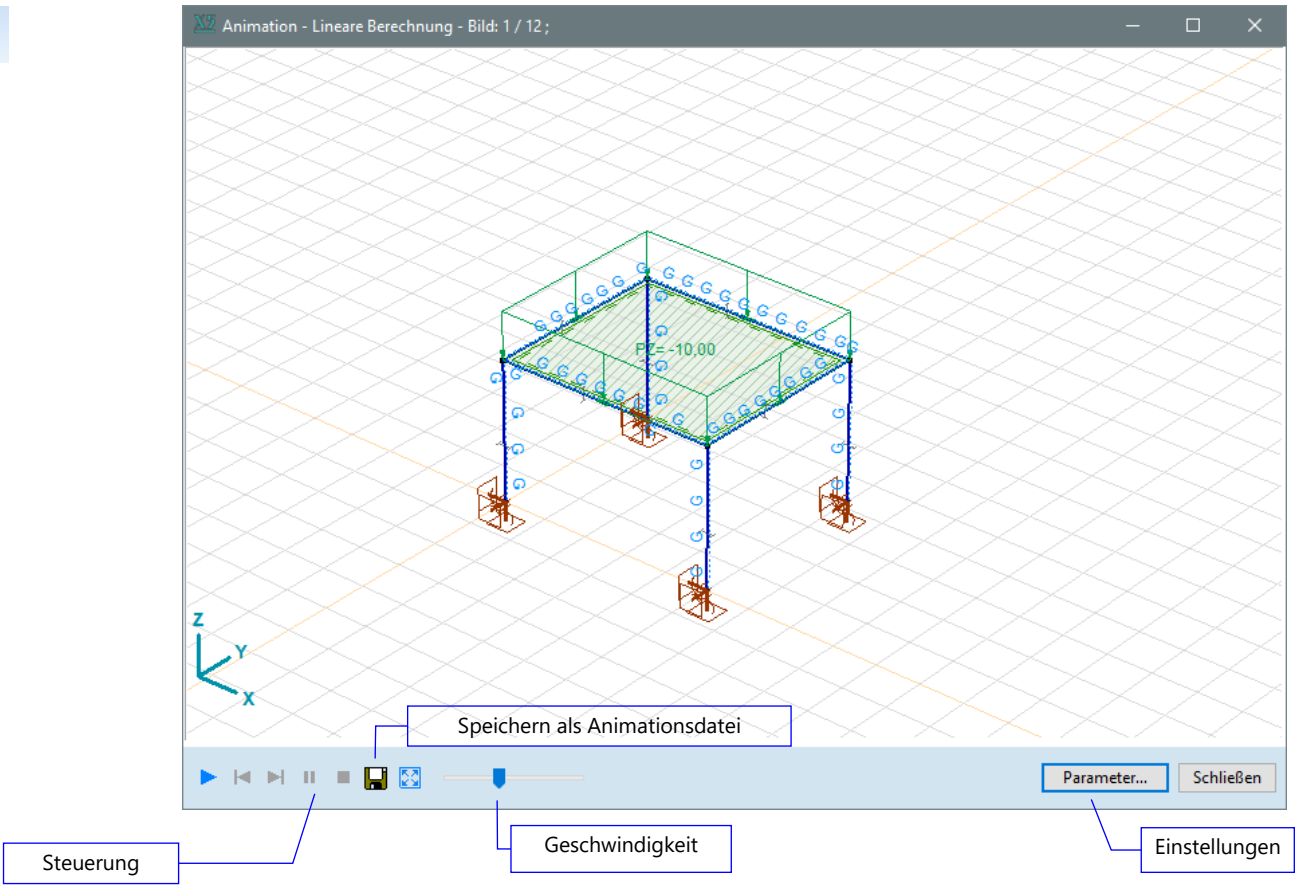


Falls diese Funktion benutzt wird wenn massgebende Grenzwerte angezeigt werden, kann die aktuelle Grenzwertkombination welche den Extremwert liefert in eine kumulative Liste in die Zwischenablage kopiert werden.
Die Kombinationen in dieser Liste können zur Lastkombinationstabelle addiert werden.
Siehe... *4.10.2 Lastfallkombinationen*



6.1.2. Animation





Hier können Verformungen, Schnittkräfte, Schwingungen und Knickfiguren animiert dargestellt werden. Die Animation beinhaltet eine Bildreihenfolge (Frame by Frame). Die Animation linearer Ergebnisse besteht aus einer Folge von Frames, die durch lineare Interpolation zwischen Anfangswerten (Frame 0) und den Ist-Werten der aktuellen Ergebniskomponente (Frame n), entsprechend der Anzahl der Frames (n), erzeugt werden. Die Animation nichtlinearer oder dynamischer Ergebnisse erzeugt Frames aus den Ergebnissen einzelner Inkremente. Nachdem *verformt* als *Anzeigeform* in den *Resultatanzeigeoptionen* gewählt worden ist, hilft die Animation bei der Darstellung der Verformungen.
Der Erstellungsprozess kann durch Drücken von **Esc** abgebrochen werden.



Kontrollknöpfe



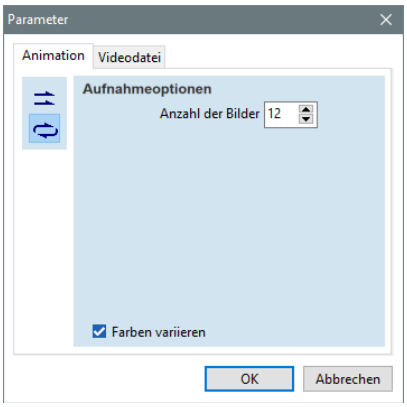
Als Video-Datei (AVI / GIF) speichern



Ins Fenster einpassen

Die zu animierende Zeichnung kann durch Ziehen oder Zoomen mit dem Mausrad verschoben werden, wie im Hauptfenster.

Animation



Abspielen



In eine Richtung
Spielt die Animation vom Anfangsbild bis zum Endbild ab.



Hin und zurück
Spielt die Animation in einer Endlosschleife vom Anfangsbild bis zum Endbild und zurück.

Anzahl der Bilder
Die Anzahl der Bilder kann zwischen 3 und 99 eingestellt werden.

Animieren des Inkrementbereichs
Im Falle von nichtlinearen oder dynamischen Ergebnissen kann die Animation auf einen Teilbereich von Inkrementen beschränkt werden.

Farbanpassung für jedes Bild
Jedes Bild hat eine Isoflächen-Darstellung, wobei die Farben in der Farblegende dargestellt sind.

Farblegende

Die richtige Einstellung der Farben kann die Berechnung des Gesamtminimums der angezeigten Ergebniskomponente erfordern, was ein zeitaufwändiger Prozess für eine dynamische Analyse mit einer Vielzahl von Schritten sein kann. Die Wahl der ersten Option schätzt das Minimum und Maximum aus den Inkrementen, die für die Erzeugung von Frames verwendet werden.

Videodatei (.avi, *.gif)*

Sie können eine Videodatei mit Endung .avi oder .gif erstellen. Letztere ist eine animierte GIF-Datei. Die meinsten Web-Browser unterstützen deren Anzeige.
Klicken Sie auf *Speichern*, um die Parameter der Videodatei zu sichern.

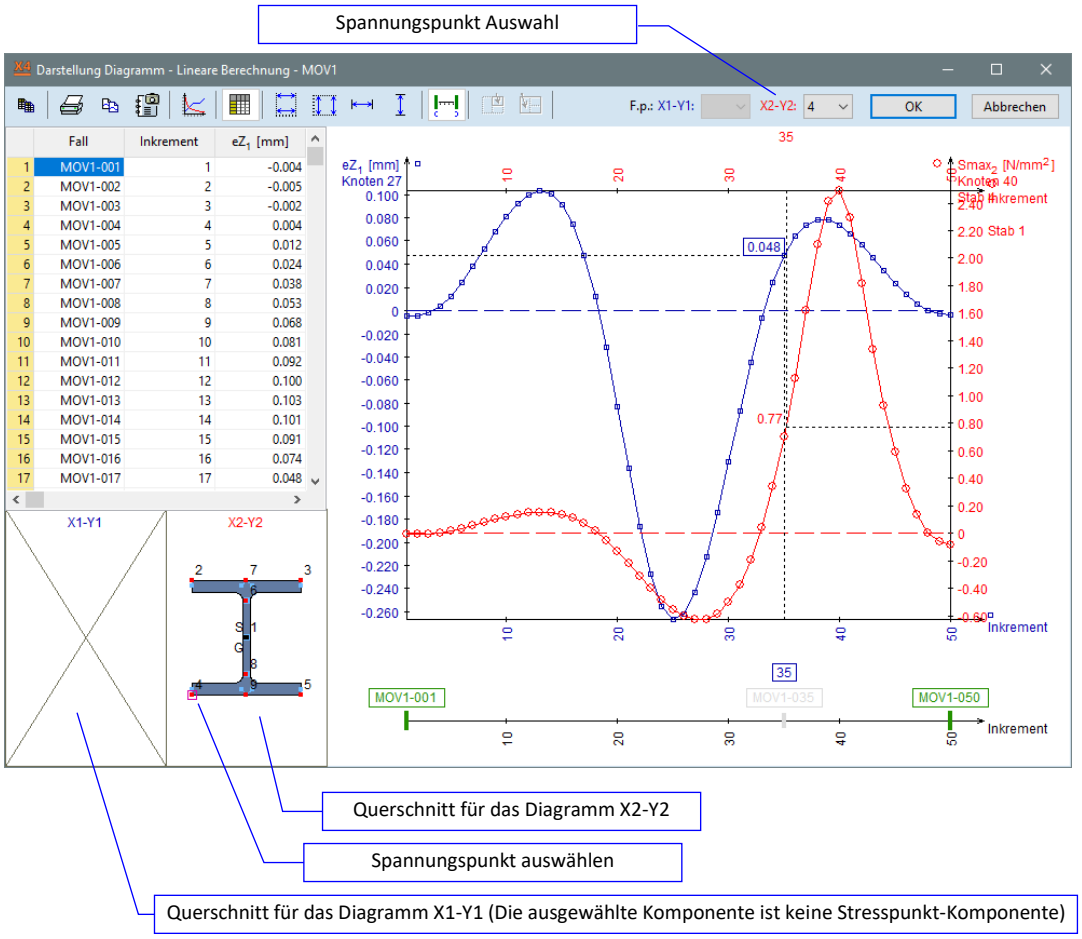
Es kann auch die Wiederholungsrate eingestellt werden. Eine kleinere Wiederholungsrate führt zu einer höheren Bildanzahl. 30 Bilder/Sekunde sind üblich, daher wird empfohlen, nicht weniger als 30ms für die Wiederholungsrate pro Bild zu wählen.

6.1.3. Diagrammdarstellung



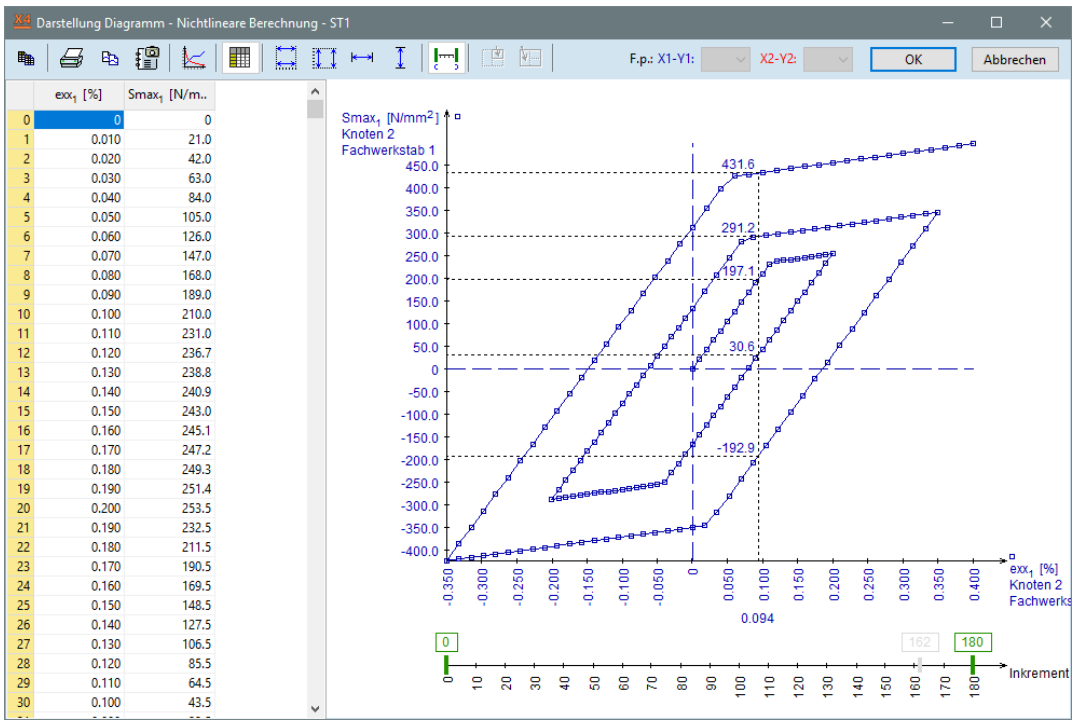
Hier werden lineare und nichtlineare oder dynamische Ergebnisse als Diagramme dargestellt. Es können gleichzeitig zwei Diagramme dargestellt werden. Jedes Diagramm enthält eine Ergebniskomponente auf seiner X- und Y–Achse. Punkte, welche aufeinanderfolgende Wertepaare darstellen werden verbunden. Die Ablesestelle kann entweder durch Schieben der gestrichelten Linien oder durch Schieben des schwarzen Rechteckes in der unten angezeigten Skala ausgewählt werden. Die Diagrammpunkte können auch tabellarisch dargestellt, und durch die Zwischenablage z.B. in Excel exportiert werden.

Im Falle einer linearen Analyse werden alle Lastfälle, Lastkombinationen, Schritte einer beweglichen Last oder Elemente einer Umhüllenden in Abhängigkeit vom gewählten Fall im Hauptfenster angezeigt.
Wenn eine Ergebniskomponente ausgewählt wird, die sich auf Spannungspunkte bezieht, wird der Querschnitt angezeigt und es kann ein spezifischer Spannungspunkt oder der minimale/maximale Wert ausgewählt werden

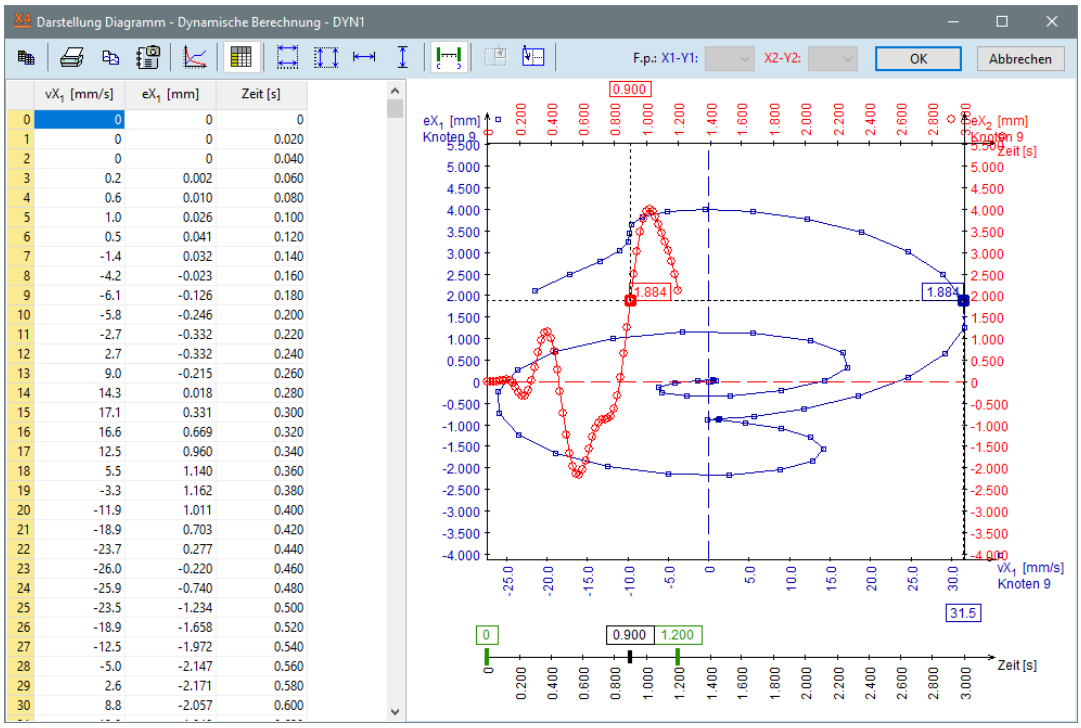


Bei dynamischen Berechnungen werden in der unteren Skala nicht die Inkremente, sondern die Zeit dargestellt.

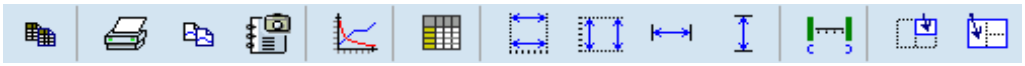
Im Falle einer nichtlinearen Analyse können alle Inkremente einer Analyse oder alle Elemente einer Umhüllenden angezeigt werden.



Bei dynamischen Berechnungen werden in der unteren Skala nicht die Inkremente, sondern die Zeit dargestellt.



Werkzeugleiste





Markierte Zellen in die Zwischenablage kopieren
Bei tabellarischer Darstellung werden die markierte Zellen der Tabelle auf die Zwischenablage kopiert



Drucken
Das dargestellte Diagramm oder die Tabelle wird ausgedruckt.



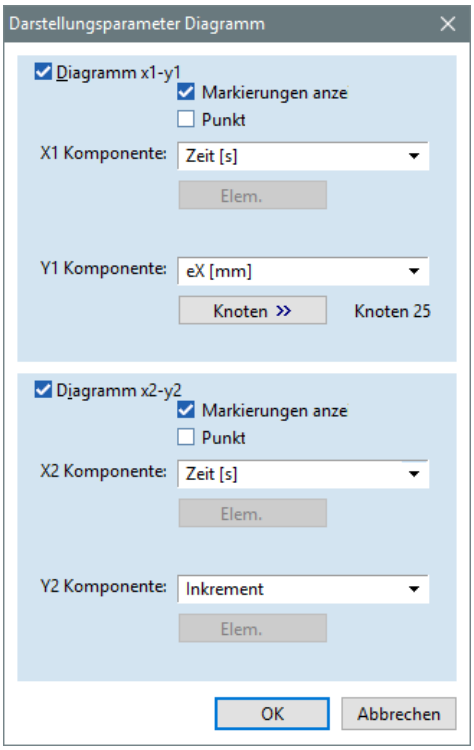
In die Zwischenablage kopieren
Das Diagramm wird in die Zwischenablage kopiert.



In Zeichnungsbibliothek speichern
Das Diagramm wird in die Zeichnungsbibliothek eingefügt.



Darstellungsparameter Diagramm
Die darzustellenden Komponenten können in den Auswahlfenstern ausgewählt werden. Wird für ein Ergebnis der Schalter *Knoten* gedrückt, kann im Modell der gewünschte Knoten, für den Resultate angezeigt werden sollen, ausgewählt werden.
Das Diagramm *x1-y1* wird in blau und die Beschriftungen werden auf den Achsen links und unten dargestellt.
Das Diagramm *x2-y2* wird in rot und die Beschriftungen werden auf den Achsen rechts und oben dargestellt.
Wird das Kästchen *Markierungen anzeigen* aktiviert, werden die Wertpaare durch kleine Quadrate dargestellt.





Tabellen
Die tabellarische Darstellung der numerischen Werte wird ein/ausgeschaltet.



Gleiche Skalierung in Richtung X
Wenn die gleiche X-Komponente für die beiden horizontalen Achsen ausgewählt ist, können deren Skalen gleichgesetzt werden.



Gleiche Skalierung in Richtung Y
Wenn die gleiche Y-Komponente für die beiden vertikalen Achsen ausgewählt ist, können deren Skalen gleichgesetzt werden.



Automatische Skalierung in Richtung X
Setzt eine Skalierung welche zwischen dem minimalen und maximalen X-Wert liegt.



Automatische Skalierung in Richtung Y
Setzt eine Skalierung welche zwischen dem minimalen und maximalen Y-Wert liegt.



Intervallregler
Schaltet den grünen Intervallregler ein oder aus. Durch Schieben des Reglers kann das Anzeigeintervall für Inkremente oder Zeit geändert werden.



Lädt den gewählten Lastfall, die gewählte Lastkombination oder das gewählte Inkrement in die aktive Ansicht.
(nur verfügbar, wenn der Modus mehrerer Fenster aktiviert ist).

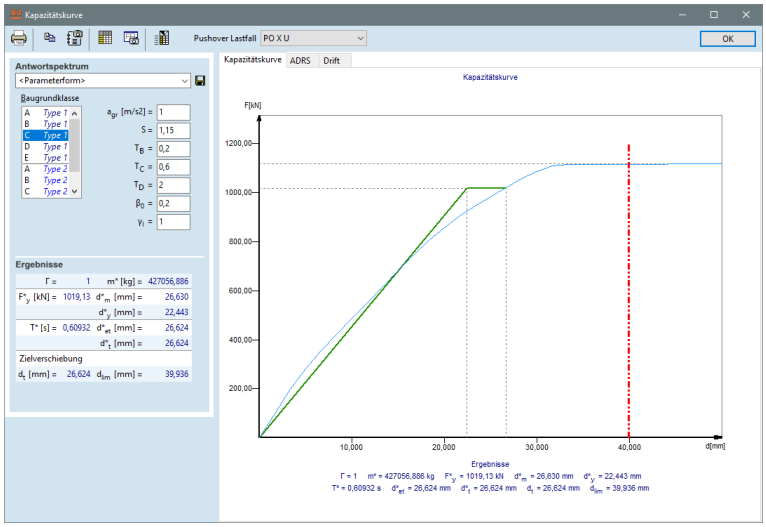


Lädt den gewählten Lastfall, die gewählte Lastkombination, das gewählte Inkrement oder den gewählten Zeitintervall ins Fenster.

6.1.4. Pushover Kapazitätskurven



Dieser Dialog steht nur zur Verfügung, wenn Resultate einer Pushover Analyse verfügbar sind und hilft dem Anwender bei der Bestimmung der Kapazitätskurve und der Zielverschiebung in Abhängigkeit der Bewegungscharakteristik des Bodens. In der Auswahlbox zuoberst im Dialogfenster kann der Pushover-Lastfall, der analysiert werden soll, ausgewählt werden. Die Resultate basieren auf einem Beschleunigungs-Verschiebungs Antwortspektrum dessen Eigenschaften auf der linken Seite des Dialogfensters angezeigt sind. Diese sind identisch mit den Eigenschaften der Antwortspektren welche für Erdbebenlasten benutzt werden (**siehe...** *4.10.24 Erdbebenbemessung – SE1 Modul*). Die wichtigsten Resultate werden sowohl im unteren linken Teil des Dialogfensters sowie auch unter den Diagrammen selbst angezeigt. Im Default-Dialogfenster werden die Kapazitätskurven des Multifreiheitsgradsystems (MDOF) und des äquivalenten Einzelfreiheitsgradsystems angezeigt (SDOF).
Die hellblaue Kurve ist die Kapazitätskurve des äquivalenten Einzelfreiheitsgradsystems (SDOF). Sie hat dieselbe Form wie die dunkelblaue Kurve des Multifreiheitsgradsystems (MDOF). Ihre Punkte sind das Resultat der Division der entsprechenden Kräfte und Verformungen der MDOF-Kurve durch Γ.
Der Endpunkt beider Kapazitätskurven ist normalerweise der Punkt, welcher der maximalen Verformung entspricht (dividiert durch Γ bei der SDOF Kurve), der vom Anwender zu Beginn der nichtlinearen Analyse gesetzt wird.
Die resultierende Kurve in der Abbildung zeigt, dass die Struktur fähig ist, noch mehr Verformung zu ertragen, da die Scherkraft (vertikale Achse) zunimmt, währenddessen auch die Verformung zunimmt. Die maximale Scherkraft kann dann nur bestimmt werden durch eine weitere Analyse, welche durch eine grössere Verformung limitiert ist, die dazu führt, dass eine maximale Scherkraft erreicht wird, nach welcher diese beginnt abzufallen. Falls diese Situation erreicht wird, ist dieser Maximalwert der Maximalwert der Kurve. Falls nicht, ist eine weitere Analyse mit noch grösserer Maximalverformung durchzuführen.
Die maximale Scherkraft kann nur bestimmt werden, wenn beim Start der Pushover Analyse eine genügend grosse Zielverschiebung angegeben wurde.



Toolbar





Druckt das Diagramm



Kopiert das Diagramm in die Zwischenablage



In Galerie einfügen um für die Ausgabe verfügbar zu machen



Tabelle darstellen für die numerischen Werte



In Zeichnungsbibliothek einfügen um für die Ausgabe verfügbar zu machen.



Erdbebenparameter
Tabelle mit absoluten und relativen Geschossverschiebungen und anderen Parametern

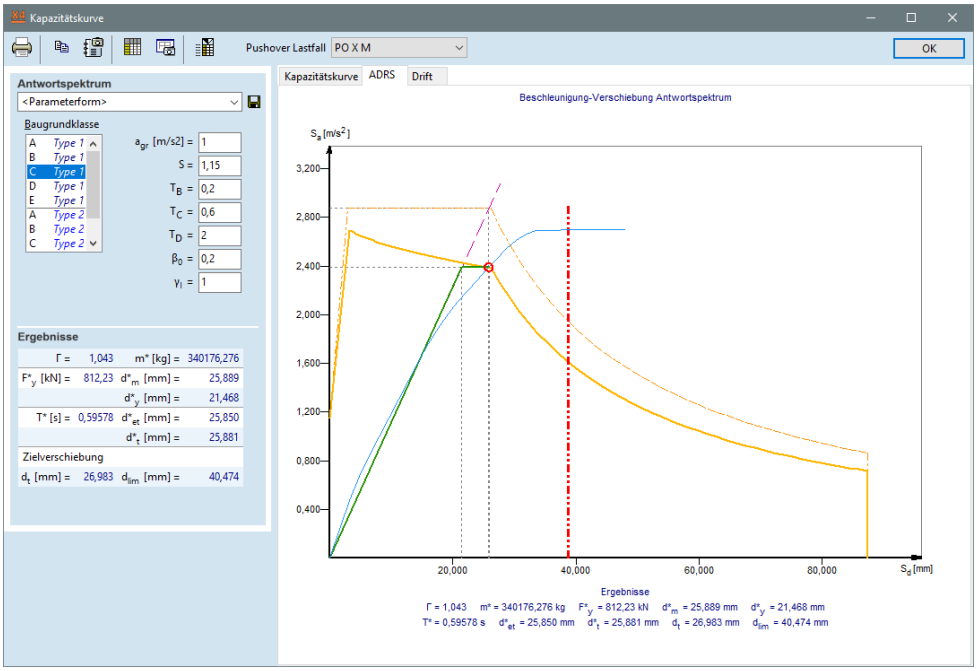
6.1.4.1. Kapazitätskurven nach Eurocode 8

Alle Resultate basieren auf der N2 Methode (Siehe 11.32) welche im Anhang B von Eurocode8 empfohlen wird. Die bilineare Kraft-Verformungsbeziehung für das SDOF System (grüne Kurve) wird so berechnet, dass die Kraft bei der Zielverschiebung (d_t*) als die Fliesskraft (F_y*) angenommen wird und die Fliessverschiebung (d_y*) nach dem Prinzip der äquivalenten Verformungsenergie ermittelt wird.
Eine vertikale rote Linie markiert die 150% der Zielverschiebung gemäß Eurocode8, (4.3.3.4.2.3). Grundsätzlich sind die Anforderungen an die Verformungskapazität erfüllt, wenn die Verformungskapazität höher als diese Marke ist (die Linie wird dann strichpunktiert dargestellt), andernfalls (die Linie ist ausgezogen dargestellt) sind die Anforderungen nicht erfüllt.

6.1.4.2. Beschleunigung-Verschiebung Antwortspektrum (ADRS)

Das Beschleunigung-Verschiebung Antwortspektrum (Acceleration-Displacement Response Spectrum – ADRS) können wir mit einem Klick in das Auswahlfenster anzeigen lassen. Das elastische (gestrichelte gelbe Linie) und inelastische (gelbe Linie) ADRS Spektrum, sowie die Einfreiheitsgrad- (blaue Linie) und die von dieser stammende bilineare Kapazitätskurve (grüne Linie) werden hier dargestellt.

Eine separate Linie hebt die natürliche Periode hervor, welche dem elastischen Verhalten der Struktur entspricht. Der Schnittpunkt von Kapazität und Anforderung entsprechend der Zielverschiebung wird durch einen roten Punkt markiert. Die lila gestrichelte Linie zeigt die elastische Approximation basieren auf der Anfangssteifigkeit der bilinearen Kapazitätskurve.



Ergebnisse Mit (*) werden die Parameter des Einfreiheitsgradsystems dargestellt, während die anderen dem Mehrfreiheitsgradsystems entsprechen.

Γ Transformationsfaktor zur Berechnung der Einfreiheitsgrad-Charakteristik (SDOF)

m^* Masse des äquivalenten Einfreiheitsgradsystems

F_y^* Zu der Verschiebung d_m^* des äquivalenten Einfreiheitssystem gehörend Scherkraft und zu der elastischen-ideal plastischen Beziehung gehörende Fliesskraft

d_m^* Grenzverschiebung der idealisierten bilinearen Kraft-Verschiebungsbeziehung (nicht zwingend die Grenzverschiebung des SDOF Systems infolge des iterativen Vorgehens der N2 Methode)

d_y^* Fliessverschiebung der idealisierten bilinearen Kraft-Verschiebungsbeziehung

T^* Natürliche Periode des **äquivalenten** SDOF Systems

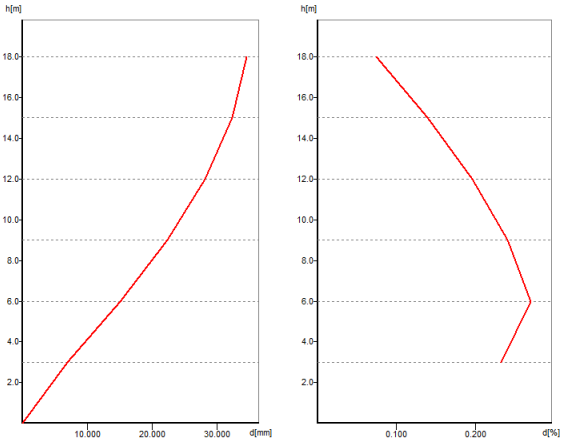
d_{et}^* Zielverschiebung des äquivalenten SDOF Systems mit Periode T* und unbegrenztem elastischen Verhalten

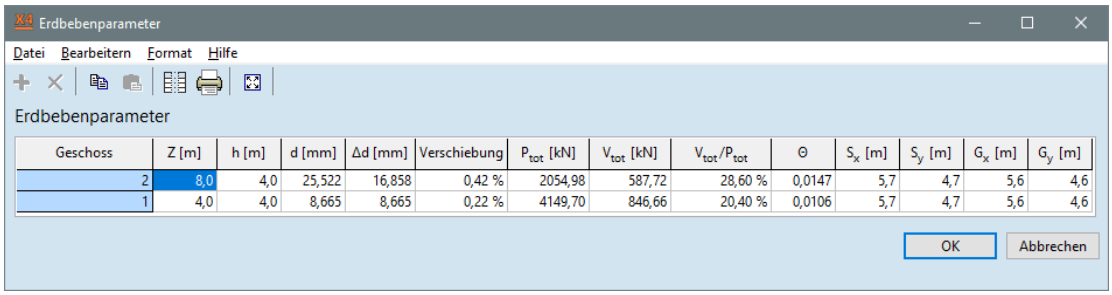
d_t^* Zielverschiebung des äquivalenten SDOF Systems unter Berücksichtigung inelastischen Verhaltens.
Sie repräsentiert das Ende der bilinearen grünen Kapazitätskurve

d_t Zielverschiebung des MDOF Systems unter Berücksichtigung inelastischen Verhaltens

6.1.4.3. Drift

Im Drift Tab werden die absolute Drift und das Verhältnis der relativen Geschossverschiebung (Zwischengeschossdrift) als Diagramme dargestellt. Das Diagramm der absoluten Drift zeigt die horizontale Verschiebung des Schwerpunktzentrums relativ zum Boden. Das Zwischengeschossdrift-Verhältnis-Diagramm drückt die Geschoss-verschiebung als Prozentsatz der Geschosshöhe aus.
Das spätere Diagramm hilft für die Überprüfung, ob die Grenzverschiebung des Tragwerks den Anforderungen vom Eurocode 8 entspricht.
Das anklicken von „Erdbebenparameter" auf der Toolbar, öffnet eine Tabelle, die die Werte zusammen mit den Erdebenparametern in einer Tabelle anzeigt.





Geschoss	Z [m]	h [m]	d [mm]	Δd [mm]	Verschiebung	P_{tot} [kN]	V_{tot} [kN]	V_{tot}/P_{tot}	Θ	S_x [m]	S_y [m]	G_x [m]	G_y [m]
2	8,0	4,0	25,522	16,858	0,42 %	2054,98	587,72	28,60 %	0,0147	5,7	4,7	5,6	4,6
1	4,0	4,0	8,665	8,665	0,22 %	4149,70	846,66	20,40 %	0,0106	5,7	4,7	5,6	4,6

6.1.5. Ergebnistabellen



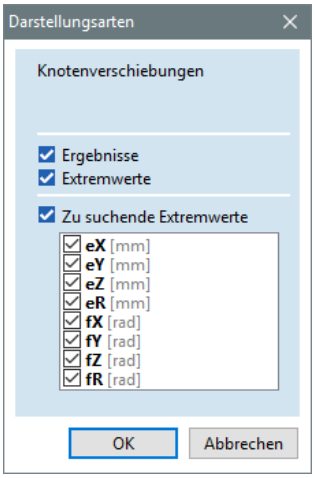
AxisVM zeigt die numerischen Werte der ausgewählten Ergebnisse in einer Tabelle an. Wenn die Detaildarstellung aktiv ist, werden nur die Ergebnisse der Elemente der aktiven Details in die Tabelle aufgenommen. Weitere Filterbedingungen können auch eingeschaltet werden (z.B. nach Querschnittstypen). Die Ergebnisse können durch Kopieren in die Zwischenablage auch in andere Programme (z.B. Excel, Word..) exportiert werden.
Siehe... *2.9 Tabellen*.



Mit *Darstellung / Beschriftung / Verwendete Finite Elemente Nummern* wird nicht nur die Beschriftung aktiviert, sondern auch die Art, wie die Tabellen zusammengestellt werden.
Wird z.B. diese Option aktiviert, sind die Balkenschnittkräfte in den Tabellen unter *Ergebnisse / Lineare Berechnung / Schnittkräfte /Finite Elemente / Stabkräfte* zu finden. Die Ergebnisse sind nach Finite Element aufgelistet.
Bei nicht aktivierter Option sind die Ergebnisse unter *Ergebnisse / Lineare Berechnung / Schnittkräfte /Finite Elemente / Stabkräfte zu suchen und sind sortiert nach Bauteil.*

Tabellenanzeige
[Ctrl]+[R]

Nach Aufruf der Tabellenanzeige kann für die aktuell grafisch angezeigte Resultatkomponente eine detaillierte Liste mit den dazugehörigen gewünschten Resultatkomponenten in Tabellenform definiert werden.



Dieser Dialog kann auch später auch über das Menü *Format / Darstellung der Ergebnisse* aufgerufen werden.

Ergebnisse

Durch Inaktivieren dieser Option werden detaillierte Resultate unterdrückt, und nur die gewünschten Extremwerte werden als Tabelle generiert.

Extremwerte

Durch Inaktivieren dieser Option werden Extremwerte unterdrückt. Aus der Liste der Tabellenelemente können die maximalen und minimalen Werte der gewünschten Resultatkomponenten gewählt werden.

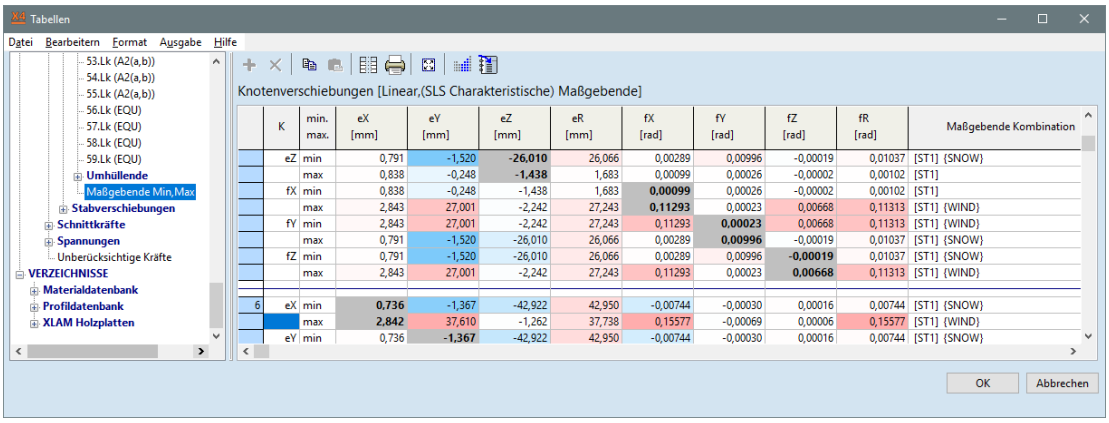
Aussuchen der Extremwerte (Min/Max)

Die erste Reihe von Extremwerten zu finden ist abhängig von der Standardeinstellung der Spaltensichtbarkeit in der Ergebnistabelle. Der Anwender kann entscheiden, welche Spalte (Ergebnisse) standardmässig in den Ergebnistabellen sichtbar sein sollen. Nur die sichtbaren Ergebniskomponenten werden automatisch nachgewiesen.

Hier können die Ergebniskomponenten markiert werden, nach deren Extremwerte in der Tabelle gesucht werden soll. Die mit den Extremwerten gleichzeitigen Komponenten werden immer dargestellt.
Wenn der gefundene Extremwert nur in einer Position zu finden ist, werden die anderen gleichzeitigen Komponenten auch in die Tabelle aufgenommen. Wenn er mehrmals zu finden ist, werden statt der gleichzeitigen Komponente nur die Symbole * erscheinen, und in der Spalte *Abstand/Querschnittslage* wird die Position des ersten Auftretens angezeigt.

Bei der Auswertung der *massgebenden Lastfallkombinationen* erscheinen in der Tabelle neben der Min/Max-Komponenten auch die Lastfälle der massgebenden Lastfallkombination mit folgenden Bezeichnungen:

[...] bedeutet ständiger Lastfälle
{...} bedeutet veränderlicher Lastfall
(...) bedeutet aussergewöhnlicher Lastfall



Eigenschaftenfilter

Siehe... *2.9 Tabellen*

Drucken

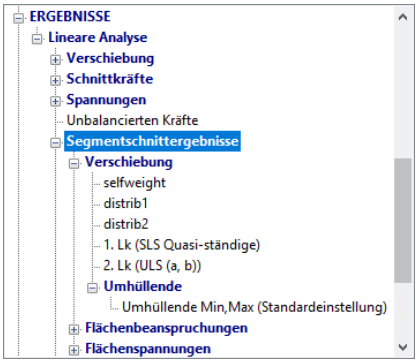


[Ctrl]+[P]

Öffnet das *Datei / Drucken* Menü **Siehe...** *3.1.12 Drucken*

6.1.5.1. Resultattabellen von Segmentschnitten

Falls im Modell Segmentschnitte definiert sind, erscheinen unter dem RESULTAT-Titel Tabellen mit Segmentschnittresultaten. Diese Tabellen zeigen die Werte der Resultatkomponenten entlang der aktiven (angezeigten) Segmentschnitte. Interne Resultatpunkte werden an den Stellen zusätzlich ausgegeben, wo der Segmentschnitt die Ränder von finiten Elementen schneidet.

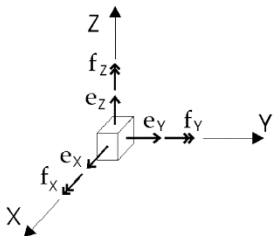


6.1.6. Verschiebung

Knoten

Die Ergebnisse sind die Verschiebungskomponenten der Knoten in Richtungen der globalen Koordinatenachsen.

Die resultierende Verschiebung *(eR)* und Verdrehung *(fR)* werden ebenfalls berechnet.



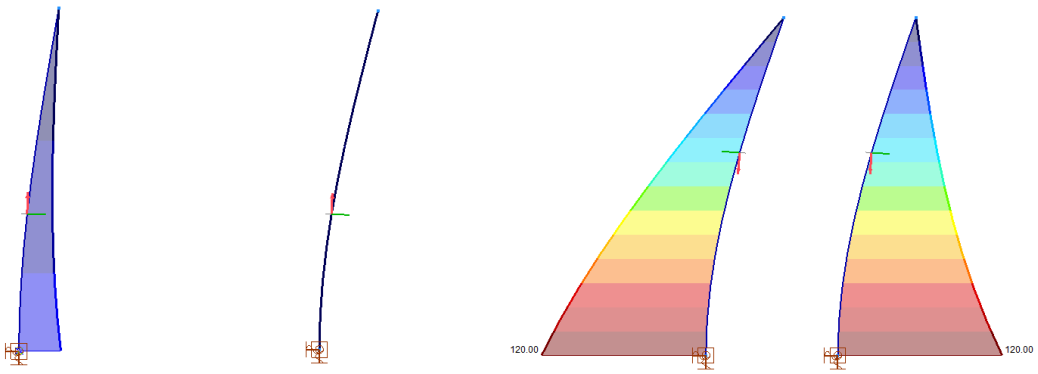
☞ ***In einigen Fällen scheinen die Verschiebungen und Schnittgrößen, die mit derselben kritischen oder umhüllenden Lastkombination verbunden sind, inkonsistent zu sein.***

Dafür gibt es zwei Gründe:

- Verschiebungskomponenten und die Schnittgrößen werden aus verschiedenen Lastfällen (z.B. SLS oder ULS) berechnet, so dass die Ergebnisse nicht gemeinsam interpretiert werden können.
- die Verschiebungskomponenten werden im globalen Koordinatensystem erhalten, aber die Schnittgrößen werden unter Berücksichtigung des lokalen Koordinatensystems der Elemente (Träger, Fläche, virtueller Träger, ...) dargestellt. Die Ergebnisse können nur auf der Grundlage innerhalb des entsprechenden Koordinatensystems interpretiert werden.

Im Folgenden werden einfache Fälle vorgestellt, um diese Phänomene zu veranschaulichen. In den Figuren sind die Schnittgrößen des Trägerelements verformt dargestellt.

1. 2. 3.

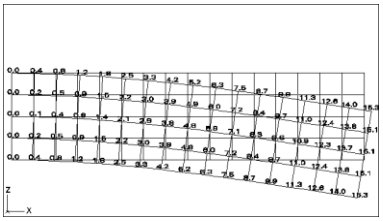


1. Bei kritischen oder umhüllenden Lastkombinationen scheint die Zugseite des Trägers aufgrund der Ergebnisse der Verschiebung und der Schnittgrößen widersprüchlich zu sein. Die Komponenten stammen aus verschiedenen Lastzusammenstellungen (SLS und ULS), so dass die Ergebnisse nicht kohärent sind.
2. Dieser Sonderfall zeigt auch die Wirkung verschiedener Lastkombinationen. Die Schnittgröße ist Null, aber Darstellung zeigt eine (signifikante) Verformung.
3. Der letzte Fall veranschaulicht die Folgen verschiedener lokaler Koordinatensysteme in der umhüllenden Lastkombination. Die aufgebrachte Last und die berechnete Verschiebung sind gleich. Auch die Schnittgröße ist identisch, aber das Diagramm der Schnittgröße ist aufgrund der unterschiedlichen lokalen z-Achse auf der gegenüberliegenden Seite. Dies mag im Vergleich zur Verformung bei der Interpretation der Zug- oder Druckseite widersprüchlich erscheinen).

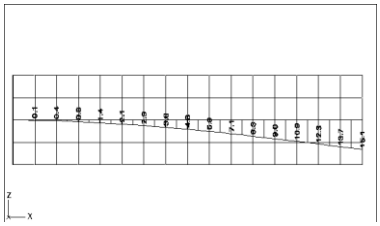
☞ ***Dies kann auch bei Erdbebenkombinationen auftreten.***

Beispielweise sind hier die Verschiebungen einer Kragarmscheibe in verschiedenen Darstellungen zu sehen**:**

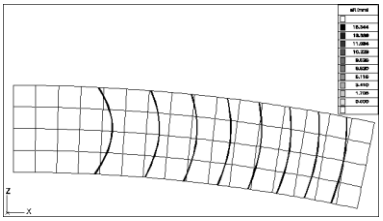
Diagramm mit Werten



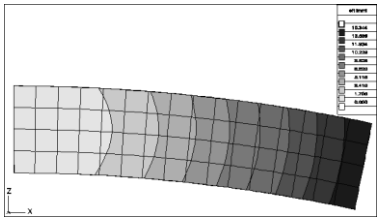
Schnitt mit Werten im Knoten



Isolinie



Isofläche

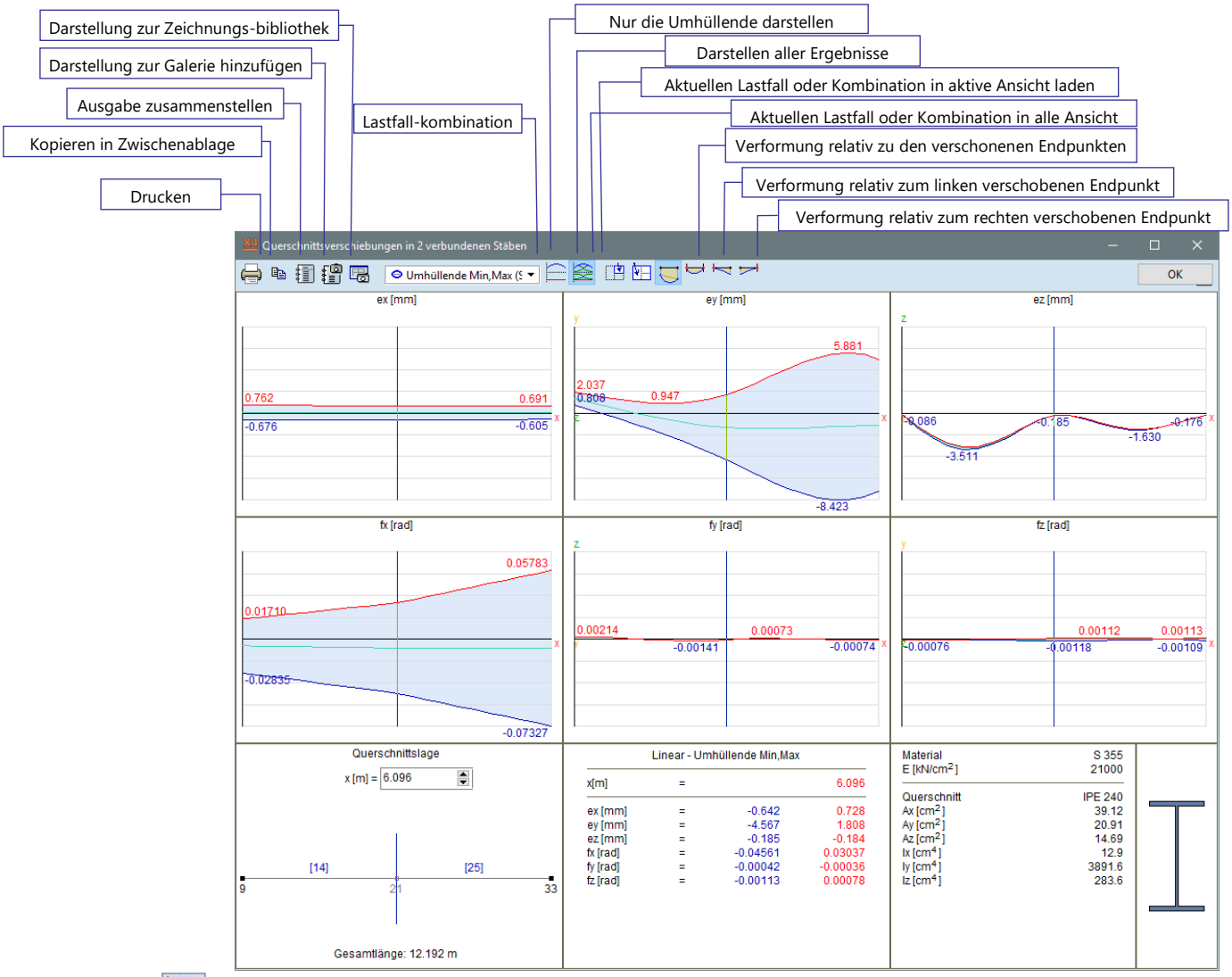


Stabelement

Es können die Verschiebungen entlang der Stabachse entweder in dem globalen oder in dem lokalen Koordinatensystem dargestellt werden.
Wenn die gesamte Konstruktion oder ein Teil davon dargestellt wird, erscheinen die Verschiebungskomponenten in dem *globalen Koordinatensystem*.
Wenn Sie mit der Maus ein Stabelement anklicken, werden die Verschiebungskomponenten des Stabelementes in dem *lokalen Koordinatensystem* in Diagrammen dargestellt.

Falls das Model einen Balken mit sieben Freiheitsgraden enthält (*4.9.9.3 7DOF - Stabelemente mit sieben Freiheitsgraden*) wird ein zusätzliches Diagramm erzeugt für die spezifische Verdrehung w = dfx/dx, dargestellt im lokalen Koordinatensystem.
Gleichzeitig können mehrere Stäbe angezeigt werden, wenn:

- die Richtungen der lokalen ***x***-Achsen der Stäbe gleich sind, oder nur einen kleinen Winkel auf weisen,
- die lokale x-Achse ist dieselbe und
- die Stäbe aus gleichem Material sind.



Zeigt nur die Umhüllende an

Zeigt die Ergebnisse aller Lastfälle/Kombinationen plus der Umhüllenden an

Laden Sie den aktuellen Lastfall oder die aktuelle Lastkombination in die aktive Ansicht (im Mehrfenster-modus wird der Lastfall oder die Lastkombination nur in die aktive Ansicht geladen)

Laden Sie den aktuellen Lastfall oder die Kombination in alle Ansichten (im Falle eines Mehrfenstermodus wird der Lastfall oder die Kombination in alle Ansichten geladen)

Aktuelle Verschiebung

Verschiebung relativ zum Endpunkt

Verschiebung relativ zum linken Ende

Verschiebung relativ zum rechten Ende

Im Fenster kann man die Ergebnisse alle Lastfälle und Lastkombinationen abrufen. Bei den Umhüllenden Diagrammen ist die Darstellung der Funktion der Unhüllkurve ein/ausschaltbar.
Mit dem Verschieben der blauen Linie des Diagramms oder durch das Editorfeld ist es möglich die Abfrageposition zu ändern.

Diagramme in der Zeichnungs-bibliothek speichern

Assoziative Diagramme können in der Zeichnungsbibliothek gespeichert werden. Zeichnungen aus dieser Bibliothek können in Berichte eingefügt werden. Nach Änderungen und Neuberechnungen werden Modelldiagramme in der Bibliothek und in Berichten ebenfalls entsprechend verändert.
Siehe... *3.6.11 Ansicht in Zeichnungsbibliothek speichern*

Ergebnistabellen

Siehe... *6.1.5 Ergebnistabellen*

6.1.6.1. Nichtlineare Berechnung der totalen Durchbiegung (wtot) für Stahlbeton Platten

☞ ***Im Programm ist die folgende Funktion nur in den Normen Eurocode-NL und Eurocode-B verfügbar und kann nur für Platten verwendet werden.***

EN 1990:2002 A1.4.3, NEN-EN 1990 A1.4.3

Um die Durchbiegung einer bewehrten Betonplatte zu bestimmen, müssen verschiedene Arten von vertikalen Durchbiegungen berechnet werden, indem eine Reihe nichtlinearer Analysen für bestimmte Kombinationen mit und ohne Kriechen durchgeführt werden.

☞ ***Bewehrung für Berechnung berücksichtigen*** *muss immer* ***aktiviert sein.***
Für die Berechnung der totalen Durchbiegung werden folgende Werte benötigt:

w1 *Anfangsverformung unter ständigen Lasten*
Führen Sie eine nichtlinieare Analyse für 1) ständige Lastfälle 2) seltene, häufige oder quasi-ständige Gebrauchstauglichkeits-Kombinationen ohne veränderliche Lasten und ohne Kriechen (φ = 0) durch.

w2 *Langzeitverformung unter ständigen Lasten*
Die gleichen quasi-ständigen Gebrauchstauglichkeits-Kombinationen müssen mit und ohne Kriechen durchgeführt werden, da *w2* als Differenz der beiden Resultate berechnet wird.
Der ständige Anteil der Gebrauchstauglichkeits-Kombinationen muss die gleichen ständigen Lastfälle enthalten, welche zur Bestimmung von *w1* verwendet worden sind.

w3 *Zusätzlicher Anteil der Durchbiegung aufgrund der veränderlichen Lasteinwirkung*
Muss aus den gleichen Gebrauchstauglichkeits-Kombinationen berechnet werden, welche zur Bestimmung von *w1* verwendet worden sind, allerdings inklusive der veränderlichen Lastfälle und ebenfalls ohne Kriechen.

wbij *wbij =w2+w3*

wtot Totale Durchbiegung
wtot = w1+w2+w3

Berechnungsschritte

1. Generieren Sie alle Gebrauchstauglichkeits-Kombinationen, welche Sie berücksichtigen wollen. Quasi-ständige Kombinationen müssen immer miteinbezogen werden.
Siehe... *4.10.2 Lastfallkombinationen*

2. Führen Sie eine nichtlineare Berechnung für alle Kombinationen ohne Kriechen durch. Quasi-ständige Gebrauchstauglichkeits-Kombinationen müssen ebenfalls ohne Kriechen berechnet werden.
Siehe... *5.1 Statik*

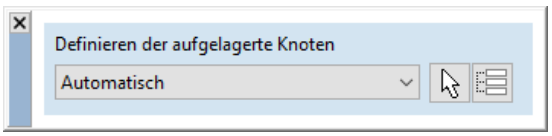
3. Wählen Sie eine vordefinierte Umhüllende für quasi-ständige Gebrauchstauglichkeit oder eine benutzerdefinierte Umhüllende erstellt aus einer Teilmenge der Kombinationen.
Siehe... *6.1 Statik*

4. Wenn die Umhüllende alle benötigten Kombinationen beinhaltet, findet das Programm die Kombinationsgruppen, welche die gleichen ständigen Lastfälle enthalten und berechnet für jede Gruppe *w1, w2, w3, wbij* und *wtot* sowie die Umhüllende und stellt die Werte der Umhüllenden als Resultatkomponenten *w1, w2, w3, wbij* und *wtot* zur Verfügung.

6.1.6.2. Relative Verschiebungen



Wenn das Modell Bereiche enthält und eine lineare Analyse durchgeführt wurde, ist auch die Schaltfläche *Relative Verschiebung* aktiviert. Diese Funktion zeigt die Verschiebung von Bereichen relativ zu ihren Auflagern an.Klicken Sie darauf, um zum folgenden Dialog zu gelangen.



Auswahl der Bereiche und aufgelagerten Knoten

Drei Methoden stehen für die Auswahl der aufgelagerten Knoten zur Verfügung:

1. *Automatisch*: die Knoten der gewählten Bereiche, welche mit einem Knoten-, Linien- oder Flächenlager verbunden sind, werden als aufgelagert angenommen, wenn das Auflager eine Steifigkeit grösser Null in z-Richtung aufweist. Folgende Knoten werden ebenfalls als aufgelagert angenommen:

a. Knoten, welche mit Stützen verbunden sind, wenn der Winkel zwischen der Stützenachse und der lokalen z-Richtung weniger als 45° beträgt
b. Knoten, welche mit Wänden verbunden sind, wenn der Winkel zwischen den lokalen z-Richtungen mehr als 45° beträgt

2. *Automatisch (nur Decken):* Gleich wie die obengenannte Methode, aber nur auf ausgewählte Deckenplatten angewendet (Ein Bereich wird als Decke definiert, wenn seine lokale z-Richtung parallel zur globalen z-Richtung verläuft).
3. *Auswahl:* der Benutzer kann Bereiche und aufgelagerte Knoten auswählen. Nur Knoten innerhalb der Bereichsebene werden berücksichtigt.

Beachten Sie: Eine Region kann nur eine Referenzebene haben.



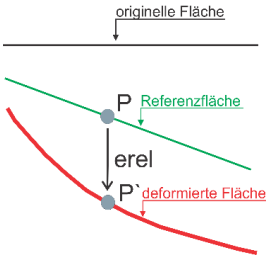
Bereiche und gelagerte Knoten auswählen: Klicke auf dieses Symbol, um Bereiche auszuwählen. Im Auswahlmodus müssen die gelagerten Knoten ebenfalls ausgewählt werden.

Analyse

Die Referenzebene wird aus der verschobenen Position der gelagerten Knoten bestimmt. Wie sie berechnet wird, hängt von der Anzahl gelagerter Knoten ab.

1. *Kein gelagerter Knoten:* In diesem Fall wird dem Bereich keine Referenzebene zugewiesen und die Ergebnisse werden nicht berechnet.
2. *Ein gelagerter Knoten:* die Referenzebene hat die gleiche Normale wie der Bereich und verläuft durch den verschobenen Knoten.
3. *Zwei gelagerte Knoten:* die Referenzebene durchläuft die beiden verschobenen Knoten. Ein Vektor senkrecht zu der Linie, die durch diese Knoten verläuft, ist parallel zum analogen Vektor in der Ebene des unverformten Bereichs.
4. *Drei oder mehr Knoten*: In diesem Fall wird die Referenzebene an die verschobenen Knoten angepasst (sie durchläuft alle gelagerten Knoten für drei Knoten).

Die relative Verschiebung *erel* eines Bereichsknotens ist definiert als Distanz zwischen P und P', wobei P der Schnittpunkt zwischen der *Referenzfläche* und einer Linie ist, welche senkrecht zur ursprünglichen Ebene des Bereichs steht und durch den Punkt P' verläuft.



Bei der Auswahl von *erel* aus der Komponentenliste können die Ergebnisse der Berechnung für jeden Lastfall, jede Lastkombination, jede Umhüllende oder kritische Kombination angezeigt werden.



Liste der Referenzebenen: Zeigt eine Liste von Referenzebenen mit den Bereichen an, in denen *erel* aus der angegebenen Referenzebene berechnet wurde, sowie eine Liste der gelagerten Knoten, die die Referenzebene definieren. Die ausgewählte Referenzebene kann durch Klicken auf die Schaltfläche ***Löschen*** oder durch Drücken von *Del* gelöscht werden.



Resultattabellen

Siehe... *6.1.5 Ergebnistabellen*

Diagramme in der Zeichnungsbibliothek speichern

Diagramme können in der *Zeichnungsbibliothek* gespeichert und auf die übliche Weise in Ausgaben eingefügt werden.

6.1.7. Knotengeschwindigkeiten

Die dynamische Analyse liefert sechs Komponenten der Knotengeschwindigkeit im globalen Koordinatensystem (drei translatorische und drei rotatorische) an jedem Knoten. Die resultierenden Translationswerte *(vR)* und Rotationswerte *(vRR)* werden ebenfalls bestimmt.

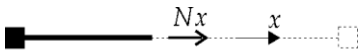
6.1.8. Knotenbeschleunigungen

Die dynamische Analyse liefert sechs Komponenten der Knotenbeschleunigung im globalen Koordinatensystem (drei translatorische und drei rotatorische) an jedem Knoten. Die resultierenden Werte von Translation *(vR)* und Rotation *(vRR)* werden ebenfalls bestimmt.

6.1.9. Stab/Fachwerkstab - Schnittkräfte

Fachwerkstab

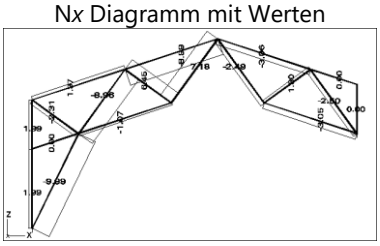
In den Fachwerkstäben entstehen durch Belastungen Normalkräfte N_x.



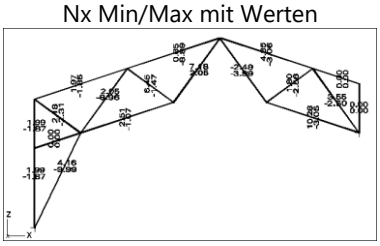
Eine positive Normalkraft bedeutet eine Zugkraft im Fachwerkstabelement.
In den Darstellungsarten *Grenzlinien* und *massgebende Ergebnisse* können Min/Maxwerte gleichzeitig dargestellt werden.

Darstellung der Stabkräfte eines Fachwerkträgers:

Nx Diagramm mit Werten



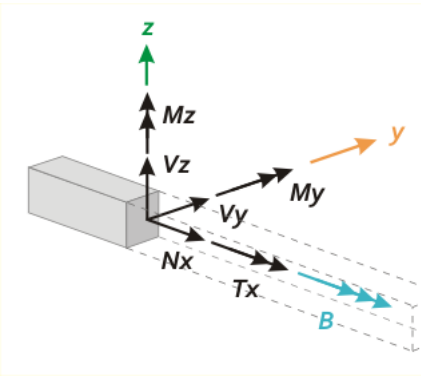
Nx Min/Max mit Werten



Stabelement

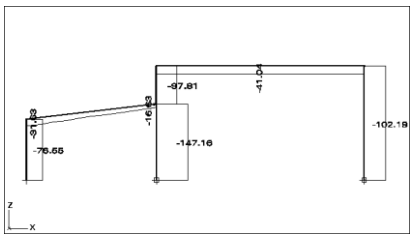
Durch Belastungen entstehen in den Stabelementen folgende Schnittkräfte: N_x , V_y , V_z , T_x , M_y , M_z .

Drei orthogonale, innere Kräfte, eine Normalkraft und zwei Scherkräfte (*Nx* , *Vy* , *Vz)* und drei orthogonale, innere Momente, ein Torsionsmoment und zwei Biegemoment *(Tx, My, Mz, und für einen Stab mit sieben Freiheitsgraden auch das Bimoment B*) werden am intermediären Querschnitt berechnet.

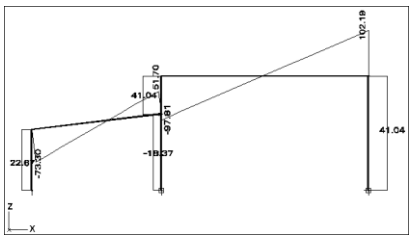


Schnittkräfte eines Rahmentragwerks in verschiedenen Darstellungsmodi:

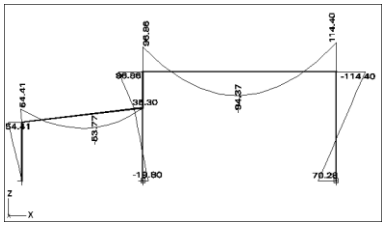
Nx Diagramm mit Werten



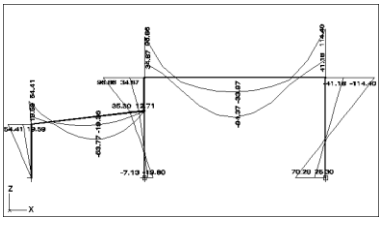
Vz Diagramm mit Werten



My Diagramm mit Werten

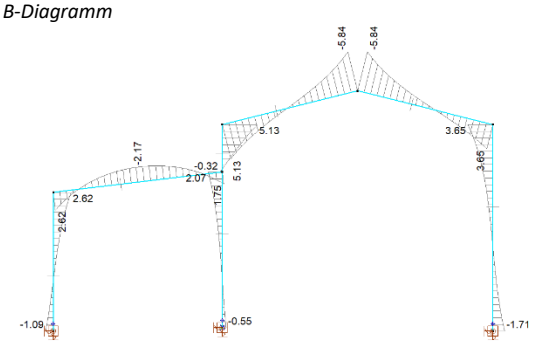


My Min/Max Diagramm

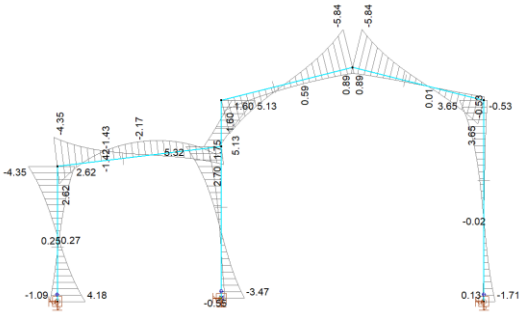


Beim Stab mit Sieben Freiheitsgraden

B-Diagramm



Bmin/max-Diagramm

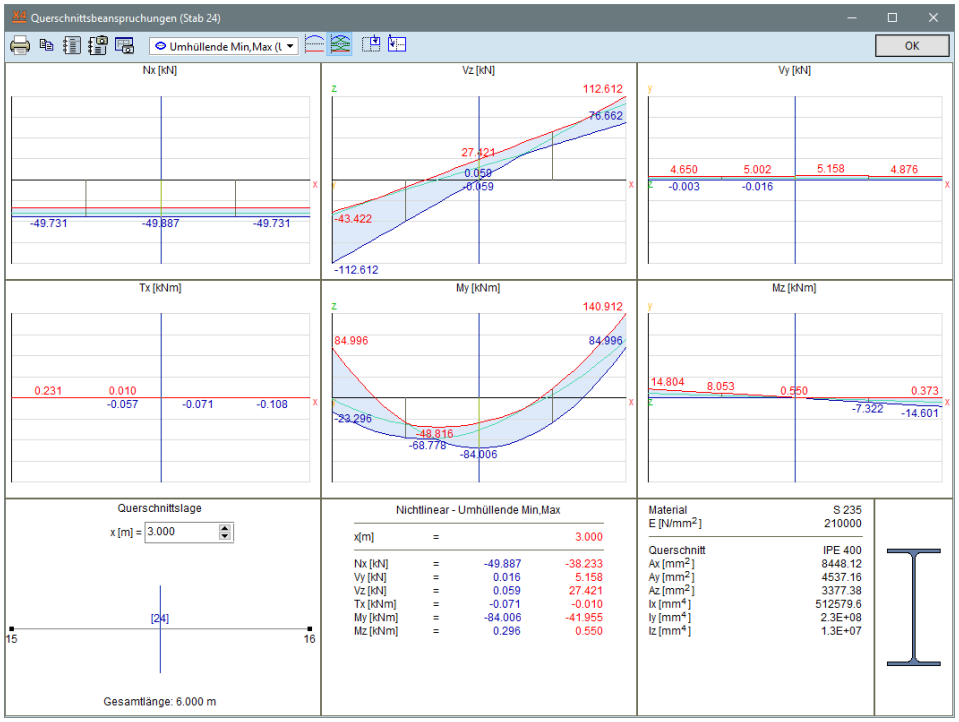


Anzeige der Schnittkräfte für Stab/Fachwerkstab

Man kann die Schnittkräfte von mehreren Stäben/Fachwerkstäben gleichzeitig anzeigen lassen falls:

a) Die Winkelabweichung der lokalen x und z Achsen die maximalen Werte nicht überschreiten, welche im Dialog der Darstellungsparameter/*Verschiedene Einstellungen* definiert sind.
b) Die Elemente dasselbe Material aufweisen.

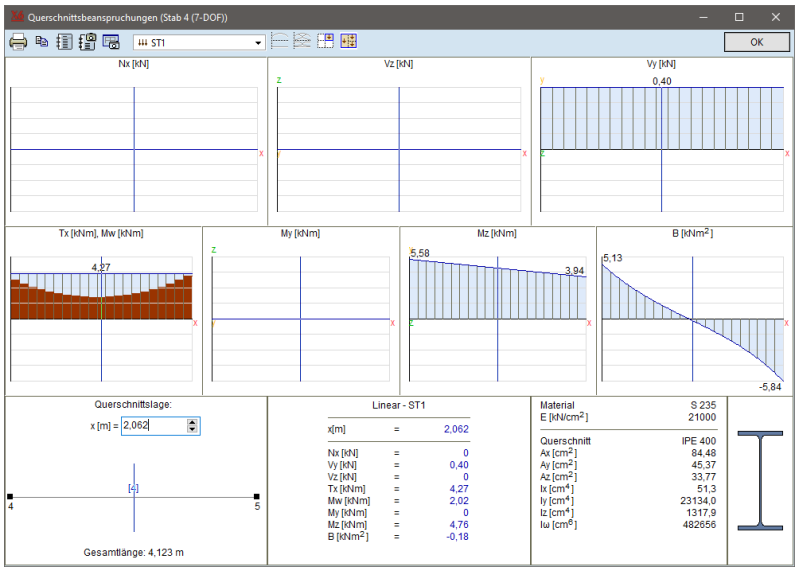
Wenn Sie ein Stabelement anklicken, werden alle Schnittkräfte entlang der Stabachse in Diagrammen dargestellt.



Im Fenster kann man die Ergebnisse aller Lastfälle und Lastkombinationen abrufen. Bei den Umhüllendendiagrammen ist die Darstellung der der Umhüllkurve ein/ausschaltbar.
Mit dem Verschieben der blauen Linie des Diagramms oder durch das Editorfeld ist es möglich, die Auswerteposition zu ändern.

Diaramme für Stäbe mit sieben Freiheitsgraden

Neben den diagrammen für die Schnittgrössen *Nx, Vy, Vz, Tx, My, Mz* wird auch ein Diagramm für das Bimoment *B* erzeugt. Bei Lastfällen und Lastkombinationen wird im *Tx*-Diagramm auch die Wölbkrafttorsion *Mw* dargestellt.



Ergebnisstabellen

Drei verschiedene Tabellenarten sind verfügbar.

Balkenschnittgrössen:	Zeigt die Schnittkräfte entlang des Stabes
Schnittkräfte an Stabenden:	Zeigt die Schnittkräfte nur an den Stabenden
Schnittkräfte für Verbindungen:	Schnittkräfte von anschliessenden Balken/Plattenbalken/ Facherkstäben

Siehe... *6.1.5 Ergebnistabellen*

Sie können die Schnittkräfte eines Querschnittes anzeigen lassen.

Diagramme in der Zeichnungs-bibliothek speichern

Assoziative Diagramme können in der Zeichnungsbibliothek gespeichert werden. Zeichnungen aus dieser Bibliothek können in Berichte eingefügt werden. Nach Änderungen und Neuberechnungen werden Modelldiagramme in der Bibliothek und in Berichten ebenfalls entsprechend verändert.

Siehe... *3.6.11 Ansicht in Zeichnungsbibliothek speichern*

Ergebnistabellen

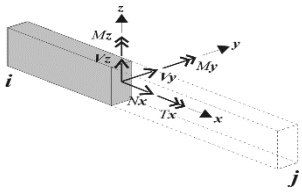
Wenn ein Lastfall oder eine Lastfallkombination ausgewählt wird, werden in der Tabelle die Ergebniswerte für alle Querschnitte des Elementes erscheinen. **Siehe...** *6.1.5 Ergebnistabellen*

☞ ***Bei der Darstellung der Grenzlinien oder der massgebenden Lastfallkombinationen werden nur die Min/Max Werte der vorher ausgewählten Komponenten angezeigt. Wenn der gefundene Extremwert nur in einem Querschnitt zu finden ist, werden auch die anderen Komponenten in die Tabelle aufgenommen. Wenn er mehrmals aufzufinden ist, erscheinen statt der Komponente nur * -Symbole, und in der Spalte Abstand/Querschnittslage wird die Position des ersten Auftretens angezeigt.***

6.1.10. Plattenbalken - Schnittkräfte

Es werden drei Verschiebungsschnittkräfte (N_x, V_y, V_z) und drei Verdrehungsschnittkräfte (T_x, M_y, M_z) an jedem Knoten der Elemente berechnet. Der Plattenbalken kann unabhängig (nicht mit einem Bereich verbunden) oder verbunden mit einem Flächenelement verwendet warden.

Die Schnittkräfte beziehen sich auf das lokale Koordinatensystems des Elements, welches im Querschnittsschwerpunkt des Plattenbalken liegt. Die Definition der positiven Richtung zeigt das Bild. Die Momentenlinien werden immer auf der Zugseite des Elementes gezeichnet.



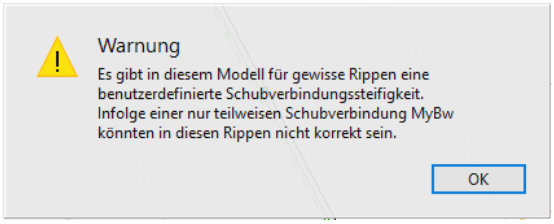
Wenn ein Plattenbalken exzentrisch mit einem Schalenelement verbunden ist, werden die Normalkräfte im Plattenbalken und in der Schale auftreten. In diesem Fall kann das Bemessungsmoment wie folgt berechnet werden: $MyD=My+ez\cdot Nx$

Annahmen für die Berechnung der Komponente MyD

Das Bemessungsmoment MyD wird immer vom Programm berechnet, aber die obige Berechnungsmethode liefert nur unter den folgenden Annahmen gute Ergebnisse. In allen Fällen ist der Benutzer verpflichtet, die Erfüllung der Annahmen zu überprüfen.

- es besteht eine starre Schubverbindung zwischen der Rippe und der Schale.
- es gibt keine signifikante Normalkraft in der Rippe ausser der Biegung,
- Die Rippe ist steif/gross genug im Vergleich zur Platte, so dass die Vernachlässigung des Biegemoments in der Platte keinen erheblichen Fehler verursacht (das Biegemoment der Platte ist nicht in MyD enthalten).

MyD wird auch berechnet und angezeigt, wenn eine elastische Schubverbindung zwischen Platte und Rippe definiert ist, aber in diesem Fall gibt das Programm eine Warnmeldung aus, wenn MyD als Ergebniskomponente ausgewählt wird (erscheint nur einmal nach der ersten Auswahl dieser Komponente nach der Analyse).



Bedingungen für die Berechnung der vxz-Komponente

Bei unteren und oberen Rippen, wenn elastischer Typ Schubverbindung (**siehe...** *4.9.9 Linienelemente* -) ausgewählt ist, wird auch die spezifische Längsschubkraft - vxz Ergebniskomponente - berechnet. Bei einer starren Schubverbindung ist diese Art von Ergebniskomponente nicht verfügbar.

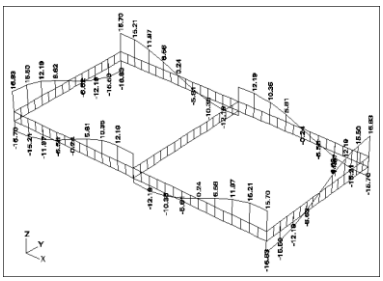
Anzeige der Schnittkräfte für Plattenbalken

Man kann die Schnittkräfte von mehreren Plattenbalken gleichzeitig anzeigen lassen falls:

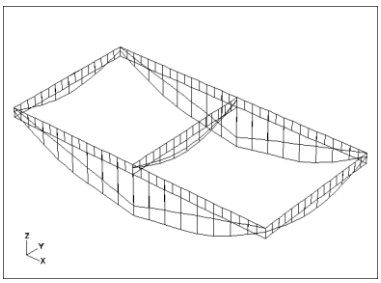
a) Die Winkelabweichung der lokalen x und z Axen die maximalen Werte nicht überschreiten, welche im Dialog der Darstellungsparameter/*Verschiedene Einstellungen* definiert sind.
b) Die Elemente dasselbe Material aufweisen.

Schnittkräfte eines Plattenbalkens in verschiedenen Darstellungsmodi:

Tx Diagramm mit Werten



My Min/Max Diagramm



Ergebnistabellen

Siehe... *6.1.5 Ergebnistabellen*

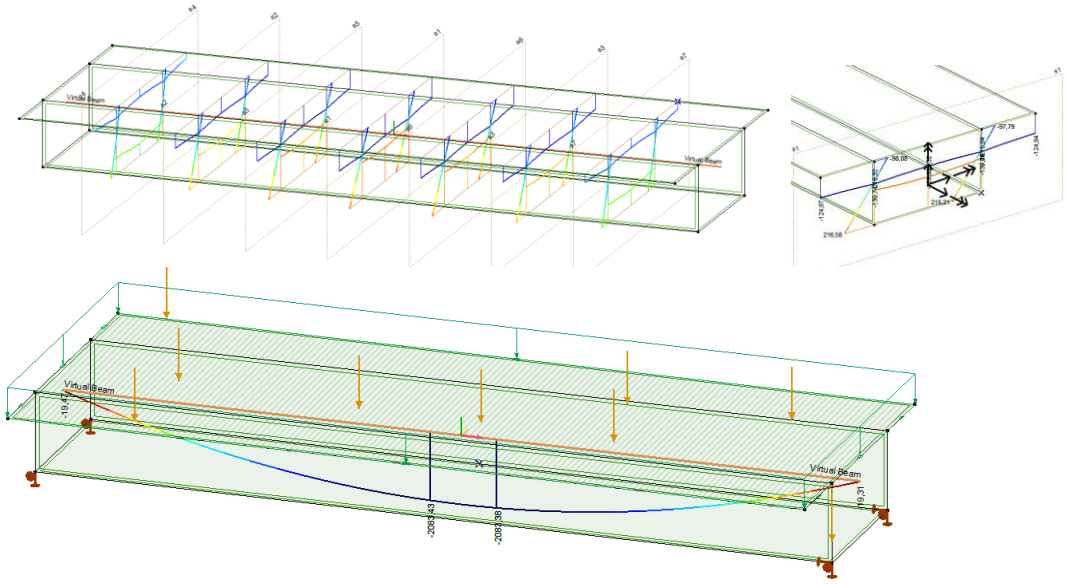
Ein möglicher Fehler

Bei der Bestimmung von MyD wird davon ausgegangen, dass der Plattenbalken mit Flächenelementen verbunden ist. Wenn ein Plattenbalken mit mehreren Bereichen verbunden ist, muss der Benutzer sicherstellen, dass die Rippe mit einem Bereich verbunden ist, welcher Fächenelemente entlang des Plattenbalkens aufweist. Wählen Sie einen (oder zwei) Bereich(e) aus, bevor Sie einen Plattenbalken definieren, um den Plattenbalken mit diesem Bereich zu verknüpfen. Aber falls ein Plattenbalken mit einem Bereich verknüpft wird, der ein Loch entlang des Plattenbalkens aufweist, ist die Definition fehlerhaft.
Die mit dem Plattenbalken verknüpften Bereiche können im Element-Tooltip überprüft werden, der angezeigt wird, wenn die Registerkarte *Elemente* aktiv ist und sich der Mauszeiger über dem Element befindet.
Die Verknüpfung der Bereiche berücksichtigt nur die sichtbaren Details. Wenn sich ein Plattenbalken am Rand mehrerer Bereiche befindet und nur einer dieser Bereiche sichtbar ist (die Details, zu denen die anderen Bereiche gehören, sind ausgeschaltet), wird der Plattenbalken mit dem einzigen sichtbaren Bereich verknüpft.

6.1.11. Virtueller Stab Schnittkräfte

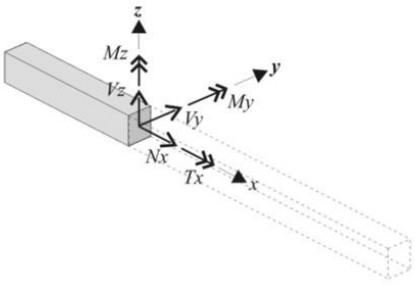
Berechnung

Nach erstellen von virtuellen Stäben (**siehe...** *2.16.16 Virtuelle Stäbe)* berechnet AxisVM den Massenschwerpunkt in jedem Schnitt, um die Achse des Stabes zu bestimmen. Das ist abhängig von der Geometrie, den angeschlossenen Elementen und der Dichte des FE Netzes. Die Schnittkräfte werden auf die Achsline des virtuellen Stabes reduziert.



Schnittkraftkomponenten

Drei orthogonale innere Kräfte, *(Nx , Vy , Vz)* und drei innere Momente, ein Torsionsmoment und zwei Biegemomente *(Tx, My, Mz)* werden für den Querschnitt an jedem Element dargestellt.
Schnittkräfte sind abhängig zum lokalen Koordinatensystem und die positiven Vorzeichen sind entsprechend der Abbildung. Momentendiagramme werden auf der Zugseite des Stabes dargestellt.



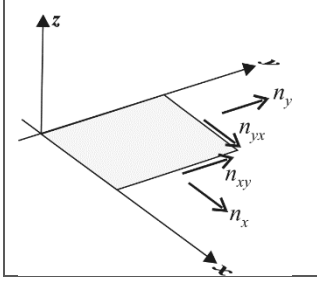
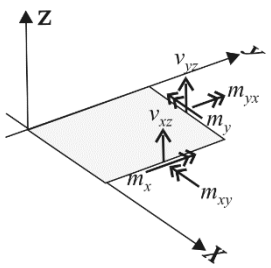
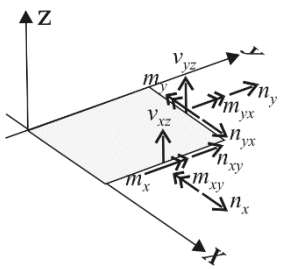
Ergebnistabellen

Die Ergebnisse werden für alle Schnitte mit den globalen Koordinaten des Massenschwerpunktes dargestellt..

6.1.12. Flächenelemente - Beanspruchungen

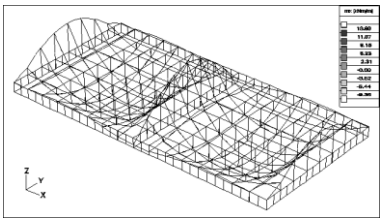
Beanspruchung

Die Beanspruchungen der Knotenpunkte der Flächenelemente und das positive Vorzeichen werden in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

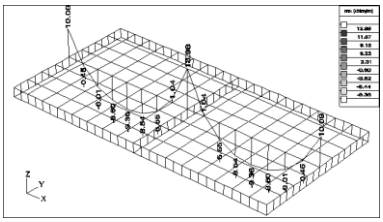
Flächenelement	*Symbol*	*Flächenelement*	*Symbol*	*Flächenelement*	*Symbol*
Scheibe 	n_x n_y n_{xy}	Platte 	m_x m_y m_{xy} v_{xz} v_{yz}	Schale 	n_x n_y n_{xy} m_x m_y m_{xy} v_{xz} v_{yz}

Eine Platte mit Rippen kann in folgenden Formen dargestellt werden:

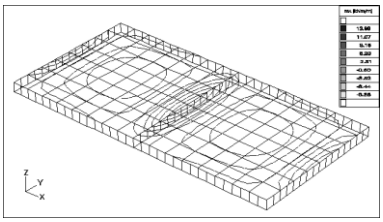
Diagramm



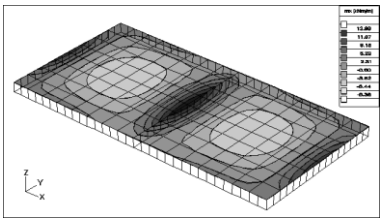
Schnitt mit Werten



Isolinie



Isofläche



☞ ***Die Indizes x und y bedeuten bei den Plattenmomenten die Richtungen der Normalspannungen, hervorgerufen durch das entsprechende Biegemoment. Dementsprechend dreht das Biegemoment m_x um die lokale y-Achse, das Biegemoment m_y um die lokale x-Achse.***
Die Momentendiagramme von Platten- und Schalenelementen werden auf der Zugseite gezeichnet. Auf der Oberseite (bestimmt durch die lokale Z-Richtung) ist das Vorzeichen immer positiv, auf der Unterseite ist es immer negativ.

Intensitäts-änderung

Alle finite Elemente Modelle und finite Elemente Analysen sind Ingenieurapproximationen. Die Genauigkeit des Modells kann entweder sehr gut oder sehr grob sein, abhängig von der Anzahl und Form der finiten Elemente, der Belastung, den Randbedingungen und von verschiedenen anderen Faktoren.
Zur Auswertung der Genauigkeit der Analyse gibt die Darstellung der Intensitätsänderung eine schnelle Hilfe. Diese zeigt die Änderung der Beanspruchung innerhalb eines Elementes, im Prozentsatz zu der maximalen Beanspruchung. Wo die Intensitätsänderung gross ist, ist es sinnvoll das Netz weiter zu verfeinern. Das akzeptable Mass der Intensitätsänderung kann nur aus Erfahrung beurteilt werden.

Brechen von Momenten spitzen über Trägern

Wenn Stützen als Punktlager an Platten anschliessen, dann werden Momentenspitzen über den Auflagern erscheinen.Wenn ein dichteres Netz verwenden, erhöhen sich noch die Spitzen aufgrund der FE Methode. Ein realistischeres Modell berücksichtigt, dass die Stützen nicht aus einen geometrischen Punkt bestehen, sondern eine Fläche haben. Dadurch können die Momentenwerte über die Fläche des Stützenquerschnitts gemittelt werden. Durch anklicken der Option „Anpassung der Vermaschung an Stützenköpfe (*4.11.2 Netzverfeinerung*) wird das automatisch sich an die Stützenquerschnitte anpassen. Nach anklicken der Funktion “Abschneiden der Momentenspitzen über Stützen” in dem Fenster “Darstellungsparameter” im Register Statik, werden die Momentendiagramme in der 3D Darstellung mehr wie im rechten Diagramm unten dargestellt.

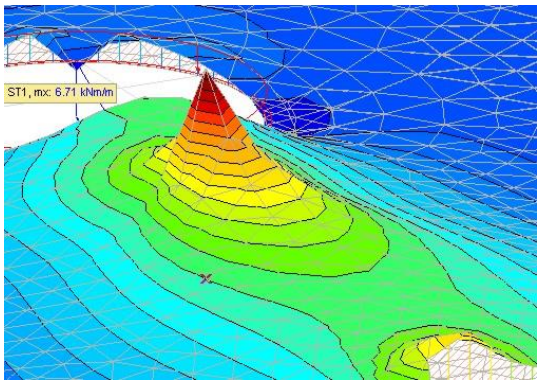


Diagramm ohne Abschneiden der Momentenspitzen

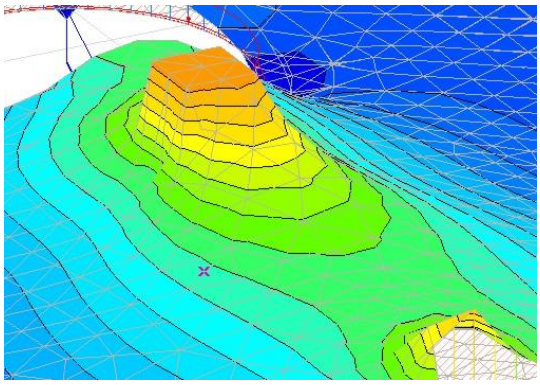
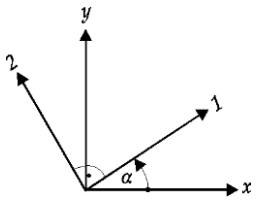


Diagramm mit Abschneiden der Momenten

Ergebnistabellen

Siehe... *6.1.5 Ergebnistabellen*

Beanspruchungen in Hauptrichtungen

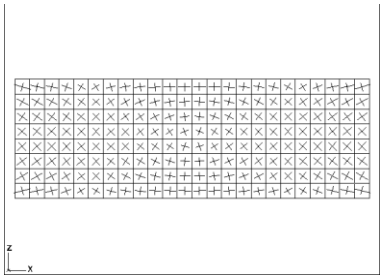


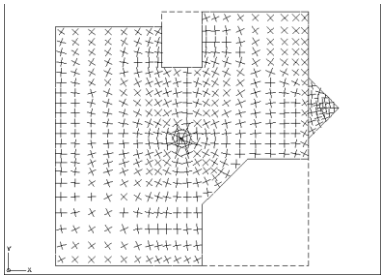
Die Hauptschnittgrössen n1, n2 und m1, m2 werden mit ihrer Richtung berechnet: αn und αm.
Die Richtung der Hauptschnittgrössen 1 und 2 kann auch individuell über die Ergebniskomponenten αn1, αn2 und αm1, αm2 abgefragt werden.
Darüber hinaus wird die resultierende Querkraft - vRz-Komponente - auch mit ihrer Richtung berechnet: αvRz.
Die Vorzeichenkonventionen lauten wie folgt:
$m_1 \geq m_2,\ n_1 \geq n_2,\ -90° < \alpha \leq +90°$ (relativ zur lokalen ***x-****Achse*)

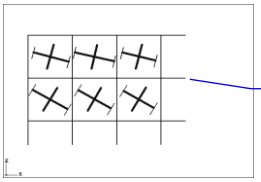
	Schale	
	Scheibe	*Platte*
n_1	$n_1 = \frac{n_x + n_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{n_x - n_y}{2}\right)^2 + n_{xy}^2}$	-
n_2	$n_2 = \frac{n_x + n_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{n_x - n_y}{2}\right)^2 + n_{xy}^2}$	-
α_n	$\mathrm{tg}(2\alpha_n) = \frac{2n_{xy}}{n_x - n_y}$	-
m_1	-	$m_1 = \frac{m_x + m_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{m_x - m_y}{2}\right)^2 + m_{xy}^2}$
m_2	-	$m_2 = \frac{m_x + m_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{m_x - m_y}{2}\right)^2 + m_{xy}^2}$
α_m	-	$\mathrm{tg}(2\alpha_m) = \frac{2m_{xy}}{m_x - m_y}$
αvRz	—	$\alpha vRz = arctg\left(\frac{v_{yz}}{v_{xz}}\right)$

☞ ***Im Fall einer Scheibe mit ebenem Verformungszustand ist nz ≠ 0 und ist nicht bestimmt.***

Die Schnittgrössen können im Diagramm-, Schnittlinien-, Isolinien- oder Isoflächenstil dargestellt werden.
Die Hauptrichtungen (αn, αn1, αn2 und αm, αm1, αm2 und *αvRz*) können nur als Diagramme+++ dargestellt werden.
Aus dem Wert der jeweiligen Hauptschnittgrössen werden die Farbe und die Grösse des Richtungsvektors bestimmt.
Ist die Hauptschnittgrösse negativ, wird der entsprechende Richtungsvektor durch zwei zu ihm senkrechte Segmente begrenzt.







Ergebnistabellen

Siehe... *6.1.5 Ergebnistabellen*

Schnittkräfte für Berechnung der Bewehrung

Für die Flächenelemente *nxv, nyv, mxv, myv* werden die Bemessungskräfte und –momente für die Bewehrung ebenfalls gemäss folgenden Formeln bestimmt:

$$n_{xv} = n_x \pm |n_{xy}|, \qquad n_{yv} = n_y \pm |n_{xy}|$$
$$m_{xv} = m_x \pm |m_{xy}|, \qquad m_{yv} = m_y \pm |m_{xy}|$$

Die Beanspruchungen können in Diagramm- und Schnittform, mit Isolinien oder Isoflächen auf den Bildschirm dargestellt werden.

Intensitätsvariation

dnx, dny, dnxy, dmx, dmy, dmxy, dqx, dqy sind dimensionslose Ergebniskomponenten, die die Intensitätsvariation innerhalb eines finiten Elements zeigen. Die Differenz zwischen dem maximalen und minimalen Wert innerhalb des finiten Elements wird durch einen Referenzwert geteilt. Der Referenzwert kann auf einen der folgenden Werte eingestellt werden:

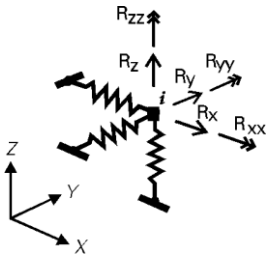
- Absolutes Maximum der jeweiligen Kraftkomponente über das gesamte Modell
- Absolutes Maximum der jeweiligen Kraftkomponente über die aktiven Teile
- Benutzerdefinierter Wert

Der Referenzwert kann im Dialog Parameter der Ergebnisanzeige ausgewählt werden (**siehe...** *6.1 Statik*).

6.1.13. Auflagerelement - Beanspruchungen

Positive Verschiebungs- und Rotationskomponenten verursachen positive innere Kraftkomponenten. Eine Dehnung des Auflagerfederelements verursacht eine Zugkraft, während eine Verkürzung derselben eine Druckkraft verursacht.

Positive Verschiebungen verursachen positive Schnittkräfte (Normalkräfte und/oder Torsionsmomente) im Auflagerelement. Z. B. ergibt sich aus der Zugdehnung eines Federelements eine Zugkraft.



Die Beanspruchungen können im Diagrammform oder gefärbt dargestellt werden. Bei dem Knotenauflager erscheint in der Diagrammform die ausgewählte Auflagerkraftkomponente als Vektor.

Resultierende Auflagerkräfte

Bei den Auflagerelementen werden auch die resultierenden Auflagerkräfte R_{eR}, $R_{\Theta R}$ berechnet.
Die Werte werden nach folgenden Formeln bestimmt:

$$R_{eR} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}, \qquad R_{\Theta R} = \sqrt{R_{xx}^2 + R_{yy}^2 + R_{zz}^2}$$

Die Resultatkomponenten Rxyz und Rxxyyzz gehören zu einem speziellen Anzeigemodus, in welchem die individuellen Kraft- und Momentenkomponenten gleichzeitig als drei Pfeile dargestellt werden, welche in die entsprechende lokale Richtung zeigen.

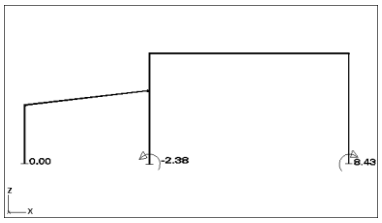
Verhältnis von horizontalen und vertikalen Kräften

Eine Resultatskomponente, die das Verhältnis von horizontalen und vertikalen Kräften zeigt, wird berechnet als

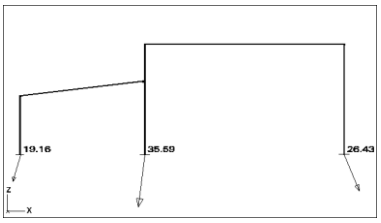
$$\alpha_R = \frac{1}{R_z}\sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

Die Auflagerkräfte können in folgenden Formen dargestellt werden:

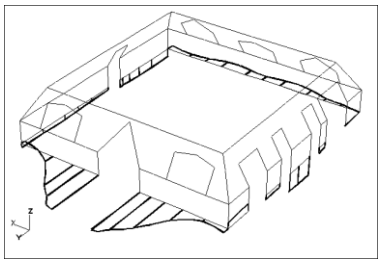
Ryy Auflagermoment



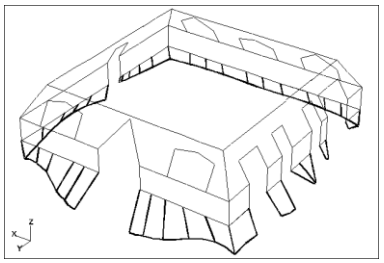
ReR resultierende Kräfte



Ry Auflagerkraft entlang einer Kante



ReR resultierende Auflagerkraft entlang einer Kante

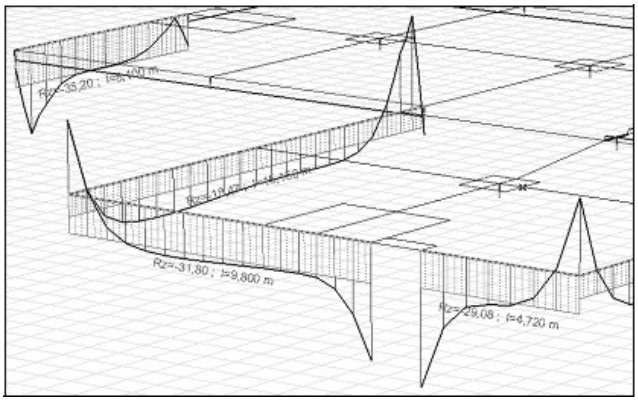


Ergebnistabellen

Siehe... *6.1.5 Ergebnistabellen*

Diagramm+Durchschnittswerte

Wenn die Linienauflagerkräfte angezeigt werden, ist ein spezieller Anzeigemodus (Diagramm + Durchschnittswerte) verfügbar. Wenn dieser Modus ausgewählt wurde, werden Linieauflagerkräftediagramme mit der Anzeige und der Kennzeichnung der Durchschnittswerte erhöht. Die Mittelwertbildung wird über durchgehende Auflager gemacht. Unterstützungen werden als durchgehend betrachtet, wenn sie die gleiche Steifigkeit haben und ihr Winkel unterhalb einer kleinen Grenze ist. Die Kennzeichen zeigen auch die Länge des durchschnittlichen Segments.



Optional können die Ergebnisse über jedes Strukturelement separat gemittelt werden. Die Methode der Mittelwertbildung kann im Dialog *Parameter* der Ergebnisanzeige ausgewählt werden.
Siehe... *6.1 Statik*

Mittelwert

Für Flächenauflagerkräfte wird ein separater Anzeigemodus eingeführt, der die Durchschnittswerte von *Rx*, *Ry* oder *Rz* anzeigt. Optional können die Ergebnisse über jeden Bereich separat gemittelt werden. Die Methode der Mittelwertbildung kann im Dialog *Parameter* der Ergebnisanzeige ausgewählt werden (**siehe...** *6.1 Statik*). Es ist auch möglich, den Durchschnitt für positive und negative Bereiche separat zu berechnen.

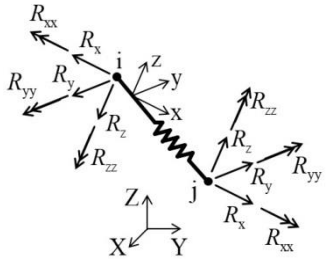
6.1.14. Schnittkräfte der Linie-Linie-Verbindungselementen und Kantenachsen

Schnittkräfte

AxisVM legt die Kräfte *nx, ny, nz* und die Momente *mx, my, mz* für Line-to-Line Verbindungselemente und Randgelenke fest. Wenn ein Formbauteil auf Null gesetzt wird, beträgt die dazugehörige Ergebniskomponente Null und wird weder in der Komponentencombo noch in Ergebnistabellen angezeigt.

6.1.15. Innere Kräfte von Federelementen

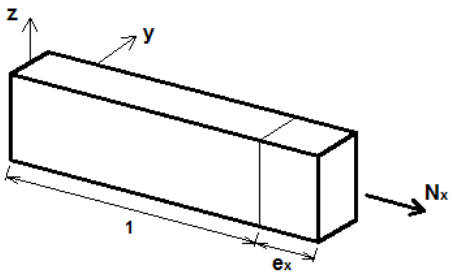
Die Schnittgrößen beziehen sich auf das lokale Koordinatensystem. Es gelten die Konventionen für positive Vorzeichen wie in der Abbildung.

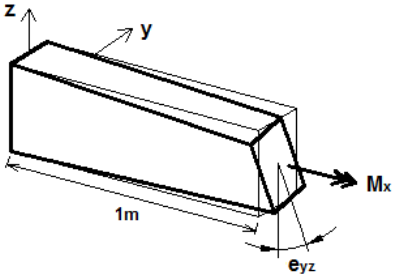


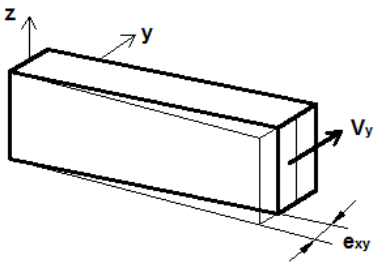
6.1.16. Dehnungen von Fachwerk-, Stab- und Plattenbalkenelementen

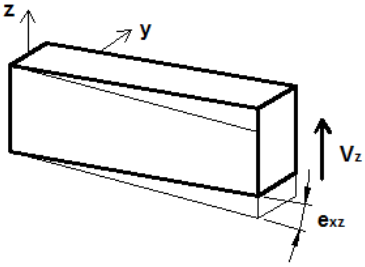
Die Dehnungsresultate sind nur verfügbar im Falle einer materialmässig nichtlinearen Analyse.

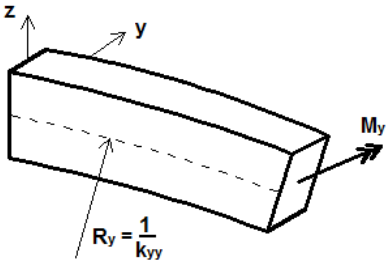
Verformungswerte	
exx	Axialdehnung in lokaler x Richtung
exy	Scherdehnung in lokaler xy Ebene
exz	Scherdehnung in lokaler xz Ebene
eyz	Torsionsdehnung in lokaler x Richtung
kyy	Krümmung in lokaler xy Ebene
kzz	Krümmung in lokaler xz Ebene

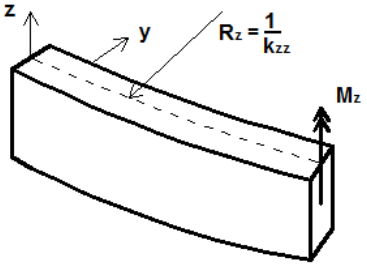












Die folgenden Dehnungskomponenten sind verfügbar für Linienelemente:

Verformungswerte	*Fachwerkstab*	*Balken*	*Plattenbalken*
exx	*exx*	*exx*	*exx*
kyy		*kyy*	*kyy*
kzz		*kzz*	*kzz*
eyz		*eyz*	*eyz*
exy			*exy*
exz			*exz*

6.1.17. Spannungspunkt-Dehnungen von Fachwerk-, Träger- und Rippenelementen

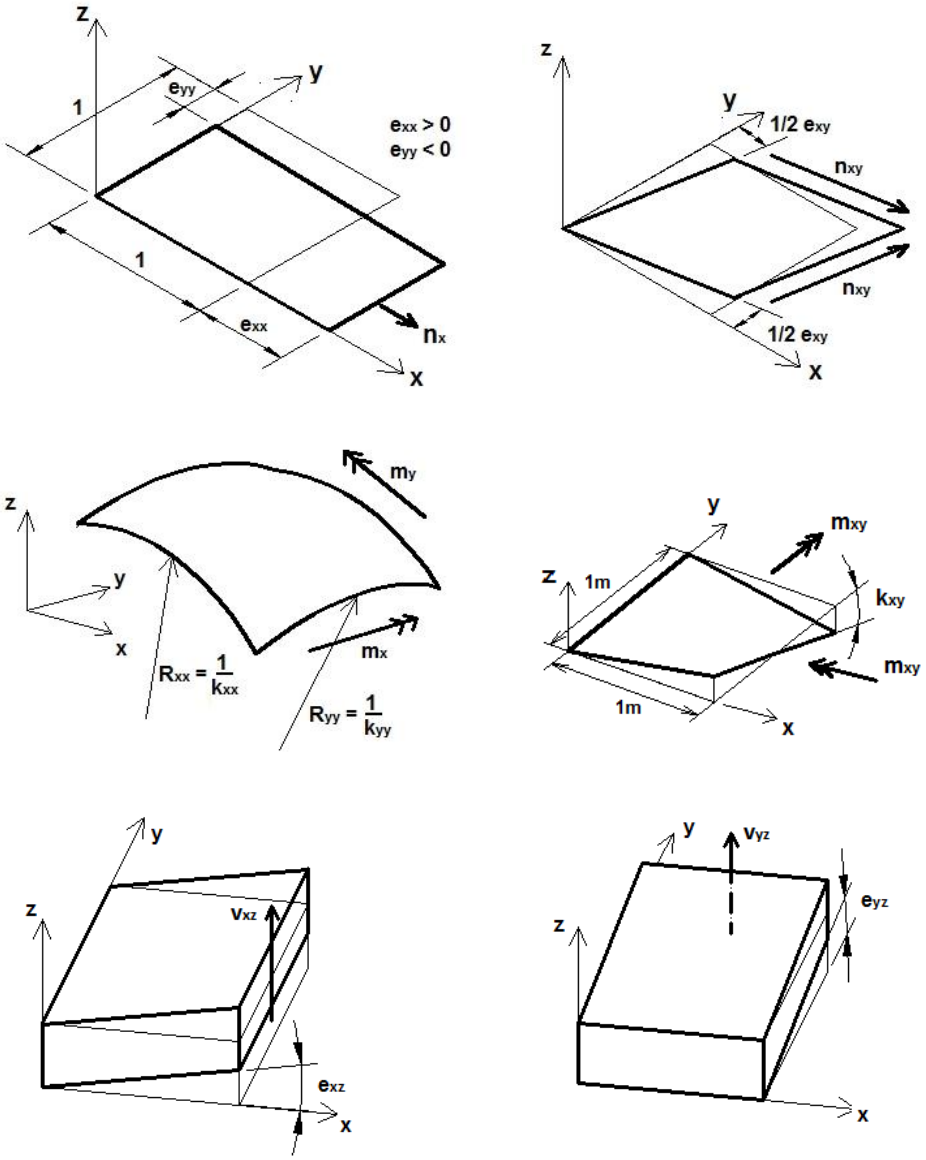
Die Resultate der Spannungspunkt-Dehnungen sind nur bei einer Analyse mit nicht-linearem Material verfügbar. Die folgenden Dehnungswerte werden für Fachwerkelemente berechnet und in jedem Spannungspunkt von jedem Querschnitt der Träger- und Rippenelemente:

Spannungspunkt-Dehnungen	
exx T	Axiale Dehnung in lokaler x-Richtung, total
(NLP) exx E	Axiale Dehnung in lokaler x-Richtung, elastisch
(NLP) exx P	Axiale Dehnung in lokaler x-Richtung, plastisch
(NLP) eeff	Effektive plastische Dehnung
(NLP) deeff	Effektives plastisches Dehnungsinkrement
(NLE) eeff	Effektive Dehnung $(NLE)\ e_{eff} = \lvert e_{xx}\ T \rvert$
Notation	(NLE) – nicht linear elastisches Material (NLP) – nicht linear plastisches Material T - Total E - Elastisch P – Plastisch

6.1.18. Dehnung von Flächenelementen

Die Dehnungsresultate sind nur verfügbar im Falle einer materialmässig nichtlinearen Analyse.

Verformungswerte	
exx	Axiale Verformung in lokaler x-Richtung
eyy	Axiale Verformung in lokaler y-Richtung
exy	Schubspannung in lokaler xy Ebene
kxx	Krümmung in lokaler *xz* Ebene
kyy	Krümmung in lokaler *yz* Ebene
kxy	Verformte Krümmung
fzz	Rotation um lokale z-Achse (Drill)
exz	Schubspannung in lokaler *xz* Ebene
eyz	Schubspannung in lokaler *yz* Ebene
eSz	Resultierende Schubnormalspannung in der Ebene des Elements $e_{Sz} = \sqrt{e_{xz}^2 + e_{yz}^2}$
e1	Maximale Hauptdehnung in lokaler xy-Ebene
e2	Minimale Hauptdehnung in lokaler xy-Ebene
ae	Winkel der Hauptdehnungsrichtung
k1	Maximale Hauptkrümmung
k2	Minimale Hauptkrümmung
ak	Winkel der Hauptkrümmungsrichtung



Die folgenden Dehnungskomponenten sind verfügbar für Linienelemente:

Verformungswerte	*Scheibe*	*Platte*	*Schale*
exx	*exx*		*exx*
eyy	*eyy*		*eyy*
exy	*exy*		*exy*
fzz	*fzz*		*fzz*
kxx		*kxx*	*kxx*
kyy		*kyy*	*kyy*
kxy		*kxy*	*kxy*
exz		*exz*	*exz*
eyz		*eyz*	*eyz*
eSz		*eSz*	*eSz*
e1	*e1*		*e1*
e2	*e2*		*e2*
ae	*ae*		*ae*
k1		*k1*	*k1*
k2		*k2*	*k2*
ak		*ak*	*ak*

6.1.19. Spannungspunkt-Dehnungen von Flächenelementen

Die Resultate der Spannungspunkt-Dehnungen sind nur bei einer Analyse mit nicht-linearem Material verfügbar. Die folgenden Dehnungskomponenten werden in jedem Knoten des Elements in der oberen, mittleren und unteren Faser berechnet:

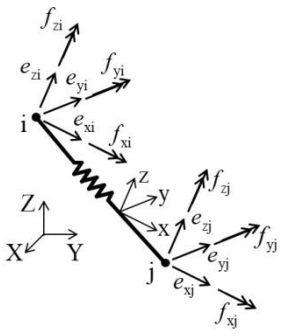
Dehnungskomponenten an Spannungspunkten	
exx T, (NLP) exx E, (NLP) exx P	Axiale Dehnung in lokaler x-Richtung
eyy T, (NLP) eyy E, (NLP) eyy P	Axiale Dehnung in lokaler y-Richtung
exy T, (NLP) exy E, (NLP) exy P	Schubspannung in lokaler xy Ebene
e1 T, (NLP) e1 E, (NLP) e1 P	Maximale Hauptdehnung in lokaler xy-Ebene
e2 T, (NLP) e2 E, (NLP) e2 P	Minimale Hauptdehnung in lokaler xy-Ebene
ae T, (NLP) ae E, (NLP) ae P	Winkel der Hauptdehnungsrichtung
(NLP) eeff	Effektive plastische Dehnung
(NLP) deeff	Effektives plastisches Dehnungsinkrement
(NLE) eeff	Effektive Dehnung $e_{eff} = \sqrt{\frac{1}{(1-2\nu)(1+\nu)}\left[(1-\nu)(e_{xx}^2+e_{yy}^2+e_{zz}^2)+2\nu(e_{xx}e_{yy}+e_{xx}e_{zz}+e_{yy}e_{zz})+\frac{1-2\nu}{2}e_{xy}^2\right]}$

Legende (NLE) – nicht linear elastisches Material
(NLP) – nicht linear plastisches Material

T – Total, E – Elastisch, P – Plastisch

6.1.20. Verformungen von Federelmenten

Verformungs-komponenten	*Verformungen in lokale Richtungen*
ex	$e_x = e_{xj} - e_{xi}$
ez	$e_y = e_{yj} - e_{yi}$
ez	$e_z = e_{zj} - e_{zi}$
	Rotationen um locale Achsen
fx	$f_x = f_{xj} - f_{xi}$
fy	$f_y = f_{yj} - f_{yi}$
fz	$f_z = f_{zj} - f_{zi}$



6.1.21. Stab/Fachwerkstabelement - Spannungen

Fachwerkstab

In den Fachwerkstäben werden nur Normalspannungen entstehen: $S_x = N_x/A_x$

Eine positive Normalspannung bedeutet eine Zugspannung im Fachwerkstabelement. In den Darstellungsarten *Grenzlinien* und *massgebende Ergebnisse* können Min/Maxwerte gleichzeitig dargestellt werden

Die Darstellungsmöglichkeiten der Stabspannungen in einem Fachwerkstab sind identisch mit der Darstellung der Stabkräfte (siehe dort).

Balken/Rippen

Die folgenden Druckwerte werden in jedem Druckpunkt jedes Querschnitt des Balken-/Trägerelements berechnet:

Normaler Druck von Spannung/Kompression und Biegung wird unabhängig vom Verspannungs-druck berechnet:

$$S_{x,i} = \frac{N_x}{A_x} + \frac{M_y I_z + M_z I_{yz}}{I_y I_z - I_{yz}^2} z_i - \frac{M_z I_y + M_y I_{yz}}{I_y I_z - I_{yz}^2} y_i$$

wobei y_i, z_i die Druckpunkt-Koordinaten sind. Ein positiver Druckpunkt bedeutet Spannung im Querschnitt.
Die resultierende Schubspannung wird aus Schub und Drehung (Saint-Venant) unabhängig von der Verwölbungsschubspannung berechnet.

Für dickwandige Querschnitte $V_i = \sqrt{V_{y,i}^2 + V_{z,i}^2}$,

wobei für die Schubspannungskomponenten gilt:

$$V_{y,i} = \frac{V_y}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_y}{\partial y}\right)_i + \frac{V_z}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial y}\right)_i + \frac{M_x}{I_x}\left[\left(\frac{\partial \omega}{\partial y}\right)_i - z_i\right]$$

$$V_{z,i} = \frac{V_y}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_y}{\partial z}\right)_i + \frac{V_z}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial z}\right)_i + \frac{M_x}{I_x}\left[\left(\frac{\partial \omega}{\partial z}\right)_i + y_i\right]$$

Φ_y und Φ_z sind die Schubspannungsfunktionen für Schub in y und z Richtung, ω ist die Einheitsverwölbung.

Für dünnwandige Querschnitte:

$$V_i = \left| \frac{V_y}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_y}{\partial s}\right)_i + \frac{V_z}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial s}\right)_i + \frac{M_x}{I_x}\left[\left(\frac{\partial \omega}{\partial s}\right)_i - m_i\right] \right| + \frac{M_x}{I_x} t_i$$

Wobei die letzten beiden Terme für den Schubdruck aus der Verwindung stehen, die vom Schubfluss in geschlossenen und offenen Unterabschnitten abgeleitet wird. m_i ist der Abstand des Schwerkraftmittelpunkts vom Segment, t_i ist die Wandstärke des Segments. ω, Φ_y und Φ_z sind Mittelachsenwerte.

Von Mises Druck wird definiert als $\boldsymbol{S_{o,i} = \sqrt{S_{xi}^2 + 3V_i^2}}$

☞ ***Wenn ein Querschnitt zwei oder mehrere getrennte Teile umfasst, werden V_i und $S_{o,i}$ nicht berechnet.***

Schubmittelspannungen: $V_{y,mean} = V_y / A_x$, $V_{z,mean} = V_z / A_x$, falls $A_y = A_z = 0$ dann $A_y = A_y = A_x$

Spannungen von Verbundquerschnitten

Die modulgewichteten[16, Kapitel 1.2] Spannungen werden für jeden Teil der Verbundquerschnitte berechnet. Die Referenzmoduln E_{ref} und G_{ref} gehören zum Material des äusseren Teils des Querschnitts.

Die Normalspannung aus Zug/Druck und Biegung wird ohne Berücksichtigung der Beulspannung berechnet.:

$$S_{x,i} = \frac{E_i}{E_{ref}}\left(\frac{N_x}{A_x} + \frac{M_y I_z + M_z I_{yz}}{I_y I_z - I_{yz}^2} z_i - \frac{M_z I_y + M_y I_{yz}}{I_y I_z - I_{yz}^2} y_i\right)$$

wobei y_i, z_i die Spannungspunktkoordinaten und, E_i der E-Modul des entsprechenden Teiles sind.

Die resultierende Schubspannung wird aus Schub und Torsion (Saint-Venant) ohne Berücksichtigung der Beulschubspannung berechnet.

Für Spannungspunkte von dickwandigen Teilen $V_i = \sqrt{V_{y,i}^2 + V_{z,i}^2}$,

wobei die Schubspannungskomponenten sind:

$$V_{y,i} = \frac{G_i}{G_{ref}}\left(\frac{V_y}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_y}{\partial y}\right)_i + \frac{V_z}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial y}\right)_i + \frac{M_x}{I_x}\left[\left(\frac{\partial \omega}{\partial y}\right)_i - z_i\right]\right)$$

$$V_{z,i} = \frac{G_i}{G_{ref}}\left(\frac{V_y}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_y}{\partial z}\right)_i + \frac{V_z}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial z}\right)_i + \frac{M_x}{I_x}\left[\left(\frac{\partial \omega}{\partial z}\right)_i + y_i\right]\right)$$

wobei Φ_y und Φ_z die Schubfunktionen der Querskraft in y- und z-Richtung sind, ω die Beulfunktion und G_i der Schubmodul des Teils ist, zu dem der Spannungspunkt gehört.

Für Spannungspunkte von dünnwandigen Teilen:

$$V_i = \frac{G_i}{G_{ref}}\left\{\left|\frac{V_y}{A_x}\left(\frac{\partial\Phi_y}{\partial s}\right)_i + \frac{V_z}{A_x}\left(\frac{\partial\Phi_z}{\partial s}\right)_i + \frac{M_x}{I_x}\left[\left(\frac{\partial\omega}{\partial s}\right)_i - m_i\right]\right| + \frac{M_x}{I_x}t_i\right\}$$

wobei die letzten beiden Terme die aus dem Schubfluss in geschlossenen und offenen Teilen abgeleitete Schubspannung aufgrund Verdrehung sind. m_i ist die Entfernung des Schwerpunktes vom Segment., t_i die Wanddicke. ω, Φ_y und Φ_z sind Mittellinienwerte.

Von Mises Spannung ist definiert als $S_{o,i} = \sqrt{S_{xi}^2 + 3V_i^2}$

Belastungspunkte auf der Grenze von zwei Querschnittskomponenten gehören immer zum dünnwandigen Querschnitt.

Für Verbundquerschnitte werden $V_{y,mean}$ und $V_{z,mean}$ nich berechnet.

☞ ***Das modulgewichtete Berechnungsverfahren basiert auf der Annahme, dass keine Schubverbindung zwischen den Teilen des Verbundquerschnitts besteht. Sie hat jedoch keinen Einfluss auf die Normalspannung, da der Schwerpunkt der Teile übereinstimmt. Aber die Schubspannung wäre anders, wenn es eine Schubverbindung gäbe.***

Weitere Spannungskomponenten für nichtlineares Material

NL elastisch / Verformungsenergie-basiertes Materialmodell

Effektive Spannung.

Nur die Normalspannung beeinflusst das materiell nichtlineare Verhalten von Fachwerk-, Träger- und Rippenelementen. Die Schubspannung hat keinen Einfluss (weitere Informationen **siehe...** *Literatur* [5])

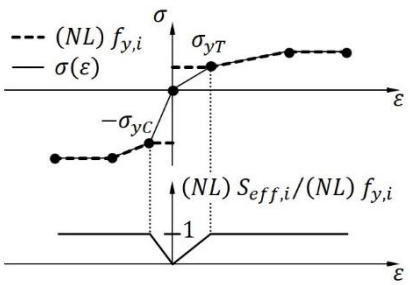
$$(NL)\ S_{eff,i} = |S_{x.i}|$$

Tatsächliche Fliessgrenze

Die tatsächliche Proportionalitätsgrenze wird durch das Vorzeichen und die Grösse der Normalspannung beeinflusst

$$(NL)\ f_{y,i} = \begin{cases} \sigma(\varepsilon_{eff,i}) & if \quad S_{x,i} > \sigma_{yT} \\ \sigma_{yT} & if \quad 0 \le S_{x,i} \le \sigma_{yT} \\ \sigma_{yC} & if \quad -\sigma_{yC} \le S_{x,i} \le 0 \\ |\sigma(-\varepsilon_{eff,i})| & if \quad S_{x,i} < -\sigma_{yC} \end{cases}$$

wobei σ_{yT} und σ_{yC} die am nächsten liegenden Punkte auf dem Spannungs-Dehnungs-Diagramm des Materials (**siehe**... *3.1.15 Materialdatenbank)* auf der positiven und negativen Seite darstellen und $\varepsilon_{eff,i}$ die effektive Dehnung ist [(NLE) *eeff*, **siehe...** *6.1.17 Spannungspunkt-Dehnungen von Fachwerk-, Träger- und Rippenelementen]*



Ausnützung:

$$(NL)\ Ausnutzung_i = \frac{(NL)\ S_{eff,i}}{(NL)\ f_{y,i}}$$

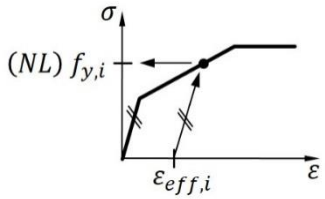
Plastisch / von Mises Materialmodell

Effektive Spannung.
Nur die Normalspannung beeinflusst das materiell nichtlineare Verhalten von Fachwerk-, Träger- und Rippenelementen. Die Schubspannung hat keinen Einfluss [5]

$$(NL)\ S_{eff,i} = |S_{r,x.i}|$$

wobei $S_{r,x,i} = S_{x,i} - B_{x,i}$ die relative Spannung bezüglich dem Zentrum der Fliessfläche ist. **Siehe...** *3.1.15 Materialdatenbank*

Tatsächliche Fliessgrenze
Die tatsächliche Fliessgrenze wird durch den Verfestigungseffekt beeinflusst. Sie wird auf der Grundlage des Spannungs-Dehnungs-Diagramms des Materials berechnet (**siehe...** *3.1.15 Materialdatenbank*)



wobei $\varepsilon_{eff,i}$ die effektive plastische Dehnung ist ((NLP) *eeff*, **siehe...** *6.1.19 Spannungspunkt-Dehnungen von Flächenelementen)*

Ausnützung:

$$(NL)\ Ausnutzung_i = \frac{(NL)\ S_{eff,i}}{(NL)\ f_{y,i}}$$

Plastisches / Bresler-Pister Materialmodell

Effektive Spannung.
Nur die Normalspannung beeinflusst das materiell nichtlineare Verhalten von Fachwerk-, Träger- und Rippenelementen. Die Schubspannung hat keinen Einfluss [5]

$$(NL)\ S_{eff,i} = |S_{x.i}|$$

Tatsächliche Fliessgrenze
Die tatsächliche Fliessgrenze wird durch das Vorzeichen der Normalspannung beeinflusst:

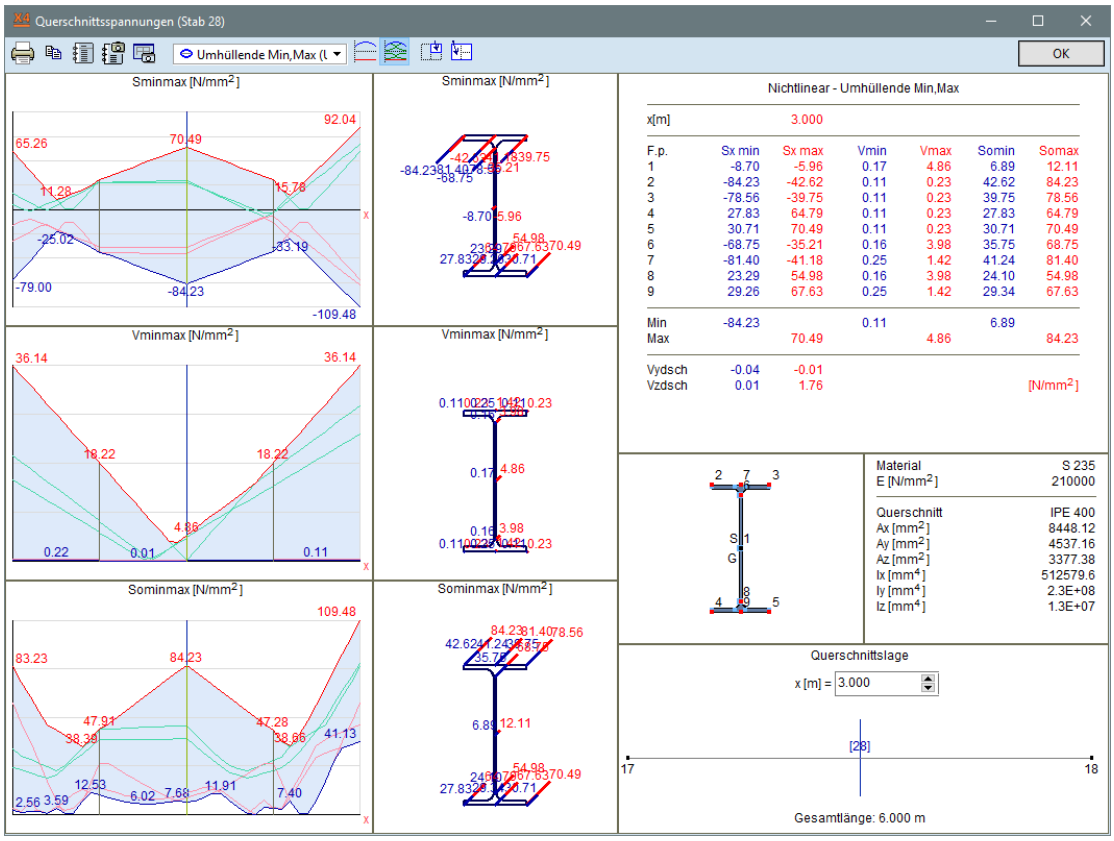
$$(NL)\ f_{y,i} = \begin{cases} \sigma_{yT} & if \quad S_{x,i} \geq 0 \\ \sigma_{yC} & if \quad S_{x,i} < 0 \end{cases}$$

wobei σ_{yT} und σ_{yC} die Zug- und Druckfliessspannung darstellen (**siehe**... *3.1.15 Materialdatenbank*)

Ausnützung:

$$(NL)\ Ausnutzung_i = \frac{(NL)\ S_{eff,i}}{(NL)\ f_{y,i}}$$

Balkendrucke *Sminmax, Vminmax, Sominmax* sind minimale /maximale Werte innerhalb des Querschnitts und äussern sich wie Schnittkräfte.
Sie können ein Balken-/Trägerelement anklicken, um Druckdiagramme anzuzeigen. Auf der linken Seite werden die Min/Maxwerte entlang der Linie angezeigt. Durch das Ziehen der blauen Linie mit der Maus kann die Berechnungsposition geändert werden.
Die Diagramme in der Mitte und die Tabellen auf der rechten Seite zeigen die Druckverteilung innerhalb des Abschnitts des Berechnungspunktes.
Wählen Sie mehrere Elemente, bevor Sie sie anklicken, um sie in einem Diagramm darzustellen. Durchlaufende Balken/Träger können in einem Diagramm dargestellt werden, wenn die in Abschnitt *6.1.9 Stab/Fachwerkstab - Schnittkräfte* beschriebenen Bedingungen erfüllt sind.



Im Fenster kann man die Ergebnisse alle Lastfälle und Lastkombinationen abrufen. Bei den Diagrammen der Umhüllende ist die Darstellung der Funktion der Unhüllkurve ein/ausschaltbar.
Mit dem Verschieben der blauen Linie des Diagramms oder durch das Editorfeld ist es möglich die Abfrageposition zu ändern.

Diagramme in der Zeichnungs-bibliothek speichern

Assoziative Diagramme können in der Zeichnungsbibliothek gespeichert werden. Zeichnungen aus dieser Bibliothek können in Berichte eingefügt werden. Nach Änderungen und Neuberechnungen werden Modelldiagramme in der Bibliothek und in Berichten ebenfalls entsprechend verändert.

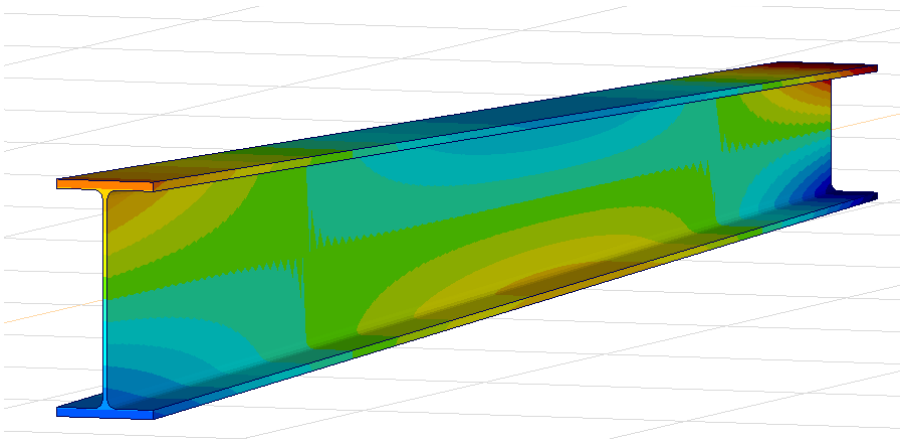
Ergebnistabellen

Wenn ein Lastfall oder eine Lastkombination ausgewählt wird, werden in der Tabelle alle Ergebniswerte des Elementes erscheinen. **Siehe...** *6.1.5 Ergebnistabellen*

☞ ***Bei der Darstellung der Grenzlinien oder der massgebenden Lastkombinationen werden nur die Min/Max Werte der vorher ausgewählten Komponenten angezeigt. Wenn der gefundene Extremwert nur in einem Querschnitt zu finden ist, werden auch die anderen Komponenten in die Tabelle aufgenommen. Wenn er mehrmals aufzufinden ist, erscheinen statt der Komponente nur * -Symbole, und in der Spalte Abstand wird die Position des ersten Auftretens angezeigt.***

Darstellung der Resultate im festen Modell

Die Verteilungen der Normalspannungen im Querschnitt können im Darstellungsmodus *Volumenmodell* dargestellt werden.



6.1.22. Flächenelemente - Spannungen

Spannungen

Das Programm berechnet folgende Spannungskomponenten in der oberen, mittigen und der unteren Randfaser aller Knotenpunkte:

Spannungskomponente	*Scheibe*	*Platte*	*Schale*
s_{xx}	$s_{xx} = \frac{n_x}{t}$	$s_{xx} = \pm\frac{6}{t^2} m_x$	$s_{xx} = \frac{n_x}{t} \pm \frac{6}{t^2} m_x$
s_{yy}	$s_{yy} = \frac{n_y}{t}$	$s_{yy} = \pm\frac{6}{t^2} m_y$	$s_{yy} = \frac{n_x}{t} \pm \frac{6}{t^2} m_y$
s_{xy}	$s_{xy} = \frac{n_{xy}}{t}$	$s_{xy} = \pm\frac{6}{t^2} m_{xy}$	$s_{xy} = \frac{n_{xy}}{t} \pm \frac{6}{t^2} m_{xy}$
s_{xz}		$s_{xz} = \frac{3v_{xz}}{2t}$	$s_{xz} = \frac{3v_{xz}}{2t}$
s_{yz}		$s_{yz} = \frac{3v_{yz}}{2t}$	$s_{yz} = \frac{3v_{yz}}{2t}$
s_1	$s_1 = \frac{s_x + s_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{s_x - s_y}{2}\right)^2 + s_{xy}^2}$		
s_2	$s_2 = \frac{s_x + s_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{s_x - s_y}{2}\right)^2 + s_{xy}^2}$		
α_s	$\mathrm{tg}(2\alpha_s) = \frac{2s_{xy}}{s_x - s_y}$		

☞ ***Bei einem Scheibenelement in dem ein ebener Verzerrungszustand herrscht, ist $s_{zz} \neq 0$. Das Programm berechnet s_{zz} wie folgt: $s_{zz} = v \cdot (s_{xx} + s_{yy})$***

Vergleichsspannung

Die Von-Mises Vergleichspannung wird bei Flächenelementen nach der folgenden Formel berechnet:

$$s_0 = \sqrt{0.5\left[(s_{xx} - s_{yy})^2 + (s_{yy} - s_{zz})^2 + (s_{zz} - s_{xx})^2\right] + 3(s_{xy}^2 + s_{yz}^2 + s_{zx}^2)}$$

Weitere Spannungskomponenten für nichtlineares Material

NL elastisch / Verformungsenergie-basiertes Materialmodell

Effektive Spannung

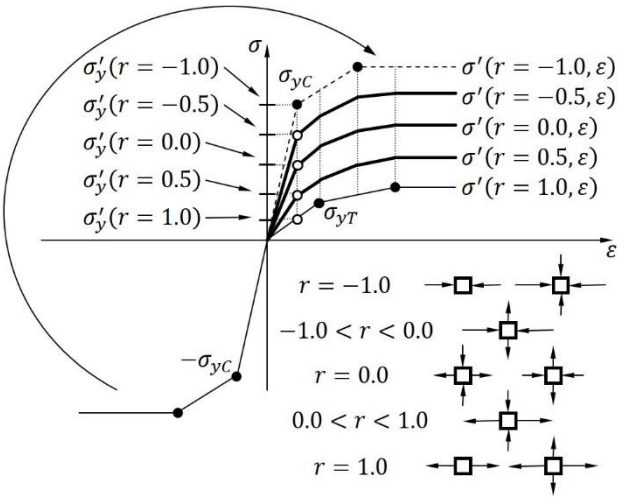
$$(NL)\ s_{eff} = \sqrt{s_{xx}^2 + s_{yy}^2 + s_{zz}^2 - 2v(s_{xx}s_{yy} + s_{xx}s_{zz} + s_{yy}s_{zz}) + 2(1+v)s_{xy}^2}$$

☞ ***Lediglich die Normalspannungen s_{xx}, s_{yy}, s_{zz} und die Schubspannung s_{xy} beeinflussen das nicht-lineare Materialverhalten von Flächenelementen. Die Schubspannungen s_{xz} und s_{yz} haben keinen Einfluss (weitere informationen siehe...*** *Literatur [5]*).

Tatsächtliche Fliessgrenze
Die Grenze der Proportionalität wird durch den tatsächlichen multiaxialen Spannungszustand beeinflusst:

$$(NL)\, f_y = \begin{cases} \sigma_y'(r) & \text{if } 0 \le s_{eff} \le \sigma_y'(r) \\ \sigma'(r, \varepsilon_{eff}) & \text{if } s_{eff} > \sigma_y'(r) \end{cases}$$

wobei $\sigma'(r, \varepsilon)$ das interpolierte Spannungs-Dehnungs-Diagramm bezüglich des tatsächlichen multiaxialen Spannungszustandes darstellt, $\sigma_y'(r)$ dessen nächster Punkt zum Ursprung und ε_{eff} die effektive Dehnung [(NLE) *eeff*, **siehe...** *6.1.19 Spannungspunkt-Dehnungen von Flächenelementen*).



wobei r das Verhältnis der Zug- und Druckkomponenten des multiaxialen Spannungszustandes ist:

$$r = \begin{cases} -1 & if \quad \dfrac{I_1}{\sigma_{VM}} < -1 \\ \dfrac{I_1}{\sigma_{VM}} & if \quad -1 \le \dfrac{I_1}{\sigma_{VM}} \le 1 \\ 1 & if \quad \dfrac{I_1}{\sigma_{VM}} > 1 \end{cases}$$

wobei I_1 die erste Invariante des Spannungstensors und σ_{VM} die äquivalente von Mises Spannung ist:

$$I_1 = s_{xx} + s_{yy} + s_{zz}$$

$$\sigma_{VM} = \sqrt{0.5\left[\left(s_{xx} - s_{yy}\right)^2 + \left(s_{yy} - s_{zz}\right)^2 + (s_{zz} - s_{xx})^2\right] + 3s_{xy}^2}$$

Ausnützung:

$$(NL)\, Ausnutzung = \frac{(NL)\, s_{eff}}{(NL)\, f_y}$$

Plastisches / von Mises Materialmodell

Effektive Spannung wirde gemäss der Fliessbedingung berechnet:

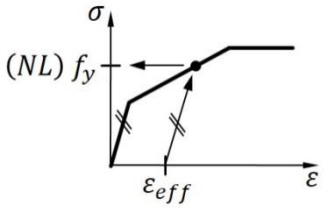
$$(NL)\, s_{eff} = \sqrt{0.5\left[\left(s_{r,xx} - s_{r,yy}\right)^2 + \left(s_{r,yy} - s_{r,zz}\right)^2 + \left(s_{r,zz} - s_{r,xx}\right)^2\right] + 3s_{r,xy}^2}$$

wobei $s_{r,xx} = s_{xx} - b_{xx}$, $s_{r,yy} = s_{yy} - b_{yy}$, $s_{r,zz} = s_{zz} - b_{zz}$ und $s_{r,xy} = s_{xy} - b_{xy}$ die relativen Spannungen gemäss dem Zentrumm der Fliessfläche sind. **Siehe...** *3.1.15 Materialdatenbank*

☞ ***Nur die Normalspannungen s_{xx}, s_{yy}, s_{zz} und die Schubspannung s_{xy} beeinflussen das materiell nichtlineare Verhalten von Flächenelementen. Die Schubspannungen s_{xz} und s_{yz} haben keinen Einfluss [5].***

Tatsächliche Fliessgrenze

Die Fliessgrenze wird durch die Materialverfestigung beeinflusst. Sie wird gemäss dem Spannungs-Dehnungs-Diagramm des Materials berechnet (**siehe...** *3.1.15 Materialdatenbank)*



wobei ε_{eff} die effektive plastische Dehnung ist *(NLP) eeff*, **siehe...** *6.1.19 Spannungspunkt-Dehnungen von Flächenelementen*).

Ausnützung:

$$(NL)\ Ausnutzung = \frac{(NL)\ s_{eff}}{(NL)\ f_y}$$

Plastisches / Bresler-Pister Materialmodell

Die *effektive Spannung* ist als Distanz zwischen dem Punkt $[s_1, s_2, s_3]$ und dem Zentrum der Fliessfläche im Hauptspannungsraum definiert:

$$(NL)\ s_{eff} = \sqrt{s_1^2 + s_2^2 + s_3^2}$$

wobei $[s_1, s_2, s_3]$ die Hauptspannungsrepräsentation des Spannungszustandes$[\boldsymbol{s_{xx}, s_{yy}, s_{zz}, s_{xy}}]$ ist. **Siehe...** *3.1.15 Materialdatenbank*

☞ ***Nur die Normalspannungen s_{xx}, s_{yy}, s_{zz} und Schubspannungen s_{xy} beeinflussen das wesentlich nichtlineare Verhalten von Flächenelementen. Die Schubspannungen s_{xz} und s_{yz} haben keinen Einfluss. [5]***

Effektive Fliessfestigkeit

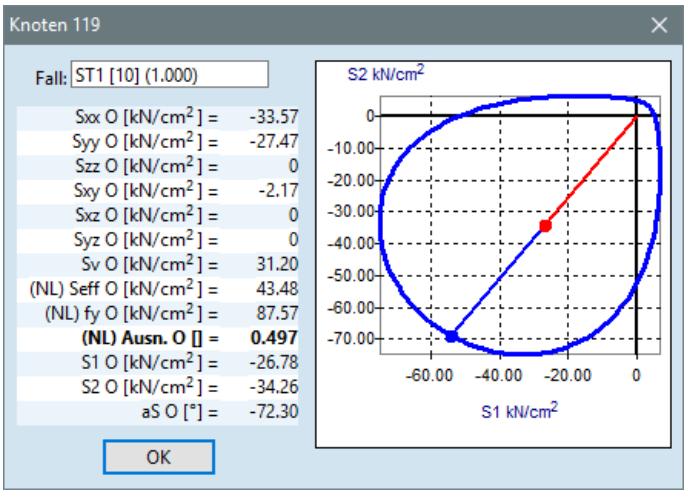
Die Fliessgrenze wird durch den Spannungszustand:

$$(NL)\ f_y = \sigma(s_1, s_2, s_3)$$

wobei $\sigma(s_1, s_2, s_3)$ der Punkt auf der Fliessfläche ist, welcher durch den effektiven Spannungszustand bestimmt worden ist (siehe Bild unten und **siehe...** *3.1.15 Materialdatenbank).*

Ausnützung:

$$(NL)\ Ausnutzung = \frac{(NL)\ s_{eff}}{(NL)\ f_y}$$



Spannungszustand für nichtlineare Materialien

Es ist eine Ergebniskomponente, um die gezogenen, zusammengedrückten und gescherten Bereiche der Struktur zu identifizieren. Der Zahlenwert basiert auf dem Wert des so genannten *Spannungs-Triaxialitätsfaktors*, d.h. dem Verhältnis der hydroktatischen und der abweichenden Spannungskomponente.

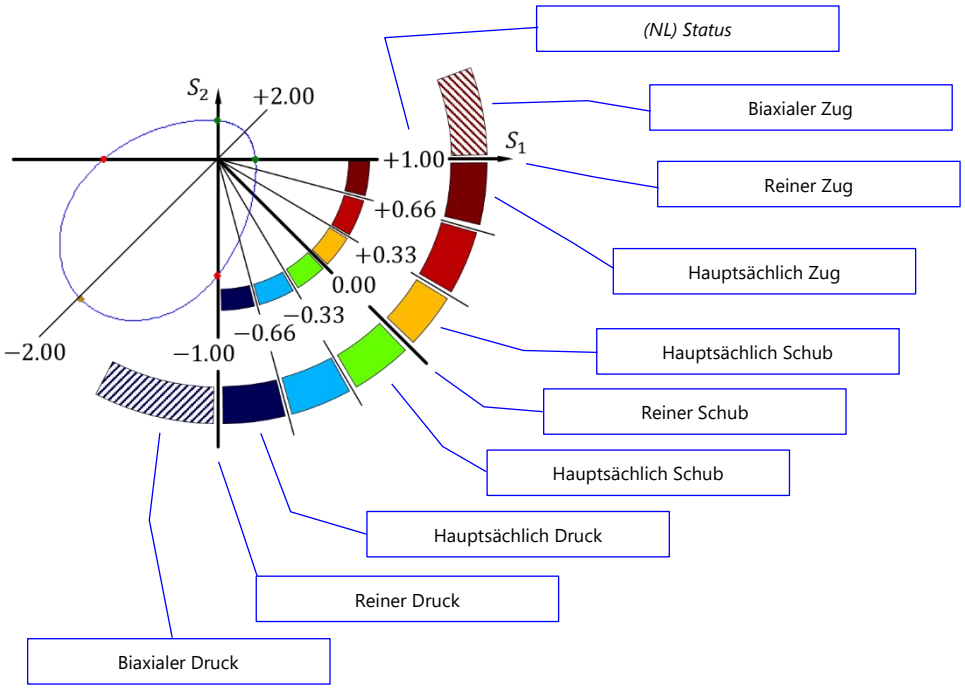
$$(NL)\ State = 3\frac{\sigma_m}{\sigma_{VM}}$$

wobei σ_m die hydrostatische oder Hauptspannung ist und σ_{VM} die von Mises-Differenzspannungskennlinie für die deviatorischen oder Schubspannungen:

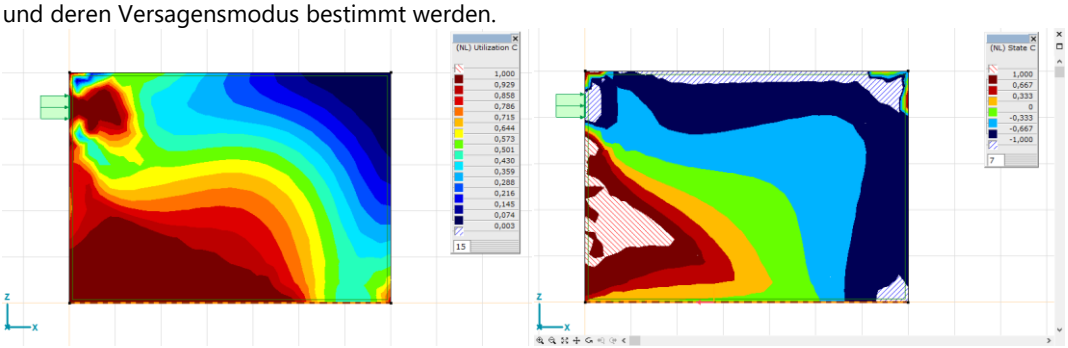
$$\sigma_m = \frac{s_{xx} + s_{yy} + s_{zz}}{3}$$

$$\sigma_{VM} = \sqrt{0.5\left[(s_{xx} - s_{yy})^2 + (s_{yy} - s_{zz})^2 + (s_{zz} - s_{xx})^2\right] + 3s_{xy}^2}$$

Das folgende Bild veranschaulicht den Spannungszustand auf der Ebene der Hauptspannungen S1-S2 mit den zugehörigen Werten des Zustands (NL).



Durch die Verwendung von (NL) Auslastung zusammen mit (NL) Status können die kritischen Bereiche und deren Versagensmodus bestimmt werden.



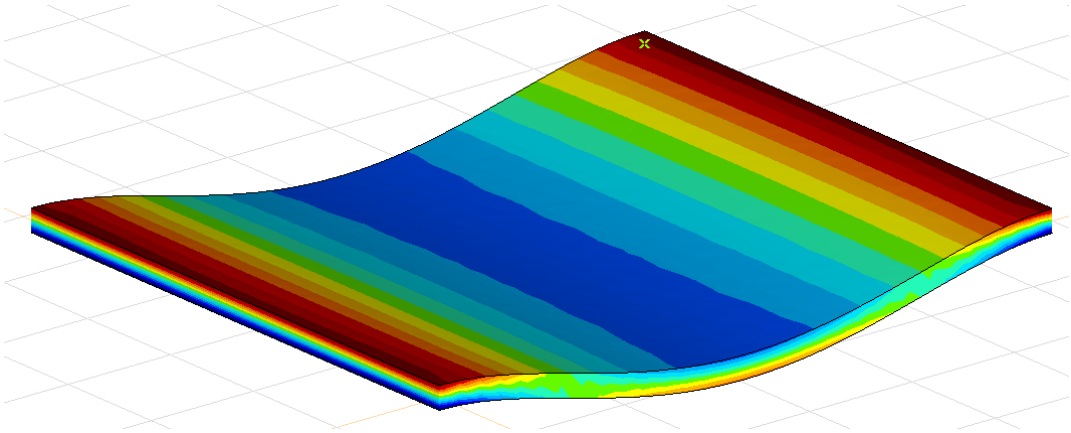
Die Spannungen können in Diagramm-, und Schnittform, mit Isolinien oder Isoflächen dargestellt werden.

Ergebnistabellen

Siehe ... *6.1.5 Ergebnistabellen*

Darstellen der Resultate am Volumenmodell

Im *Volumenmodell* können die oberen und unteren Werte der Spannungen gleichzeitig dargestellt werden.



6.1.23. Nichtlineare Resultate von Federelementen

Resultatkomponenten	
e,x T	Verformung in lokaler x-Richtung
(NLP) e,x E	Elastische Verformung in lokaler x-Richtung
(NLP) e,x P	Plastische Verformung in lokaler x-Richtung
(NLP) eeff,x P	Effektive plastische Verformung in lokaler x-Richtung
(NLP) deeff,x P	Effektives plastisches Verformungsinkrement in lokaler x-Richtung (statisch)
R,x	Effektive plastische Verformungsrate in lokaler x Richtung (dynamisch)
(NL) Fy,x	Federkraft in lokaler x-Richtung
(NL) Ausn.,x	Tatsächliche Grenzkraft in lokaler x-Richtung
...,y	Ausnutzung in lokaler x-Richtung
...,z	..... in lokaler y-Richtung
e,xx T	..... in lokaler z-Richtung
(NLP) e,xx E	Rotationsverformung um die lokale x-Achse
(NLP) e,xx P	Elastische Rotationsverformung um die lokale x-Achse
(NLP) eeff,xx P	Plastische Rotationsverformung um die lokale x-Achse
(NLP) deeff,xx P	Effektive plastische Rotationsverformung um die lokale x-Achse Effektiver plastischer Rotationsverformungsschritt um die lokale x-Achse (statisch)
R,xx	Moment um die x-Achse
(NL) My,xx	Grenzmoment um die lokale x-Achse
(NL) Ausn.,xx	Ausnutzung um die x-Achse
...,yy	Tatsächliches Grenzmoment um die lokale x-Achse
...,zz	Rotationsausnutzung um die lokale x-Achse

NL elastisches Verhalten

Tatsächliche Grenzkraft, tatsächliches Grenzmoment

Es ist die tatsächliche Grenzfestigkeit, die durch das Vorzeichen der Last beeinflusst wird:

$$(NL)\ F_{y,x} = \begin{cases} F_{yT} & ha \quad R_x \geq 0 \\ F_{yC} & ha \quad R_x < 0 \end{cases}$$

wobei F_{yT} und F_{yC} die Grenzkräfte sind, welche durch den Nutzer für Zug und Druck definiert werden (***siehe...*** *3.1.17 Feder-Bibliothek*)

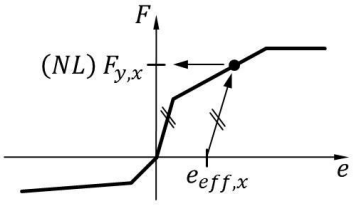
Ausnutzung:

$$(NL)\ Ausnutzung_x = \left| \frac{R_x}{(NL)\ F_{y,x}} \right|$$

Plastisches Verhalten

Tatsächliche Grenzkraft, tatsächliches Grenzmoment

Es ist die tatsächliche Grenzfestigkeit, die durch den Verfestigungseffekt beeinflusst wird. Sie wird auf der Grundlage des Kraft-Verformungs-Diagramms des Materials berechnet. (***Siehe...*** *3.1.17 Feder-Bibliothek*):



wobei $e_{eff,x}$ die effektive plastische Verfomung ist ((NLP) *eeff,x P)*.

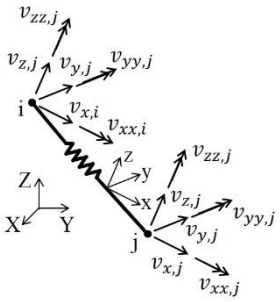
Ausnutzung:

$$(NL)\ Ausnutzung_x = \left| \frac{R_x}{(NL)\ F_{y,x}} \right|$$

6.1.24. Federelement dynamische Resultate

Translatorische Komponenten	*Beschreibung*
(D) v,x	*Federverformungsrate in lokaler x-Richtung* $v_x = v_{x,j} - v_{x,i}$
R,x	*Federkraft in lokaler x-Richtung*
(D) R,x D	*Dämpferkraft in lokaler x-Richtung*
(D) R,x S	*Gesamte Feder-Dämpferkraft in lokaler x-Richtung* $\mathrm{(D)\ R,x\ S = R,x + (D)\ R,x\ D}$
...,y	*... in lokaler y-Richtung*
...,z	*... in lokaler z-Richtung*

Rotatorische Komponenten	*Beschreibung*
(D) v,xx	*Federververdrehungsrate um lokale x-Achse* $v_{xx} = v_{xx,j} - v_{xx,i}$
R,xx	*Federmoment um lokale x-Achse*
(D) R,xx D	*Dämpfermoment um lokale x-Achse*
(D) R,xx S	*Gesamtes Feder-Dämpfermoment in lokaler x-Richtung* $\mathrm{(D)\ R,xx\ S = R,xx + (D)\ R,xx\ D}$
...,yy	*... um lokale x-Achse*
...,zz	*... um lokale z-Achse*



6.1.25. Einflusslinien

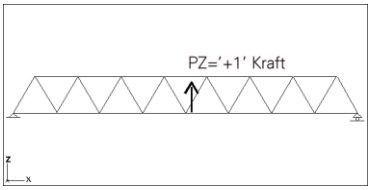
Die Einflusslinien der Einheitskräfte PX, PY, PZ können in grafischer und numerischer Form dargestellt werden. Die Einheitskräfte wirken in den positiven Richtungen des globalen Koordinatensystems.
Ein Wert der Einflusslinie ergibt die Beanspruchung aus der Stelle des Wertes wirkender +1 Einheitskraft.

Fachwerkstab

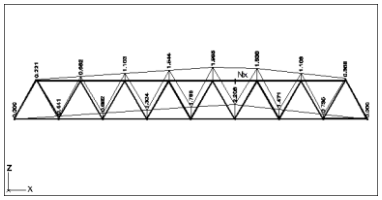
Wenn Sie einen Knoten anklicken, wird der grösste Absolutwert innerhalb des Fachwerkstabelementes angezeigt.

Die Einflusslinien eines Fachwerkes können wie folgt dargestellt werden:

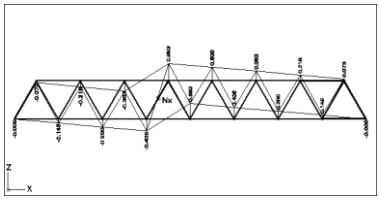
Einheitskraft 1 in Z Richtung



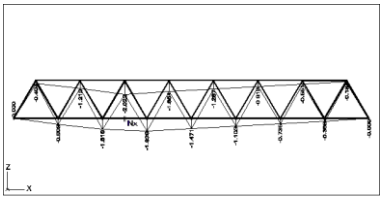
Einflusslinie eines Obergurtstabes



Einflusslinie eines Füllstabes



Einflusslinie eines Untergurtstabes

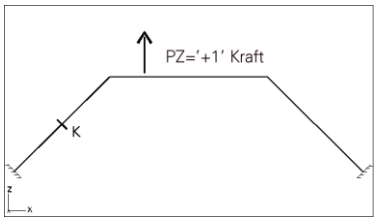


Stabelement

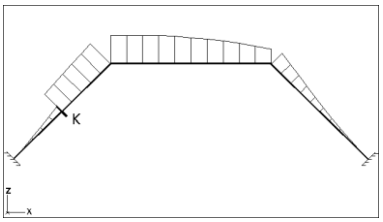
Wenn Sie einen Stab anklicken, wird der grösste Absolutwert innerhalb des Stabelementes angezeigt.

Die Einflusslinien eines Stabwerkes können wie folgt dargestellt werden:

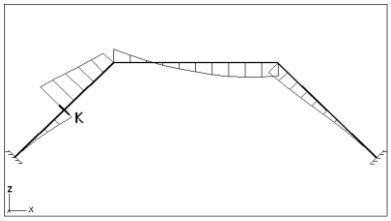
Einheitskraft 1 in Z Richtung



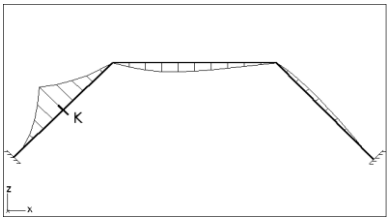
*Einflusslinie N**x***



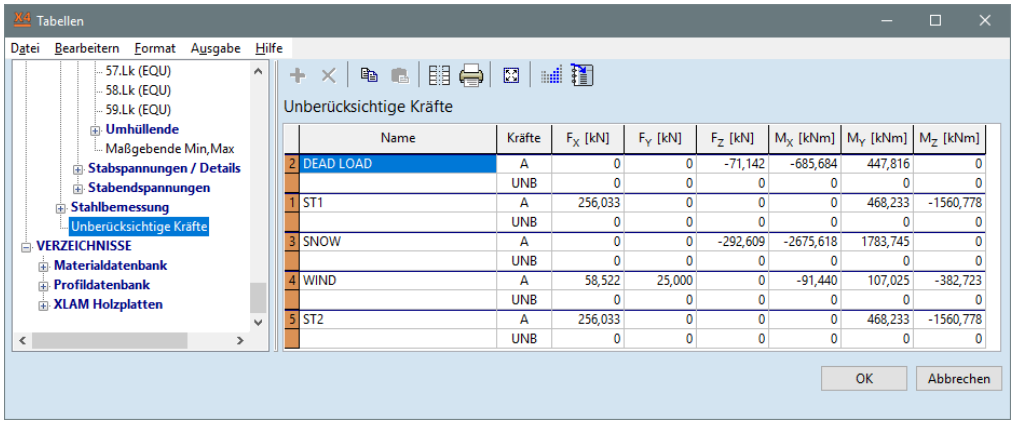
*Einflusslinie V**z***



*Einflusslinie M**y***



6.1.26. Unberücksichtigte Kräfte

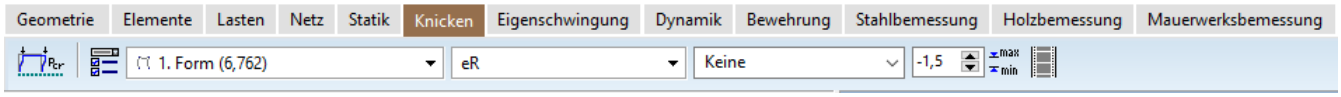


	Name	Kräfte	F_X [kN]	F_Y [kN]	F_Z [kN]	M_X [kNm]	M_Y [kNm]	M_Z [kNm]
2	DEAD LOAD	A	0	0	-71,142	-685,684	447,816	0
		UNB	0	0	0	0	0	0
1	ST1	A	256,033	0	0	0	468,233	-1560,778
		UNB	0	0	0	0	0	0
3	SNOW	A	0	0	-292,609	-2675,618	1783,745	0
		UNB	0	0	0	0	0	0
4	WIND	A	58,522	25,000	0	-91,440	107,025	-382,723
		UNB	0	0	0	0	0	0
5	ST2	A	256,033	0	0	0	468,233	-1560,778
		UNB	0	0	0	0	0	0

Das Programm wird für jeden Lastfall die Summe der äusseren Kräfte in globalen X, Y, Z, XX, YY, ZZ Richtungen bilden. Diese Werte sind in der Zeile K dargestellt. In den Tabellenzeilen UNB sind die unberücksichtigten Knotenlasten in den o. g. Richtungen angezeigt. Wenn hier der Wert nicht gleich Null ist, dann belastet mindestens ein Teil der äusseren Kräfte (Lasten) nicht die Auflager.
Das kann dann vorkommen, wenn ein Knotenfreiheitsgrad in der Lastrichtung gesperrt wurde und so die Last nicht auf die Auflager weitergeleitet werden kann.

☞ ***Es ist sinnvoll das Gleichgewicht nach der Berechnung zu kontrollieren.***

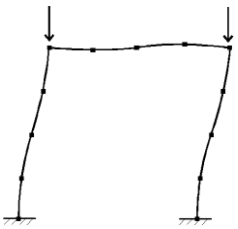
6.2. Knicken



Ergebnisse der Biegeknickanalyse können in numerischer oder grafischer Form dargestellt werden.

Im Informationsfenster werden folgende Werte angezeigt:

n_{kr} : Kritischer Lastfaktor
Fehler: relativer Fehler der Lösung des Gleichungssystems
Iteration: Anzahl der Iterationen um das Gleichungssystem zu lösen

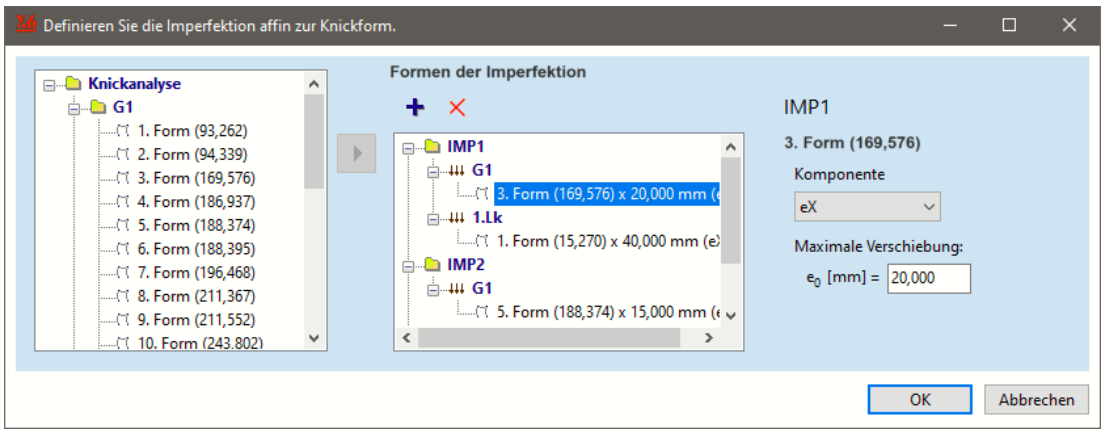


☞ ***AxisVM kann nur einen Lastfall oder Lastkombination analysieren, aber es werden alle Ergebnisse gespeichert.***

6.2.1. Berücksichtigung von lokalen Imperfektionen proportional zur Knickform – IMP-Modul



Das Modul ermöglicht es, Imperfektionen zu berücksichtigen, indem verschiedene Knickformen skaliert und superponiert werden. Effekte zweiter Ordnung können mit einer geometrisch nichtlinearen Berechnung basierend auf den Imperfektionen berücksichtigt werden.



Auf der linken Seite werden die Knickformen aufgelistet, welche in der Stabilitätsberechnung ermittelt wurden. In der Mitte werden Imperfektionen aufgelistet, wie sie aus den Knickformen hergeleitet wurden. Die Parameter jeder Knickform können auf der rechten Seite eingestellt werden.



Erzeugt eine neue Imperfektion



Löscht eine Imperfektion oder ihre Bestandteile. Wenn mehrere Elemente ausgewählt werden, werden alle gelöscht. Wird ein Lastfall gelöscht, werden auch alle assoziierten Knickformen gelöscht. Wird eine Imperfektion gelöscht, werden auch alle assoziierten Lastfälle und Knickformen gelöscht.



Benutzen Sie die Schaltfläche *Hinzufügen,* um die Knickformen, welche auf der linken Seite ausgewählt wurden, zu den Imperfektionen in der Mitte hinzuzufügen. Es können mehrere Knickformen ausgewählt werden. Wenn ein Knick-Lastfall ausgewählt wurde, werden die assoziierten Knickformen kopiert. In der Mitte können mehrere Imperfektionen oder ihre Bestandteile ausgewählt werden. Kopierte Knickformen werden zu jeder Imperfektion hinzugefügt, welche durch die Knickform beeinflusst wird. Weiter werden kopierte Knickformen automatisch in Ordner der einzelnen Lastfälle organisiert, wobei es nicht möglich ist, die Zuordnung zu den Ordnern zu verändern. Knickformen, welche bei der ausgewählten Imperfektion bereits vorhanden sind, werden nicht kopiert.

☞ ***Knickformen können auch kopiert werden, indem sie per Drag und Drop zu den Impefektionen gezogen werden. Die Formen werden nur zu jener Imperfektion hinzugefügt, zu welcher sie gezogen wurden.***

Komponent, maximale Verschiebung

Um Imperfektionen erzeugen zu können, muss eine Verschiebung oder eine Verdrehung ausgewählt werden. Skalierung und Superposition geschehen folgendermassen: Für jede Knickform muss eine Skalierungsverschiebung oder -verdrehung definiert werden. Die Knickform wird anschliessend skaliert, so dass die grösste Auslenkung in der Richtung der Skalierungsverschiebung dem Betrag derselben entspricht. Das Vorzeichen der Skalierungsverschiebung kann benutzt werden, um zu kontrollieren, ob die grösste Auslenkung der Knickform in dieselbe Richtung wie die Skalierungsverschiebung erfolgt.

$$IMP = \sum_{(i)} c_i \cdot \eta_{cr,i}$$

wobei IMP die zusammengestellte Imperfektion dargestellt, $\eta_{cr,i}$ *die* i^{th} *Knickfform und* c_i *der Skalierungsfaktor der* i^{th} *Knickform ist:*

$$c_i = \frac{e_{0,i}}{|\eta_{cr,i}|_{max}}$$

wobei $e_{0,i}$ *die Skalierungsverschiebung oder -verdrehung und,* $|\eta_{cr,i}|_{max}$ *der Betrag der grössten Verschiebung in die Richtung des gewählten Komponenten der* i^{th} *Knickform ist.*

☞ ***Die eingegebenen Skalierungsverschiebungen und -verdrehungen werden auf alle ausgewählten Knickformen angewandt.***

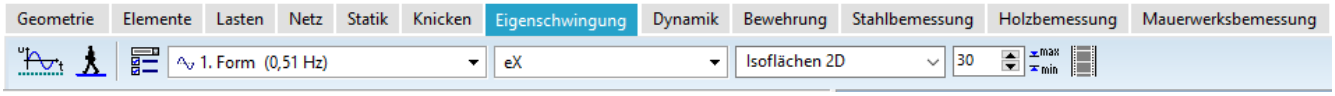
Die erzeugten Imperfektionen werden der Ausklappliste des Knicktabs hinzugefügt, sodass sie auch im Hauptfenster angezeigt werde können.

Werden Imperfektionen erzeugt oder gelöscht, werden die zugehörigen Lastfälle automatisch erzeugt oder gelöscht. Letztere können auch über den Lastfall bearbeitet werden (**siehe...** *4.10.27 Lokale Imperfektionen proportional zur Knickform*).

Wenn eine Knickform aufgrund von Veränderungen des Modells gelöscht wird, werden Imperfektionen, welche diese Knickform verwenden, nicht gelöscht sondern lediglich inaktiviert. Wenn die Knickanalyse durchgeführt wird, werden diese Imperfektionen mit neuen Knickformen upgedatet.

☞ ***Die upgedateten Imperfektionen müssen überprüft werden, da sich die Ordnung der Knickformen möglicherweise verändert hat, Knickformen verschwunden sind oder neue Knickformen entstanden sind.***

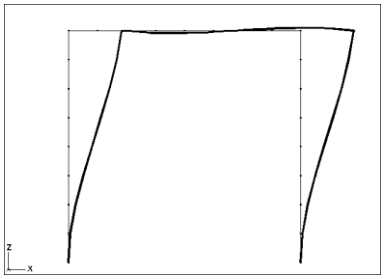
6.3. Schwingungen



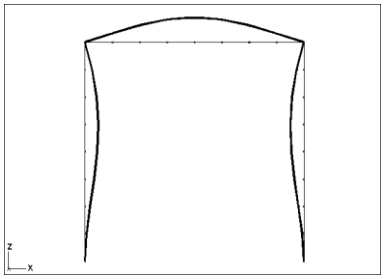
Die Ergebnisse der Schwingungsanalyse können ausgewertet werden. Die vorher berechneten Eigenformen können grafisch oder numerisch dargestellt werden. Die Eigenformen wurden bezüglich der Masse normalisiert.

Die Eigenformen können wie folgt dargestellt werden:

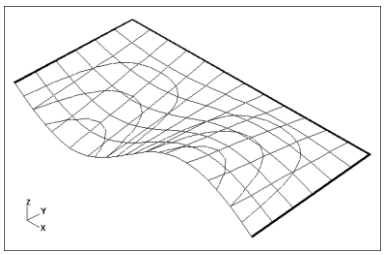
Rahmen, erste Eigenform



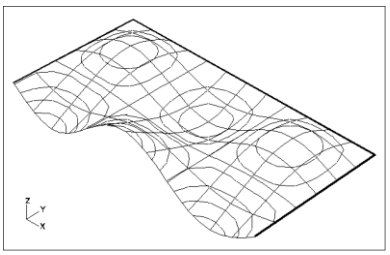
Rahmen, zweite Eigenform



Platte, zweite Eigenform



Platte, sechste Eigenform



Im Informationsfenster erscheinen folgende Werte:

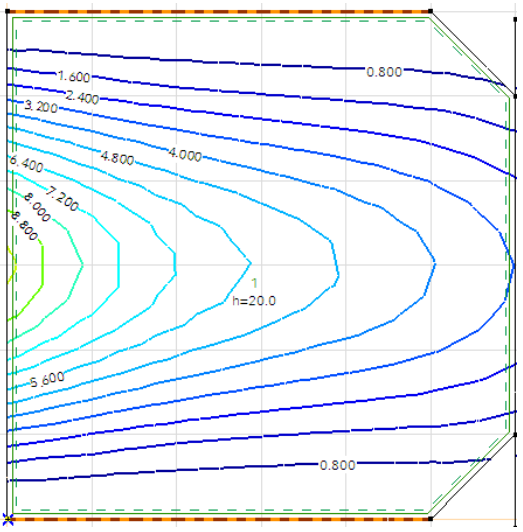
f:	Frequenz [Hz]
ω:	Kreisfrequenz [1/s]
T:	Periodendauer [s]
E.w.:	Eigenwert
Fehler:	Relativ
Iterationen:	Anzahl der Iterationen bei der Lösung des Gleichungssystems.

☞ ***AxisVM kann nur einen Lastfall oder Lastkombination analysieren, aber es werden alle Ergebnisse gespeichert.***

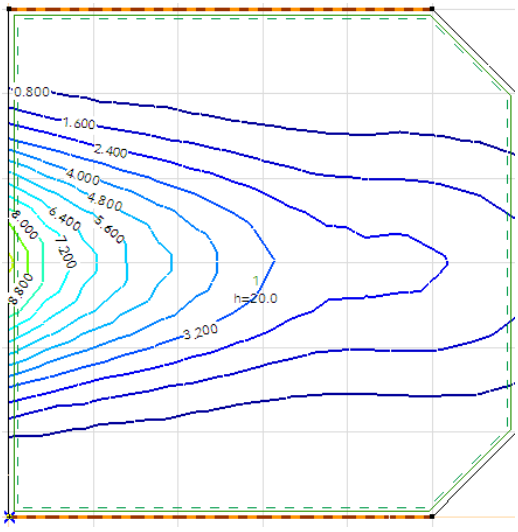
Schwingungsfaktor anzeigen

Wählen Sie *Schwingungsfaktor* am Ende der Liste der Schwingungsmodi. Schwingungsfaktoren, die mit unterschiedlichen Anregungsmethoden (*R voll, R extr. R selbst*) bestimmt werden, können aus der Liste der Resultatkomponenten ausgewählt werden.

Volle Anregung einer Decke (R voll)



Selbstanregung einer Decke (R selbst)



Angezeigte Werte im Infofenster:

Bemessungsmethode:	*CCIP-016* oder *SCI P354*
ξ:	Dämpfung [%]
N, L:	Anzahl Schritte [-] (*CCIP-016*), Länge des Gehweges [m] (*SCI P354*)
m:	Masse des Gehenden [kg]
$f_{p,min}$, $f_{p,max}$	Minimum und Maximum der Schrittfrequenz auf Platten (*CCIP-016*, *SCI P354*), on stairs (*SCI P354*) [Hz]

Ergebnistabellen

Siehe... *6.1.5 Ergebnistabellen*

Aktivierte Masse

Das Programm berechnet die aktivierte Masse (es wird in der Literatur auch der Begriff 'modale Masse' verwendet) in den Richtungen X, Y und Z, indem die Ordinaten der Eigenformen und die Massen benutzt werden.

Für Stäbe:

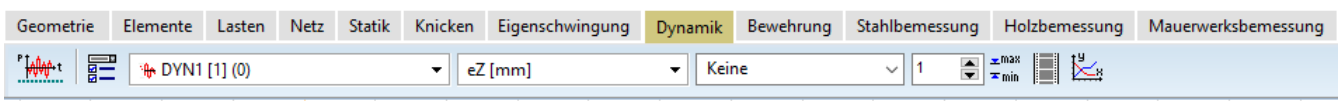
$$M_{mod} = \mu \int_l \delta^2(x) \cdot dl$$

Für Flächen:

$$M_{mod} = \mu \int_A \delta^2(x,y) \cdot dA$$

Wobei gilt:
μ – die Massenverteilung
δ – die normalisierten Eigenformordinaten in der betrachteten Richtung
Die berechneten 'aktivierte Masse` Werte für jede Eigenform und jede Richtung können in der Frequenz-Tabelle /Aktivierte Masse-Tabelle angezeigt werden.
Die aktivierten Massen und Frequenzen sind hilfreich für die Bemessung von Decken welche Schwingungen von Fussgängern ausgesetzt sind. Im Eurocode gibt es für solche Bemessungen einige Richtlinien. Deshalb sponserte die EU ein Forschungsprojekt welche die OS-RMS90 Richtlinie für die Schwingungsbemessung von Decken ausarbeitete.
Weiter Infos sind im folgenden PDF file enthalten:
http://www.stb.rwth-aachen.de/projekte/2007/HIVOSS/docs/Guideline_Floors_EN02.pdf

6.4. Dynamik



Zeigt die Ergebnisse der dynamischen Berechnung.
Die verfügbare Einstellungen und Darstellungsarten sind identisch wie bei den statischen Ergebnissen.
Siehe... *6.1 Statik*

6.5. Bewehrung



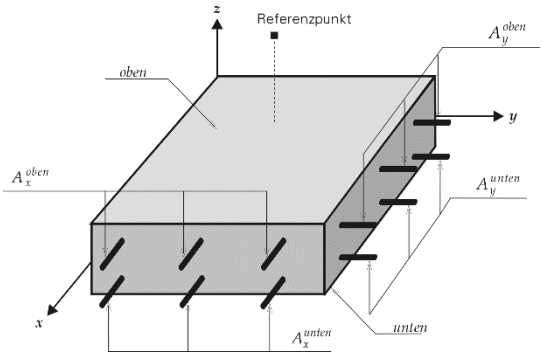
6.5.1. Parameter der Flächenbewehrung und Bewehrungsberechnung - RC1 Modul

Normen

Eurocode 2: EN 1992-1-1:2004
DIN: DIN 1045-1:2001-07
SIA: SIA 262:2013

Die Bemessung des Bewehrungsstahles erfolgt bei den Platten-, Scheiben-, und Schalenelementen nach Eurocode 2 im III. Spannungszustand.
Die Richtungen des orthogonalen Bewehrungsnetzes sind die lokalen ***x***- und ***y***-Richtungen der Elemente.
Die Bemessungswerte von Momenten und Normalkräften werden mit der Methode der optimalen Bewehrungsbemessung in Zwangsrichtungen bestimmt.

☞ ***Die minimalen Bewehrungsquerschnitte werden nicht berechnet. Die Bewehrungswerte unter der minimalen Bewehrung sind nur Anhaltswerte.***



Ergebnis-komponenten

mxBw, myBw, nxBw, nyBw: Bemessungsschnittkräfte
ax(u): Berechneter Bewehrungsquerschnitt unten in x Richtung
ay(u): Berechneter Bewehrungsquerschnitt unten in y Richtung
ax(o): Berechneter Bewehrungsquerschnitt oben in x Richtung
ay(o): Berechneter Bewehrungsquerschnitt oben in y Richtung
sx(o): Berechneter Bewehrungsabstand unten in x Richtung
sy(o): Berechneter Bewehrungsabstand unten in y Richtung
sx(o): Berechneter Bewehrungsabstand Bewehrung oben in x Richtung
sy(o): Berechneter Bewehrungsabstand Bewehrung oben in y Richtung
x(o): Aktuelle (eingegebene) Bewehrung unten in x Richtung
y(o): Aktuelle (eingegebene) Bewehrung unten in y Richtung
x(o): Aktuelle (eingegebene) Bewehrung oben in x Richtung
y(o): Aktuelle (eingegebene) Bewehrung oben in y Richtung
x(o)–ax(o): Bewehrungsunterschied unten in x Richtung
y(o)–ay(o): Bewehrungsunterschied unten in y Richtung
x(o)–ax(o): Bewehrungsunterschied oben in x Richtung
y(o)–ay(o): Bewehrungsunterschied oben in y Richtung
vEd: Resultierende Querkraft
avEd: Hauptrichtung der resultierenden Querkraft relativ zur x-Achse
vRd,c: Querkraftwiderstand des Betonquerschnitts
vRd,max: Maximaler Querkraftwiderstand des Querschnitts mit Schubbewehrung
vEd/vRd,max: Querkraftausnützung des Betonquerschnitts
vSz–vRd,c: Unterschied zwischen der resultierenden Querkraft senkrecht zum Flächenelement und dem Querkraftwiderstand

wk(b) Rissbreite in der Achse der unteren Bewehrung
wk(t) Rissbreite in der Achse der oberen Bewehrung
wk2(b) Rissbreite an der Plattenunterseite
wk2(t) Rissbreite an der Plattenoberseite
wR(b) Riss-Richtung an der Plattenunterseite
wR(t) Riss-Richtung an der Plattenoberseite

Darstellung der Resultate auf einem volumenmodell

Auf einem *Volumenmodell* können obere und untere Werte gleichzeitig dargestellt werden.

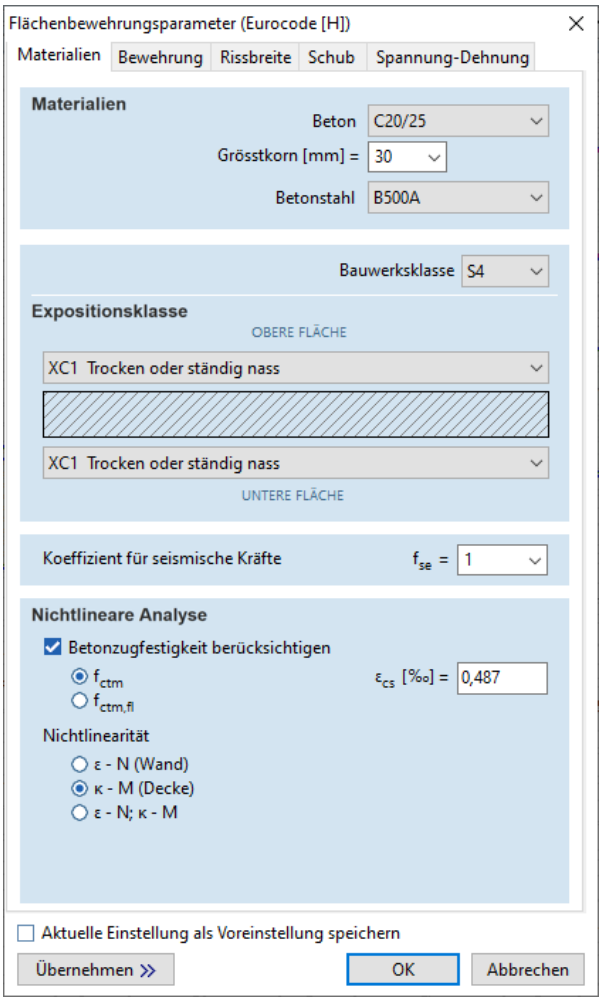
Bewehrungs-parameter



Die folgenden Eigenschaften müssen vorher den Elementen zugeordnet werden, um eine Bewehrung berechnen zu können:

Material

Die Materialien Beton und Bewehrungsstahl müssen gewählt werden. Die minimal erforderliche Betonüberdeckung wird aufgrund der Gebäudeklasse und der Expositions-klasse an der oberen und unteren Fläche bestimmt. Alle Bemessungsnormen berücksichtigen bei der Berechnung des minimalen Abstands der Bewehrungs-stäbe die obere Korngrösse.
Die Schweizer Norm SIA berücksichtig zusätzlich noch die untere Korngrösse.
Für den *Koeffizient für seismische Lasten* kann nachgeschaut werden unter
4.10.24 Erdbebenbemessung – SE1 Modul



Nichtlineare Analyse

Der Wert einiger Parameter, die während der nichtlinearen Analyse von Flächenelementtypen berücksichtigt werden (**siehe...** *6.5.6 Nichtlineare Berechnung von Stahlbetonflächen*) kann vom Benutzer eingestellt werden:

- unter Berücksichtigung der Zug- oder Biegezugfestigkeit von Beton;
- Endbetondehnung durch Schwinden;
- Art des dominanten nichtlinearen Verhaltens (Wand, Platte oder Schale)

Diese Möglichkeit steht bei den folgenden Bereichstypen zur Verfügung (**siehe...** *4.9.6 Bereich*):

- Normale Bereiche
- Verbundbereiche mit Rippen
- Parametrisierte Bereiche mit Rippen
- Verbundplatten mit Trapezblechen (falls die Option «Trapezblech nur als Schalung verwenden» aufgewählt ist)

☞ ***Bei Wänden werden die Biegemomente, bei Platten die Membrankräfte elastisch berechnet.***

Der Zweck der Berücksichtigung von nichtlinearem Verhalten bei der nichtlinearen statischen Analyse ist die genauere Durchbiegungsberechnung für Beton-Flächenelemente durch Verifizierung in Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit unter Berücksichtigung von nichtlinearem (Material- und Struktur) Verhalten. Die Überprüfung von Stahlbetonelementen in Grenzzuständen, die dieses Integrationsmodell verwenden, wird nicht empfohlen. Es ist auch wichtig zu beachten, dass das vorliegende Modell nicht in der Pushover-Analyse verwendet werden kann, um nichtlineares Verhalten von Stahlbetonelementen anstelle von plastischen Gelenken zu berücksichtigen (**siehe...** 4.10.24 *Erdbebenbemessung – SE1 Modul*), weil die vorgestellten Materialmodelle den zyklischen Abbau der Festigkeit / Steifigkeit von Beton und Stahl, das Knicken von Bewehrungsstäben usw. nicht berücksichtigen.

Bewehrung

Berechung mit aktueller Dicke :
Wenn diese Option aktiviert ist, berechnet das Programm die Bewehrung mit der aktuellen (konstanten oder variablen) Dicke.
h ist die total welche für die Berechnung benutzt wurde, welche von der aktuellen Dicke verschieden sein kann.

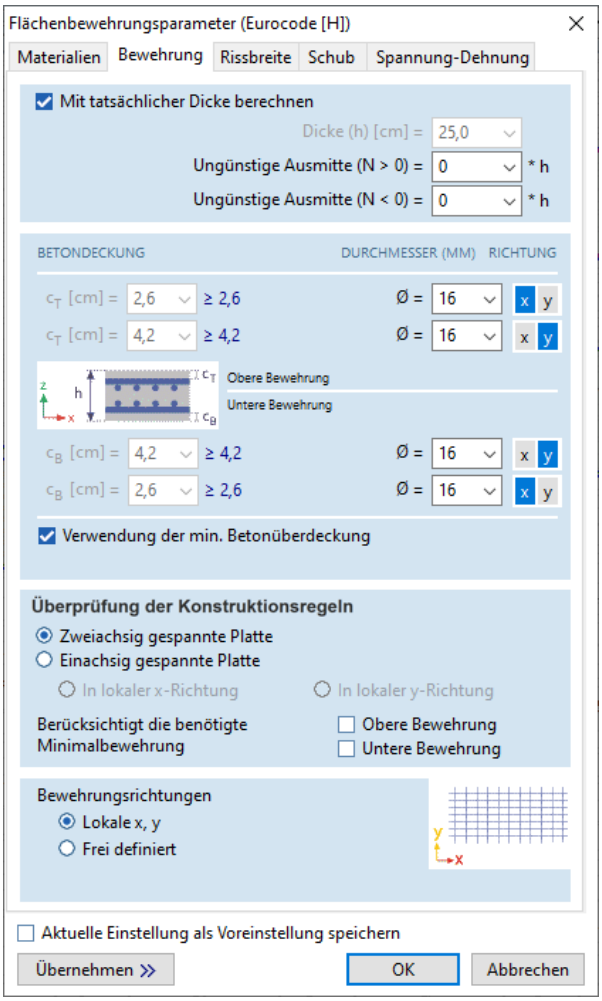
Dicke h ist die gesamte Dicke welche in die Berechnung eingeht.

Im Fall von Eurocode 2 wird die *Ungünstige Ausmitte* immer zum aktuellen Wert addiert (berechnet aus Normalkraft und Moment) um den absoluten Wert der Exzentrizität zu erhöhen.

Obere und untere *Stabstahldurchmesser (dx_T, dx_B, dy_T, dy_B)* können in den lokalen x und y Richtungen definiert werden.

Verwendung der min. Betondeckung kann ausgewählt oder c_T und c_B für die obere und untere Bewehrung können separat eingegeben werden.

Die beiden oberen Zeilen unter *Betondeckung, Durchmesser und Richtung* repräsentieren die oberen Stäbe (die 1. Zeile sind die äusseren, die 2. die inneren Stäbe), Die beiden unteren Zeilen repräsentieren die unteren Lagen (die 3. Zeile ist die innere, der 4. ist die äussere Lage). Die entsprechende Abbildung wird in der x-z Ansicht dargestellt.



Verwendung der min. Betondeckung

Das Programm ermittelt die minimale obere und untere Betondeckung aus der Expositionsklasse entsprechend der aktuellen Norm.

Berücksichtigt die benötigte Minimalbewehrung

Das Programm ermittelt die minimale obere und untere Bewehrung gemäß der aktuellen Norm. Falls der berechnete Bewehrungsgehalt kleiner als dieser Wert ist, wir das geforderte Minimum genommen.

Konstruktionsregeln

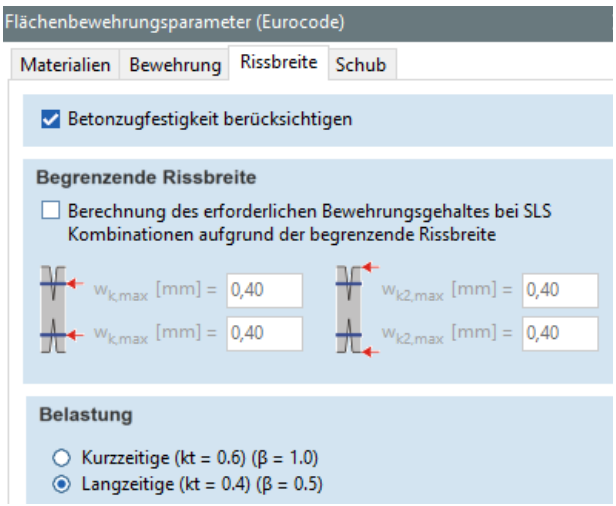
AxisVM berücksichtigt ensprechend der Norm und Ihrer nationalen Anhänge die *Lastabtragung* bei der Berechnung der minimalen und maximalen Bewehrungsabstände und -gehalte. Der Bewehrungsabstand wird nur gemäss den Konstruktionsregeln angepasst, wenn *Regeln für Bewehrungslayouts für den Abstand* in den Einstellungen aktiviert ist. (**siehe...** 6.1 *Statik*).

Falls der berechnete Bewehrungsgehalt zu Stababständen führt, welche über dem Maximum liegen wird der Maximalwert genommen. Fall der Stababstand unter dem Minimum leigen sollte, kann die Decke nicht bewehrt werden.

Rissbreite

In diesem Register wird die Lastdauer festgelegt. Dieser Parameter wird für die Rissbreitenberechnung gebraucht.

Begrenzung der Rissbreite.Die erforderliche Bewehrung wird unter Berücksichtigung der definierten max. Rissbreite in den SLS Kombinationen berechnet. Die max. Rissbreite kann an der Aussenseite des Beton ($w_{k2,max}$), sowie in der Mitte der Bewehrung ($w_{k,max}$) definiert werden.



Betonzug-festigkeit berücksichtigen

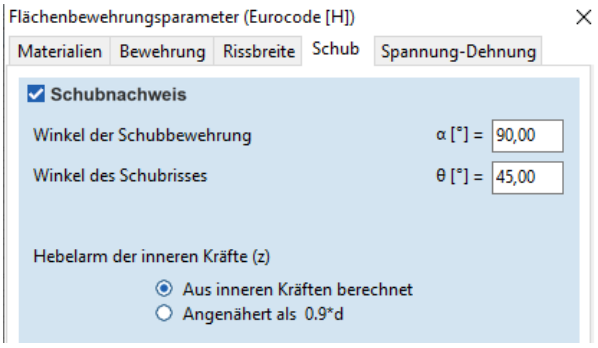
Wird diese Option angewählt, berechnet AxisVM die Rissbreite nur in Bereichen mit Zugspannungen oberhalb der Betonzugfestigkeit. In Bereichen mit Zugspannungen unterhalb der Betonzugfestigkeit wird ein ungerissener Querschnitt angenommen.

Berechnung der Bewehrung unter Berücksichtigung der Rissbreite

Die erforderliche Bewehrung von Lastkombinationen für Gebrauchstauglichkeit (SLS) wird unter Berücksichtigung der vom Anwender zu definierenden massgebenden Rissbreite berechnet. Wenn die Parameter der tatsächlichen Bewehrung so angepasst werden wie die Bewehrungsparameter des Bereichs (identischer Querschnitt und Betondeckung, wie in diesem Fenster angegeben), wird die berechnete Rissbreite nicht den Grenzwert überschreiten.
Im Falle von einfachen Lastfällen oder benutzerdefinierten Lastkombinationen (nicht als ULS oder SLS deklariert), wird für die erforderliche Bewehrung sowohl ULS als auch die SLS Anforderungen berücksichtigen und der grössere Wert genommen. Im Fall von Auto Massgebende Kombinationen (**siehe...** 6.1 *Statik*) werden auch für die erforderliche Bewehrung die ULS Anforderungen (nur bei den ULS Kombinationen) und die SLS Anforderungen (die Art der verwendeten SLS-Kombination hängt von der Norm ab) und der größere Wert wird angezeigt.

Schub

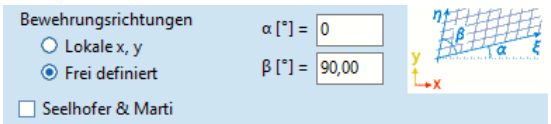
Die Winkel der Schubbewehrung und der Schubrisse können für die Berechnung des Schubwiderstandes $V_{Rd,max}$ eingestellt werden.
(**siehe...** 6.5.8 *Schubwiderstandsberechnung von Platten und Schalen – RC3 Modul*).
Der Schubnachweis kann deaktiviert werden, indem das Kontrollkästchen in der oberen linken Ecke des Fensters deaktiviert wird.



Bewehrungsrichtungen

Die erforderliche Bewehrung kann unter Berücksichtigung von lokalen *x/y*- oder benutzerdefinierten Bewehrungsrichtungen berechnet werden. Wenn benutzerdefinierte Bewehrungsrichtungen ausgewählt sind, werden die Symbole *ξ/η* anstatt *x/y* verwendet. α ist dabei der Winkel zwischen der x-Achse und der *ξ*-Richtung der Bewehrung, während *β* den Winkel zwischen den beiden Bewehrungsrichtungen (*ξ* und *η*) definiert.
Orthogonale Bewehrungsmatten mit individuellem *α*-Winkel (-360 ° < *α* <360 °) und Schrägbewehrung (β≠90°) können ebenfalls definiert werden. Die unteren und oberen Grenzen für den Winkel β betragen 45 ° und 135 °. Das Kontrollkästchen *Seelhofer & Marti* steuert die Berücksichtigung einer Bemessungsgleichung bezüglich der Druckbetonstrebe durch H. Seelhofer und P. Marti.

Wenn die Option «Seelhofer & Marti» ausgewählt wird, berücksichtigt die Software die zusätzliche Bedingung aus dem Paper von Hans Seelhofer und Peter Marti *(H. Seelhofer & P. Marti: Dimensioning of skewly reinforced concrete plates),* indem die Druckstrebe im Beton überprüft wird (**siehe...** *6.5.1.3 Berechnung von schiefer Bewehrung gemäss Eurocode 2 und SIA 262*



☞ ***Wenn im Modell mindestens ein schief bewehrtes Flächenelement vorhanden ist, werden die Beschriftungen auf vielen Zeichnungen und Tabellen ersetzt. In diesen Fällen werden ξ / η Symbole anstelle von x / y verwendet. Zum Beispiel wird ax(u) durch aξ(u) ersetzt (wenn jedes Flächenelement schief bewehrt ist) oder durch (x / ξ) (u) (wenn schräge und orthogonal bewehrte Flächenelemente vorhanden sind).***

☞ ***Bei Airdeck- und Hohlkernelementen kann die erforderliche Schrägbewehrung nicht berechnet werden. Wenn Airdeck- oder Hohlkernelemente in der Auswahl enthalten sind, ist das Feld der Bewehrungsrichtungen nicht sichtbar.***

Erforderliche Bewehrung in den Bereichen

Die Software erzeugt eine Zusammenfassung der erforderliche Bewehrungsgehalte in den einzelnen Bereichen für Lastfälle, Lastkombinationen, Umhüllende und Massgebende Kombinationen (kunsultiere dazu den Tabellen-Browser). Der Inhalt der Tabelle kann nach der Art der Strukturelemente (Decken, Wände oder andere Elemente), Beton, Güteklassen von Bewehrungsstahl, Parameter der Bereiche und dem berechneten spezifischen und totalen Bewehrungsgehalt sortiert werden. In der Spalte *Kommentare* wird eine Warnung angezeigt, wenn die Berechnung des erforderlichen Bewehrungsgehaltes nicht erfolgreich war oder wenn sich die Dicke des Bereichs von der Dicke in den Bewehrungsparametern unterscheidet.
Der Zusammenfassung sind die erforderlichen minimalen und maximalen Bewehrungsgehalte zu entnehmen. In der Tabelle sind nur die Resultate der Bereiche zu sehen, welche aktiv oder ausgewählt sind (falls Bereiche ausgewählt sind).

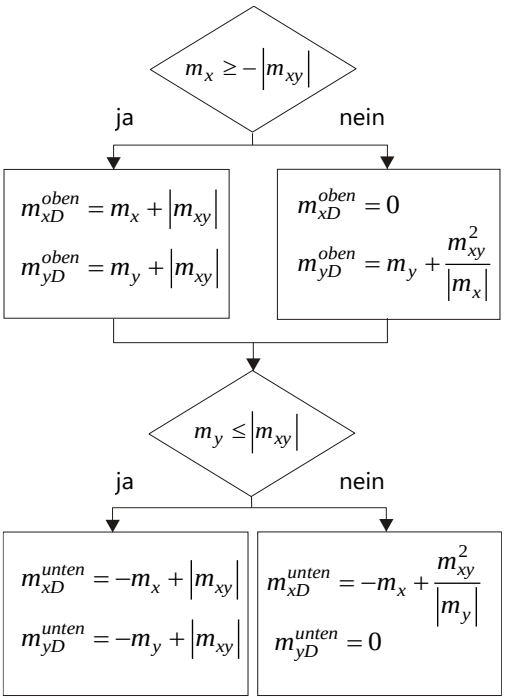
☞ ***Der berechnete Bewehrungsgehalt enthält keine zusätzlichen Bewehrungsgehalte aufgrund von Stössen, Verankerungslängen, dem Einbau der Bewehrungseisen und Distanzeisen.***

Bei der Inpertretation des totalen und spezifischen Bewehrungsgehaltes sollten die folgenden Punkte berücksichtigt werden:
Im Fall von Rippendecken oder Verbunddecken mit Rippen bezieht sich der berechnete Bewehrungsgehalt nur auf die Decke – nicht auf die Rippe.
Im Betonvolumen von Bereichen ist der Beton der Rippen berücksichtigt, falls es sich um logische und nicht um echte Rippen handelt. Bei echten Rippen wird nur das Betonvolumen der Decke berücksichtigt.
Im Fall von Verbunddecken, unter Verwendung der tatsächlichen Dicke des Bereichs, berücksichtigt das Betonvolumen das Volumen der Rippen – auch wenn das Trapezblech nur als Schalung verwendet wird.
Wird die Dicke eines Bereiches bei der Definition der Bewehrungsparameter festgelegt, wird die tatsächliche Dicke überschrieben. Das Betonvolumen und der Bewehrungsgehalt werden mit diesem Wert als normale, massive Betondecke berechnet. Die Blechverbunddecke ist eine Ausnahme: die individuelle Dicke ist die Gesamthöhe des Betons; bei der Berechnung des Betonvolumens wird dies berücksichtigt.

6.5.1.1. Berechnung der othogonalen x/y Bewehrung gemäss Eurocode 2

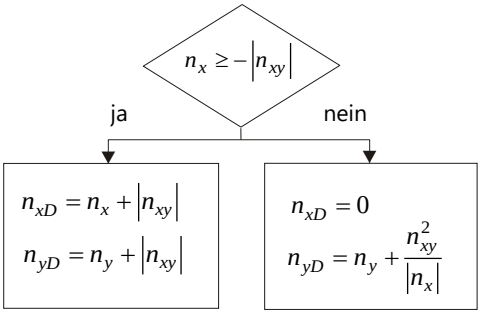
Platte

Wenn die Biegemomente m_x, m_y, m_{xy} in einem Punkt bekannt sind, dann ergeben sich die Bemessungswerte zu folgenden Werten:
Die optimalen Ersatzmomente: $\begin{smallmatrix}\Delta m_2=0\\ \Delta m_1=\min!\end{smallmatrix}$ $m_x \geq m_y$



Ergebnisse Das Programm berechnet die nötige Druck- und Zugbewehrung.

Scheibe Die Berechnung der Bewehrung kann nur für Scheiben im ebenen Spannungszustand erfolgen.
Wenn die Normalkräfte n_x, n_y, n_{xy} in einem Punkt bekannt sind, dann ergeben sich die Bemessungswerte der Normalkräfte zu folgenden Werten:
Die optimalen Ersatznormalkräfte: $\begin{smallmatrix}\Delta n_2=0\\ \Delta n_1=\min!\end{smallmatrix}$ $n_y \geq n_x$



Ergebnisse Das Programm berechnet die nötige Druck- und Zugbewehrung. Die Druckbewehrung wird nur dort bestimmt, wo der Bemessungswert der Normalkräfte grösser ist als der Bemessungswert der Drucktragfähigkeit des Betons. Diese stellen die ermittelte obere und untere Bewehrung in x und y Richtung dar.

Als Ergebnis gibt AxisVM folgende Werte aus: *ax(u), ax(o), ay(u), ay(o)*

☞ ***Die Fehlermeldung "Der Abschnitt kann nicht bewehrt werden" wird angezeigt, wenn***

Die Gesamtquerschnittsfläche der oberen und unteren Bewehrung in x- oder y-Bewehrungsrichtung grösser ist als der Grenzwert für die maximale Bewehrungsfläche. Diese Grenze kann im Fenster Konstruktionsnormen in der Registerkarte Stahlbeton festgelegt werden **(siehe... 3.3.7 Norm).**

Ergebnistabellen Legende zur Tabelle:

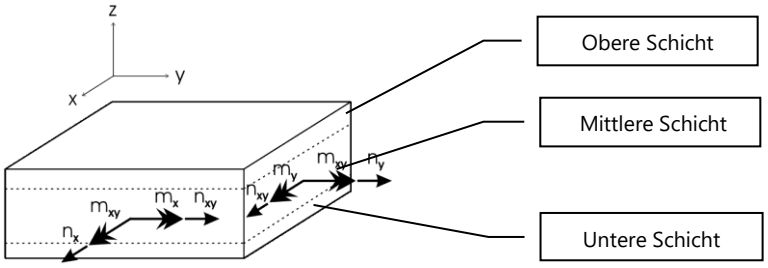
(-) Druckbewehrung
??? Der Querschnitt kann in dieser Richtung nicht bewehrt werden
Die Zugbewehrung wird ohne Symbol gezeigt.

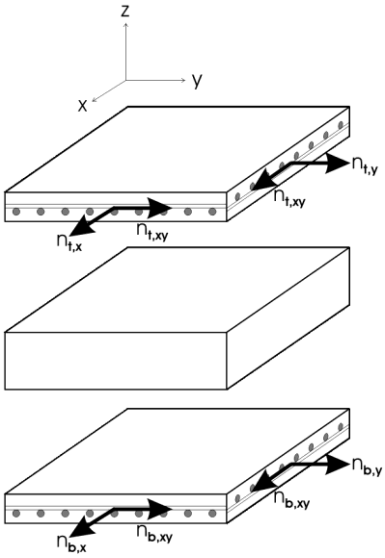
Das Programm berechnet die nötige Druck- und Zugbewehrung.

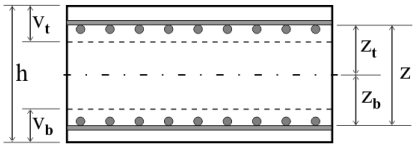
6.5.1.2. Berechnung der othogonalen x/y Bewehrung gemäss DIN EN, DIN 1045-1 und SIA 262

Platte, Scheibe, Schale

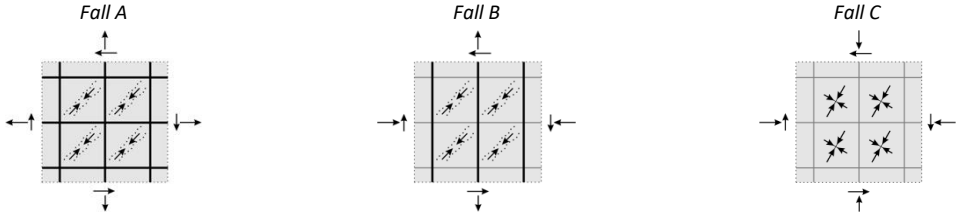
Die Bewehrung von Platten, Scheiben und Schalen wird nach der sogenannten Sandwichmethode (Drei-Schichten Methode) berechnet.
Die inneren Kräfte $n_x, n_y, n_{xy}, m_x, m_y, m_{xy}$ werden senkrecht zu den Bewehrungsrichtungen berechnet. Flächenelemente werden in drei Schichten unterteilt. Membrankräfte für die obere und untere Schicht werden berechnet, dann werden Bemessungsschnittkräfte und die erforderliche Bewehrung bestimmt.







Zusätzlich zur Berechnung der erforderlichen Bewehrung werden Betonzonen auf Schub und Druck gemäß den Fällen A, B und C geprüft. Das Programm berücksichtigt reduzierte Druckfestigkeit wenn Zugspannungen im Beton entstehen und die Hauptzugspannungen die Bemessungszugfestigkeit des Betons übersteigen (f_{ctd}).



Fehlermeldung

Die Fehlermeldung *der Querschnitt kann nicht bewehrt werden* ***erscheint***

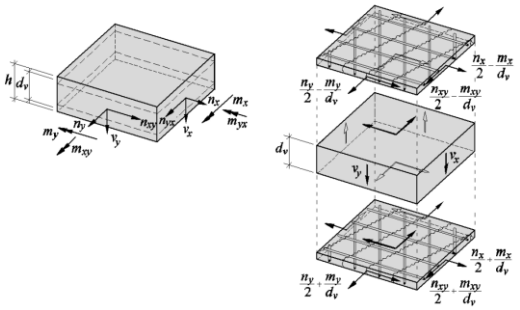
- Falls die Betondruckzone infolge Schubkraft versagt.
- Falls die Haupt-Druckspannung höher ist als f_{cd}.
- $A_x > 0.04A_c$ oder $A_y > 0.04A_c$, wobei A_c der Betonquerschnitt ist.

Tabellen

Die folgenden Symbole werden in den Resultattabellen verwendet:
(-) Druckbewehrung
??? der Schnitt kann in dieser Richtung nicht bewehrt werden.
Für Zugbewehrung wird kein spezielles Symbol angezeigt

6.5.1.3. Berechnung von schiefer Bewehrung gemäss Eurocode 2 und SIA 262

Orthogonale Bewehrungsnetze mit Bewehrungsrichtungen, die sich von lokalen x- und y-Achsen des Flächenelements unterscheiden, und Bewehrungsnetze mit beliebigen Bewehrungsrichtungen werden als schiefe Bewehrung bezeichnet und wie in diesem Abschnitt beschrieben berechnet. ξ / η-Symbole werden anstelle von x / y verwendet, um die Bewehrungsrichtungen zu kennzeichnen. α ist der Winkel zwischen der lokalen x-Achse des Flächenelements und der Bewehrungsrichtung ξ, während β sich auf den Winkel zwischen den beiden Bewehrungsrichtungen (ξ und η) bezieht.
Bei der Berechnung der erforderlichen Bewehrungen wird ein Sandwichmodell mit drei Schichten verwendet. Die Berechnungsmethodik, welche in der Arbeit von Peter Marti und Hans Seelhofer beschrieben wird, wird herangezogen (H. Seelhofer & P. Marti: Bemessung schief bewehrter Betonplatten). Die Berechnungsmethode ist für Membrane, Platten und Schalen identisch.



Berechnung

Die oberen und unteren Deckel des Sandwichmodells sind dafür verantwortlich, die Biegemomente und Membrankräfte aufzunehmen. Die Zwischenschicht nimmt die Querkräfte auf.
Membrankräfte und Biegemomente werden im Fall der oberen bzw. unteren Deckel in äquivalente Membrankräfte zerlegt. Vor der Zerlegung werden die Schnittgrössen vom x-y-Koordinatensystem in ein orthogonales x'-y'-Koordinatensystem übertragen, wobei die x'-Richtung identisch mit der ξ -Bewehrungsrichtung ist.

- Unterer Deckel:

$$n^u_{x'} = \frac{n_{x'}}{2} - \frac{m_{x'}}{d_v}$$
$$n^u_{y'} = \frac{n_{y'}}{2} - \frac{m_{y'}}{d_v}$$
$$n^u_{x'y'} = \frac{n_{x'y'}}{2} - \frac{m_{x'y'}}{d_v}$$

- Oberer Deckel:

$$n^o_{x'} = \frac{n_{x'}}{2} + \frac{m_{x'}}{d_v}$$
$$n^o_{y'} = \frac{n_{y'}}{2} + \frac{m_{y'}}{d_v}$$
$$n^o_{x'y'} = \frac{n_{x'y'}}{2} + \frac{m_{x'y'}}{d_v}$$

Um eine optimale Bewehrung zu erreichen, wird die Dicke der Schichten iterativ verändert. Die untere Grenze für die Deckeldicke beträgt 5 mm, während die obere Grenze auf H / 2 eingestellt ist (im Falle von membranartigen Belastungsbedingungen, wobei H die Dicke des Flächenelements ist) oder ξ_{c0}d (bei plattenförmigen Belastungszuständen, wobei d der Abstand der Bewehrung vom Plattenrand ist). Der Hebelarm d_v wird folgendermassen berechnet:

$$d_v = min\left(d_b - \frac{t_t}{2}, d_t - \frac{t_b}{2}\right)$$

wobei t_b, t_t und d_v die Dicke des unteren bzw. oberen Deckels und den inneren Hebelarm darstellen.
d_b und d_t sind die Abstände der Bewehrungsnetze vom oberen bzw. unteren Rand. Diese werden aus der durchschnittlichen Position der Bewehrungen in ξ- und η-Richtung berechnet.
Die Spannungen im oberen und unteren Deckel werden wie folgt berechnet:

- Unterer Deckel:

$$\sigma^b_{x'} = \frac{n^b_{x'}}{t_b}$$
$$\sigma^b_{y'} = \frac{n^b_{y'}}{t_b}$$
$$\tau^b_{x'y'} = \frac{n^b_{x'y'}}{t_b}$$

- Oberer Deckel:

$$\sigma_{x'}^{t} = \frac{n_{x'}^{t}}{t_t}$$
$$\sigma_{y'}^{t} = \frac{n_{y'}^{t}}{t_t}$$
$$\tau_{x'y'}^{t} = \frac{n_{x'y'}^{t}}{t_t}$$

Diese Spannungen werden ins ξ-η Koordinatensystem transformiert (σ_ξ, σ_η, $\tau_{\xi\eta}$), und zwar folgendermassen (H. Seelhofer & P. Marti: Bemessung schief bewehrter Betonplatten):

$$\sigma_\xi = \sigma_{x'} \sin\beta + \sigma_{y'} \cos\beta \cot\beta - 2\tau_{x'y'} \cos\beta$$
$$\sigma_\eta = \frac{\sigma_{y'}}{\sin\beta}$$
$$\tau_{\xi\eta} = \tau_{\eta\xi} = \tau_{x'y'} - \sigma_{y'} \cot\beta$$

Die benötigte ξ/η Bewehrung wird wie folgt bestimmt (k=1):

$$\rho_\xi = \frac{\frac{\sigma_\xi}{\sin\beta} + k\left|\frac{\tau_{\xi\eta}}{\sin\beta}\right|}{f_y} \qquad A_{s,\xi} = \rho_\xi t B$$

$$\rho_\eta = \frac{\frac{\sigma_\eta}{\sin\beta} + \frac{1}{k}\left|\frac{\tau_{\xi\eta}}{\sin\beta}\right|}{f_y} \qquad A_{s,\eta} = \rho_\eta t B$$

Die Betondruckstrebe unter Druck wird gemäss den Richtlinien von Anhang F der EN 1992-1-1 und gemäss den Anweisungen in der Arbeit von Seelhofer und Marti nachgewiesen:

$$(\rho_\eta + \rho_\xi) f_y \le \nu f_{cd} + \sigma_{x'} + \sigma_{y'}$$

Das Programm berücksichtigt reduzierte Druckfestigkeit wenn Zugspannungen im Beton entstehen und die Hauptzugspannungen die Bemessungszugfestigkeit des Betons übersteigen (f_{ctd}).
Wenn der Widerstand der Betondruckstrebe nicht ausreichend ist, wird die Deckeldicke erhöht. Wenn die Obergrenze für die Dicke erreicht ist und der Ausnützungsgrad des Betons immer noch grösser als 1,0 ist, wird eine Druckbewehrung angeordnet. Wenn die Spannungen und die Ausnützung der Betondruckstreben niedrig sind, wird die Dicke verringert.

Fehlermeldung

Die Fehlermeldung "Der Abschnitt kann nicht bewehrt werden" erscheint in den folgenden Fällen:

- Wenn der Widerstand der Betondruckstrebe bei maximaler Schichtdicke nicht ausreicht, obwohl eine Druckbewehrung angeordnet wird.
- Wenn die Gesamtquerschnittsfläche der oberen und unteren Bewehrung in ξ oder η Bewehrungsrichtung grösser ist als der Grenzwert für den maximalen Bewehrungsgehalt. Diese Grenze kann im Normenfenster in der Registerkarte Stahlbeton festgelegt werden (**siehe...** *3.3.7 Norm*)

Resultate

Die folgenden Werte werden als Ergebnisse angegeben: *aξa, aξf, aηa, aηf*

*Tabelle***n**

Folgende Symbole werden in Tabellen verwendet:
(-) Druckbewehrungsstab
??? Der Abschnitt kann nicht bewehrt werden in der entsprechenden Richtung

6.5.1.4. Berechnung der Bewehrung von Verbunddecken mit Tapezblechen nach Eurocode und SIA

Die Bewehrung von Verbunddecken mit Trapezblechen kann nach den folgenden Normen berechne twerden:

Eurocode 4: EN 1994-1-1:2004
SIA 264: SIA 262:2014

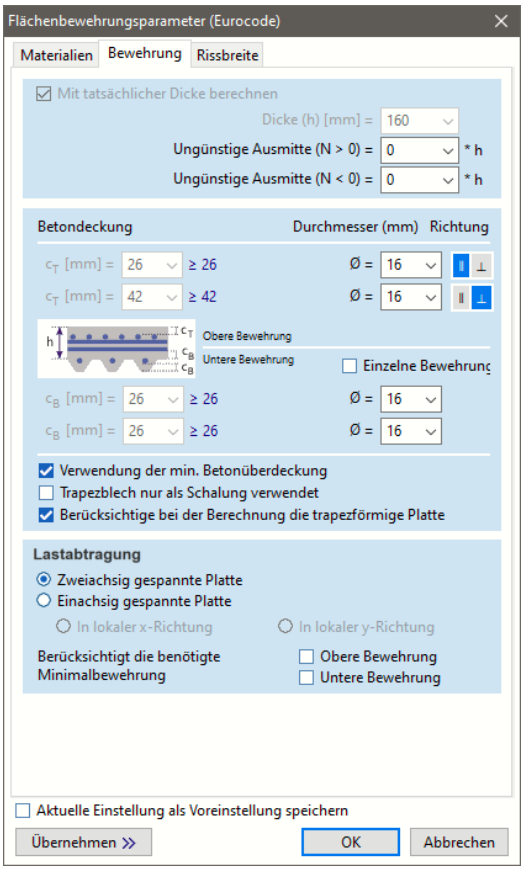
Wie Verbunddecken mit Trapezblechen erzeugt werden können, wurde an früherer Stelle erklärt (**siehe...** *4.9.6.5 Trapezförmige Profilbleche*). Die Geometrie der Verbunddecke muss die Anforderungen der jeweiligen Norm erfüllen. Die wichtigsten Anforderungen werden von der Software überprüft (gemäss Abschnitt 4.9.2 Eurocode 4 und Abschnitt 7.2 SIA264), und der Anwender wird gewarnt, falls die Geometrie angepasst werden muss.

☞ ***Die vorgestellten Berechnungsmethoden können nur verwendet warden, wenn das Scherverhalten in Längsrichtung duktil ist.***

☞ ***Die vorgestellte Methode wurde entwickelt, um die Bewehrung von Blechverbunddecken zu berechnen. Die Bemessung des Trapezbleches ist nicht Teil dieses Moduls.***

Die Längsbewehrung kann mit der präsentierten Methode berechnet werden. Schubbewehrung und -widerstand werden hingegen nicht berechnet. Weiter muss bei Punktlasten der Durchstanzwiderstand überprüft werden. Dieses Modul deckt die Überprüfung des Durchstanzwiderstandes nicht ab. Dazu kann jedoch das Modul RC3 verwendet werden, falls die Option *Trapezblech nur als Schalung verwendet* gewählt ist.

☞ ***Mit dieser Berechnung warden die Bauzustände nicht überprüft! Das Gewicht des nassen Betons und etwaige temporäre Unterspriessungen müssen geprüft werden.***



Im Fall von Verbunddecken mit Trapezblechen ist das Fenster *Flächenbewehrungsparameter* leicht anders als Fenster präsentiert in früheren Abschnitten. Der grösste Unterschied besteht darin, dass die Parameter der Bewehrung parallel und senkrecht zu den Rippen eingegeben werden müssen anstatt parallel zur x- und y-Achse. Die Hauptrichtung der Bewehrung kann nur für die obere Bewehrung angegeben werden. Die Bewehrungsüberdeckung der unteren Bewehrung senkrecht zu den Rippen muss von der Unterkante der Platte definiert werden un nicht von der Unterkante der Rippe. Die Figur im Fenster hilft bei Verständnis von Bewehrungsrichtungen und -überdeckungen.

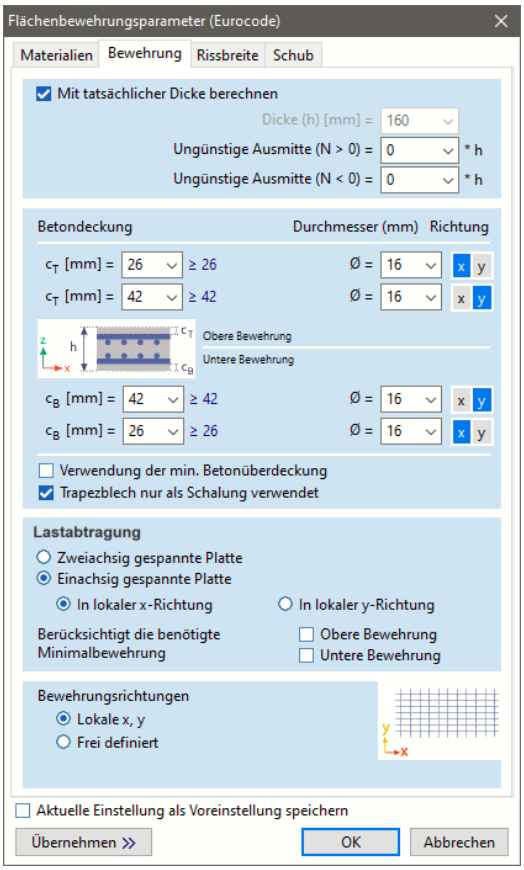
Da die Bewehrungsparameter parallel und senkrecht zu den Rippen eingegeben werden müssen, können keine Verbunddecken mit verschiedenen Richtungen der Rippen gewählt werden. Weiter können die Parameter der oberen Bewehrung nicht für mehrere Bereiche definiert werden, wenn einer oder mehrere Bereiche Blechverbunddecken sind und andere nicht. Die folgenden Optionen werden nur unterstützt, wenn die Option *Trapezblech nur als Schalung verwendet* ausgewählt ist:

- Berechnung des Schubwiderstandes und der Schubbewehrung
- Berechnung schiefwinkliger Bewehrung
- Nichtlineare Berechnung unter Berücksichtigung der Rissbildung und der tatsächlich vorhandenen Bewehrung.

Wenn die Option *Einzelne Bewehrung* ausgewählt ist, kann in der unteren Bewehrung nur eine Lage parallel zu den Rippen definiert warden.

Wenn *Berücksichtige bei der Berechnung die trapezförmige Platte gewählt* nicht ist, wird die erforderliche Längsbewehrung mit demselben Betonquerschnitt berechnet jedoch ohne Berücksichtugung des Trapezblechs in den Gleichgewichtsbedingungen.

Wenn die Option *Trapezblech nur als Schalung verwendet* gewählt ist, berücksichtigt das Programm nur die obere Betonplatte und vernachlässigt die Rippen und das Trapezblech. In diesem Fall können Bewehrunsparameter und -überdeckung in x- und y-Richtung definiert werden.



Die folgenden Optionen werden nur unterstützt, wenn die Option *Trapezblech nur als Schalung verwendet* ausgewählt ist:

- Durchstanzberechnung (**siehe...** *6.5.13 Durchstanznachweis – RC3 Modul*)
- Berechnung des Schubwiderstandes und der Schubbewehrung (**siehe...** *6.5.8 Schubwiderstandsberechnung von Platten und Schalen – RC3 Modul*)
- Berechnung schiefwinkliger Bewehrung (**siehe...** *6.5.1.3 Berechnung von schiefer Bewehrung gemäss Eurocode 2 und SIA 262*
- Nichtlineare Berechnung unter Berücksichtigung der Rissbildung und der tatsächlich vorhandenen Bewehrung (**siehe...** *6.5.6 Nichtlineare Berechnung von Stahlbetonflächen*)

Im Fall von Verbundecken mit Trapezblechen kann keine Begrenzung der Rissweiten vorgegeben werden. Wenn die Option *Trapezblech nur als Schalung verwendet* gewählt ist, wird die Rissweite für die Oberseite der Platte berechnet. Die Details der Berechnung können nachgelesen werden (**siehe...** *6.5.7 Rissnachweis*).
Die Rissweite wird parallel und senkrecht zu den Rippen berechnet. Wenn die Option *Trapezblech nur als Schalung verwendet* gewählt ist, berechnet die Software die Rissweite gemäss der Hauptspannungsrichtungen wie für eine konventionelle Platte.

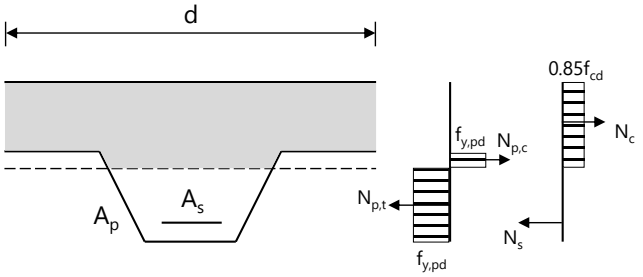
Blechverbunddecken werden in den meisten Fällen als in eine Richtung tragend und ohne Berücksichtigung von Membrankräften berechnet. Bei der Berechnung der erforderlichen Längsbewerung werden die Membrankräfte daher nicht berücksichtigt.
Membrankräfte entsehen häufig aus der Modellbildung. Besondere Aufmerksamkeit muss den Randbedingungen gewidmet werden.

Die Berechnung des erforderliche Bewehrungsgehaltes senkrecht zu den Rippen erfolgt auf dieselbe Art wie bei gewöhnliche Platten (*6.5.1.1 Berechnung der othogonalen x/y Bewehrung gemäss Eurocode 2*). Die Biegemomente für die Berechnung des erforderlichen Bewehrungsgehaltes werden auf dieselbe Art aus den Momenten m_x, m_y and m_{xy} berechnet.
Die Bemessungswerte des positiven und des negativen Biegemomentes (*mxBw, myBw*) werden an derselbsen Stelle berechnet aufgrund von beachtlichen Drillmomenten (*mxy*). Wenn die Option *Einzelne Bewehrung* gewählt wird, wird die Längsbewehrung aus den positiven und negativen Biegemomenten berechnet.

Das folgende Modell und die folgenden Formeln werden für die Berechnung der erforderliche Bewehrung parallel zu den Rippen verwendet. Die Breite des Referenzquerschnitts ist *d*. Die Referenzebene der inneren Kräfte ist die mittlere Ebene der oberen Betonschicht. Aus diesem Grund werden die Schnittkräfte ins Massenzentrum des Querschnittes verschoben.

Die Spannungen im Beton, in der Bewehrung und im Trapezblech werden entsprechend der Position der neutralen Achse berechnet. Je nach Lage der neutralen Achse können Teile des Trapezblechs unter Druckspannungen oder unter Zugspannung stehen. Der Effekt von lokalem Knicken von unter Druck stehenden Teilen des Bleches wird mit der Verwendung von effektiven Breiten berücksichtigt.

Wenn die Option *Berücksichtige bei der Berechnung die trapezförmige Platte* nicht gewählt ist, wird das Trapezblech bei der Berechnung vernachlässigt.



Die Gleichgewichtsbedingung und die der Biegemiderstand können folgendermassen formuliert werden:

$$0.85 f_{cd} A_c = A_s f_{y,d} + \left(A_{p,t} - A_{p,c}\right) f_{yp,d}$$

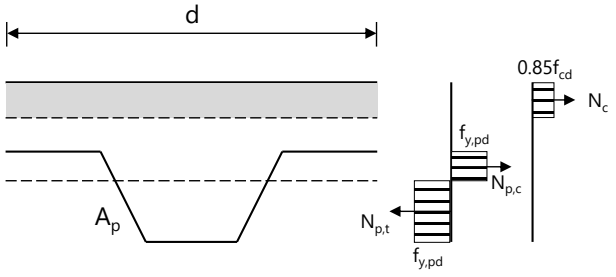
$$M_{pl,Rd} = A_s f_{y,d} \left(z_s - \frac{x_c}{2}\right) + A_{p,t} f_{yp,d} \left(z_{p,t} - \frac{x_c}{2}\right) - A_{p,c} f_{yp,d} \left(z_{p,c} - \frac{x_c}{2}\right)$$

Falls Druckbewehrung benötigt wird, werden die entsprechenden Terme in den Gleichungen ergänzt.

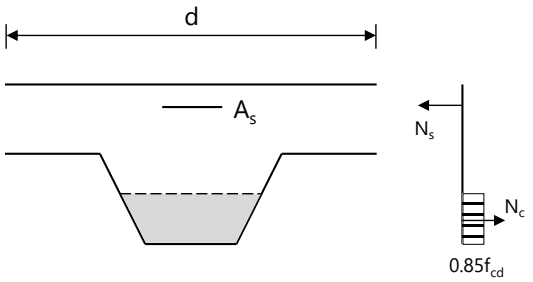
Die Berechnung der erforderlichen Bewehrung läuft in den folgenden Schritten ab:

- Der plastische Biegewiderstand der Trapezblechverbunddecke wird zuerst ohne zusätzliche Bewehrung berechnet. Falls sich der Widerstand bei einem Vergleich mit dem Bemessungsmoment als ausreichend herausstellt, wird keine zusätzliche Bewehrung benötigt und die Berechnung wird an dieser Stelle beendet.
- Gilt jedoch $M_{pl,Rd} < M_{Ed}$, so wird zusätzliche Bewehrung benötigt. Zuerst wird die Position der neutralen Achse mit x_{c0} verglichen:
    - $x_c < x_{c0}$: Die erforderlche Längsbewehrung und der platische Biegewiderstand werden mit x_{c0} als Höhe der Druckzone berechnet (das stellt den oberen Grenzwert der Druckzone dar, bei welchem die Zugbewehrung noch plastisch ist).
        - $M_{Ed} < M_{pl,0,Rd}$: Es wird keine Druckbewehrung benötigt. Der genaue Wert der erforderlichen Zugbewehrung wird mit einer iterativen Berechnung ermittelt.
        - $M_{Ed} > M_{pl,0,Rd}$: Zusätzliche Druckbewehrung wird benötigt. Diese wird mit der Differenz der Biegemomente ermittelt $\Delta M = M_{Ed} - M_{pl,0,Rd}$. Die erforderliche Druckbewehrung wird mit einer Gleichgewichtsbedingung ermittelt $x_c = x_{c0}$.
    - $x_c > x_{c0}$: Zusätzliche Druckbewehrung wird eingelegt, bis eine der folgenden Bedingung erfüllt ist $M_{pl,Rd} > M_{Ed}$ oder $x_c = x_{c0}$. Wird die erste Bedingung als erstes erfüllt, wird keine zusätzliche Druckbewehrung ausser der bis jetzt berechneten benötigt. Wird die zweite Bedingung als erstes erfüllt, wird die erforderliche Zugbewehrung aus der Differenz der Biegemomente ermittelt $\Delta M = M_{Ed} - M_{pl,0,Rd}$. Die erforderliche Druckbewehrung wird mit einer Gleichgewichtsbedingung ermittelt $x_c = x_{c0}$.

Die Effektivität der Schubverbindung muss bei der Berechnung der Position der plastischen, neutralen Achse berücksichtigt werden, falls η < 1. In diesem Fall gibt es zwei neutrale Achsen - eine für den Beton und die Bewehrung und eine für das Trapezblech. Die Gleichgewichtsbedingung wird zweimal aufgestellt, um die Position beier Achsen zu ermitteln. Im ersten Fall wird der Beitrag des Trapezbleches mit η multipliziert, und im zweiten Fall der Beitrag des Betons und der Bewehrung. Anschliessend werden die Spannungen im Beton und in der Bewehrung mit der ersten neutralen Achse und die Spannungen im Trapezblech mit der zweiten neutralen Achse berechnet.



In diesem Fall wird der Beitrag des Trapezblechs vernachlässigt.



Die Gleichgewichtsbedingung und die der Biegemiderstand können folgendermassen formuliert werden:

$$0.85 f_{cd} A_c = A_s f_{y,d}$$

$$M_{pl,Rd} = A_s f_{y,d} \left(z_s - \frac{x_c}{2} \right)$$

Falls Druckbewehrung benötigt wird, werden die entsprechenden Terme in den Gleichungen ergänzt.

Die Berechnung der erforderlichen Bewehrung läuft in den folgenden Schritten ab:

- Die Höhe der Druckzone x_{c0} und der Biegewiderstand $M_{pl,0,Rd}$ werden als erstes berechnet.
  - $M_{Ed} < M_{pl,0,Rd}$: Es wird keine Druckbewehrung benötigt. Die genaue Höhe der Druckzone und die erforderliche Längsbewehrung werden iterativ ermittelt.
  - $M_{Ed} > M_{pl,0,Rd}$: Zusätzliche Druckbewehrung wird benötigt. Diese wird mit der Differenz der biegemomente ermittelt $\Delta M = M_{Ed} - M_{pl,0,Rd}$. Die Zugbewehrung wird mit der Gleichgewichtsbedingung mit $x_c = x_{c0}$ ermittelt.

☞ ***Das Programm ermittelt die erforderliche Bewehrung basierend auf einer Referenzbreite von 1 m. Die Bewehrung wird daher in mm²/m, u.s.w. angegeben.***

☞ ***Das Programm ermittelt und zeigt die erforderliche Bewehrung in Plattenbalken für das Element unter der Cursorposition falls die Ergebniskomponente der berechneten unteren Bewehrung paralell zum Plattenbalken ausgewählt ist.***

6.5.2. Vorhandene Bewehrung

Vorhandene Bewehrung



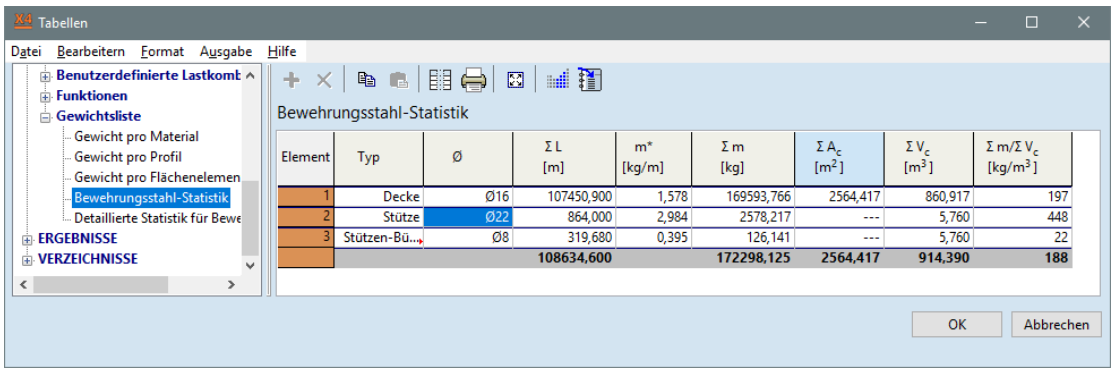
Bringt eine vorhandene Bewehrung, die aus einer Bemessung kommt, auf Bereiche oder Flächenelemente auf.
Die Rissanalyse kann nur für Elemente durchgeführt werden, bei denen eine Bewehrung angeordnet wurde.
Mit der vorhandenen Bewehrung kann dann eine nichtlineare Berechnung der Plattenverformungen durchgeführt werden.

Es gibt zwei Arten, die tatsächliche Bewehrung zu definieren:

1.) Flächenelemente oder Bereiche wählen, dann die Schaltfläche auf der Symbolleiste anklicken, um die Bewehrung festzulegen.
2.) Klicken Sie auf die Schaltfläche, ohne vorher eine Auswahl zu treffen, legen Sie die Bewehrung fest und zeigen dann die Netz-unabhängigen Bewehrungsbereiche an oder ordnen Sie die Bewehrung Bereichen zu.

Bewehrungs-statistiken

Die aktuellen Flächen-, Träger-, und Stützenbewehrungen können überprüft werden.
Die tatsächliche Bewehrung innerhalb des Modells kann überprüft werden, indem man die *Bewehrungsstatistiken* im Abschnitt *Gewichtsanalyse* der *Tabellen* anzeigt. Diese Tabelle listet Gesamtlänge, Masse der Stabstahlbewehrung sowie die Summen der Bewehrungsfläche und des Volumens für jeden Stabdurchmesser auf.

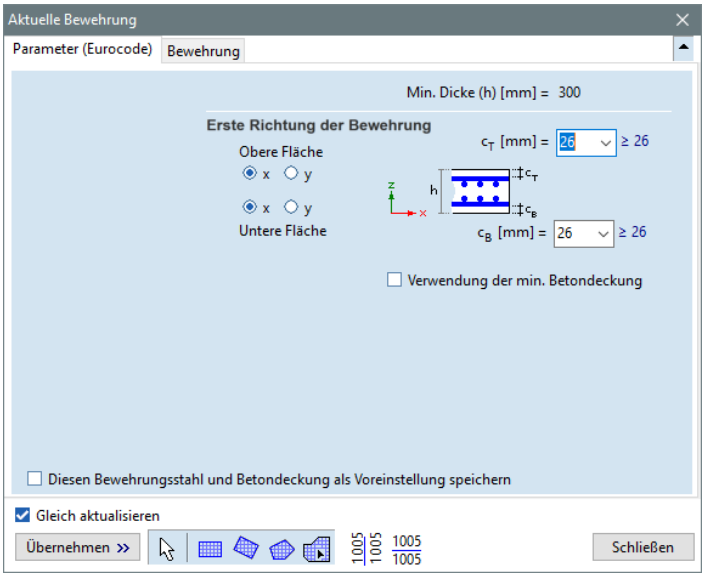


6.5.2.1. Bewehrung für Flächenelemente und Bereiche

Bewehrung

Der erste Registerreiter zeigt die Parameter, die für die Bemessung nach Norm erforderlich sind. Die aktuelle Betonüberdeckung und primären Bewehrungsrichtungen können unterschiedlich sein von denjenigen welche zur Bestimmung der erforderlichen Bewehrung benutzt werden.

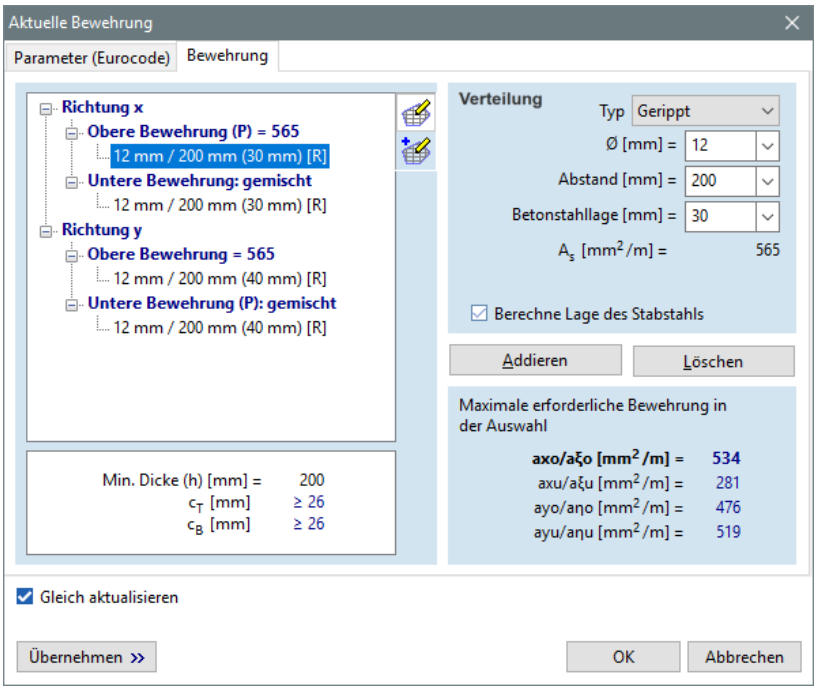
Wenn Sie diese Werte ändern, werden die Parameter für die Flächenbewehrung nicht überschrieben.



Siehe... *6.5.1 Parameter der Flächenbewehrung und Bewehrungsberechnung - RC1 Modul*

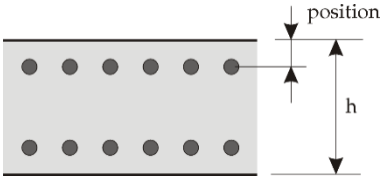
Min. Dicke

Die angezeigte *Min. Dicke* bedeutet die minimale Dicke, welche als Bewehrungsparameter für die selektierten Flächen definiert wurde, und nicht die minimale Dicke der Elemente.



Die tatsächliche Bewehrung der selektierten Flächen wird im Baum links angezeigt. Die Parameter einer dort gewählten Bewehrung kann rechts editiert werden. Der Baum wird bei Aenderungen sofort aktualisiert. *Berechne Lage des Stabstahls* positioniert den Stabstahl in Abhängigkeit der Betonüberdeckung und primären Richtungen.

☞ ***Die Stabstahlposition ist der Abstand zwischen Betonrand und Achse der entsprechenden Bewehrungslage.***



Zufügen und Löschen

Durch wählen einer Bewehrungslage (z. Bsp. Richtung y / Obere Bewehrung) im linken Baum kann eine neue Position auf der rechten Seite definiert und mit dem *Addieren*-Knopf zugefügt werden.
Durch Ändern der Werte wird die Baumstruktur aktualisiert. Wenn Sie einen Ort auswählen (z. B. x Richtung / Obere Bewehrung), können Sie auf der rechten Seite eine neue Bewehrung anlegen und hinzufügen.

Benutzen Sie den *Löschen* Knopf (oder **[Del]** Taste) um ein Position zu löschen. Wenn Sie einen Knoten im Baum wählen, werden alle Positionen unterhalb dieses Knoten gelöscht.
Berechnung der Bewehrungspositionen legt die Bewehrungspositionen entsprechend der tatsächlichen Betonüberdeckung und den primären Richtungen fest.

Max. Bewehrung in der Auswahl

Anzeige der maximalen zuvor berechneten Bewehrungen in den vier Lagen der ausgewählten Elemente.

Um einen vorhandenen Bewehrungsbereich zu ändern, stehen zwei Methoden zur Verfügung:



Überschreiben

Neue Bewehrung überschreibt die vorhandene Bewehrung.



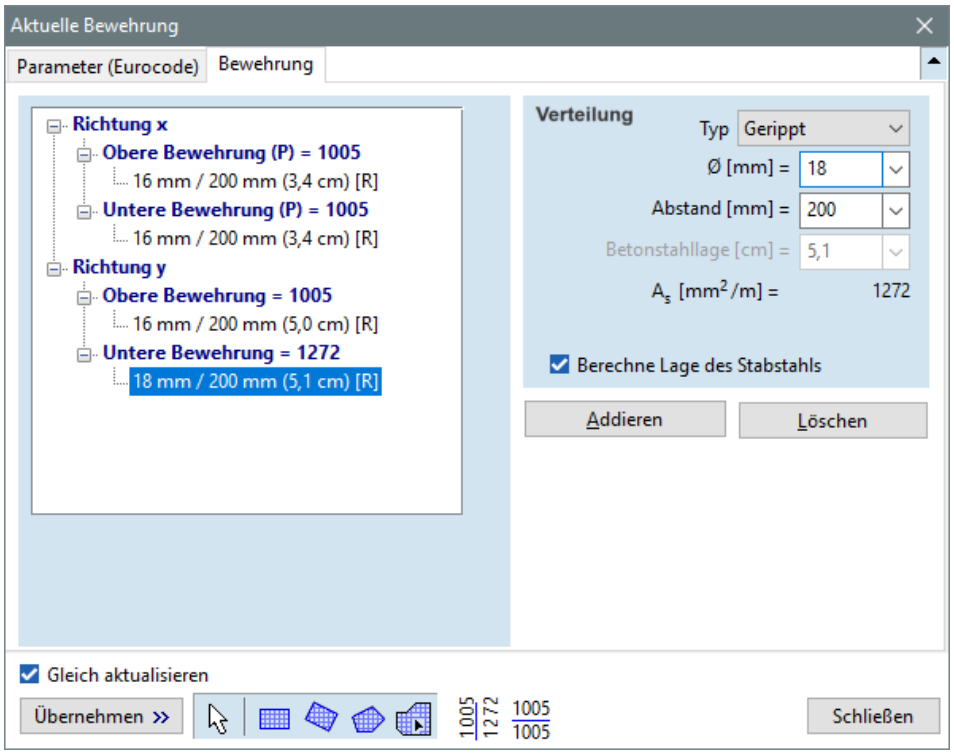
Addierte Bewehrung

Neue Bewehrung wird zur vorhandenen Bewehrung hinzugefügt.

☞ ***Trapezblechverbunddecken können nicht zusammen mit anderen Platten ausgewählt werden. Wenn Trapezblechverbundecken und andere Platten im Modell vorhanden sind, muss die Art des Bereiches gewählt werden, bevor das Fenster geöffnet wird. Der Referenzbereich muss ausgewählt sein, wenn mehrere Blechverbunddecken ausgewählt sind, welche sich in geometrischen Parametern unterscheiden. Im Fall von Blechverbunddecken muss die Bewehrung parallel und senkrecht zu den Rippen definiert werden.***

6.5.2.2. Netzunabhängige Bewehrung

Um Netz-unabhängige Bewehrung zu definieren, legen Sie zunächst die Parameter und das Bewehrungsschema fest und zeichnen Sie dann einen rechteckigen oder polygonalen Bewehrungsbereich oder ordnen Sie die Bewehrung ganzen Bereichen zu.
Wenn keine Flächen oder Bereiche gewählt sind, klicken Sie auf die Schaltfläche der Symbolleiste, die in diesem Dialog gezeigt wird. Die Bewehrung kann wie oben beschrieben bearbeitet werden.



Die Bewehrung welche im Dialog definiert wird, kann den selektierten Elementen zugewiesen werden oder die untere Werkzeugleiste kann dazu benutzt werden, die Art und Weise zu kontrollieren, wie die tatsächliche Bewehrung auf der Struktur verteilt wird. Netzunabhängige Bewehrung kann ebenfalls definiert werden.


Zeigt das Auswahlfenster um vorhandene Bereiche zu selektieren. Die tatsächliche Bewehrung wird zugewiesen, wenn die Auswahl abgeschlossen wird.


Option um rechtwinklige Bewehrungsbereiche zu zeichnen.

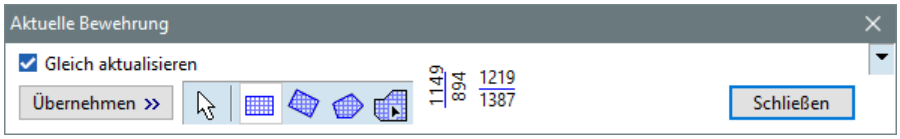

Option um schiefe rechtwinklige Bewehrungsbereiche zu zeichnen..


Option um polygonale Bewehrungsbereiche zu zeichnen..


Option um Bewehrungsbereiche auf einen ganzen Bereich per Mausklick aufzubringen.

Die Bewehrung kann auf dieselbe Art wie oben beschrieben hinzugefügt oder gelöscht werden.

Der Dialog kann zu einer Symbolleiste verkleinert werden. Klicken Sie auf das kleine rechteckige Symbol in der oberen rechten Ecke, um die Dialog zum Symbol zu verkleinern oder den Dialog wieder zu öffnen. Die Bewehrungswerte werden als Symbol angezeigt. Die Bewehrungswerte für oben und unten in y-Richtung werden entlang der vertikalen Linie angeschrieben, die in x-Richtung entlang der horizontalen Linie.



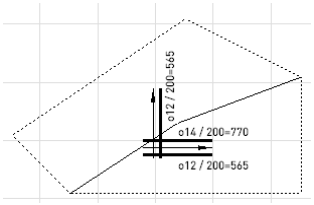
Werkzeugleisten bleiben gleich.

Bewehrung wird nur zugewiesen, wo Bewehrungsbereiche auf Flächenelemente oder Bereiche fallen.



Umrisse der Bewehrungsbereiche werden vom Cursor identifiziert. Das Anklicken von Bewehrungsbereichen erlaubt es, Änderungen an der Bewehrung vorzunehmen. Shift+Klick wählt mehrere Bewehrungsbereiche aus. Das Anklicken von einem der Bewehrungsbereiche erlaubt es, Änderungen an mehreren Bewehrungsbereichen vorzunehmen. Dies ist dieselbe Methode, die für Elemente oder netzunabhängige Lasten benutzt wird.

Netzunabhängige Bewehrungsbereiche werden als gestrichelte braune Umrisslinien dargestellt. Ein Symbol, das die obere und untere Bewehrungswerte in *x(ξ)* und *y(η)* Richtung zeigt, liegt im Mittelpunkt der Fläche. Die Zentrierspitze wird mit Richtungspfeilen verbunden, die als durchgezogene braune Linien dargestellt werden.



Bewehrungen werden nur zugewiesen wenn Bewehrungsbereiche auf Flächenelemente oder Bereiche fallen.

Automatische Aktualisierung

Aktualisiert die Darstellung automatisch, wenn die Bewehrung verändert wird.

6.5.3. Balkenbewehrung (einachsige Biegung)

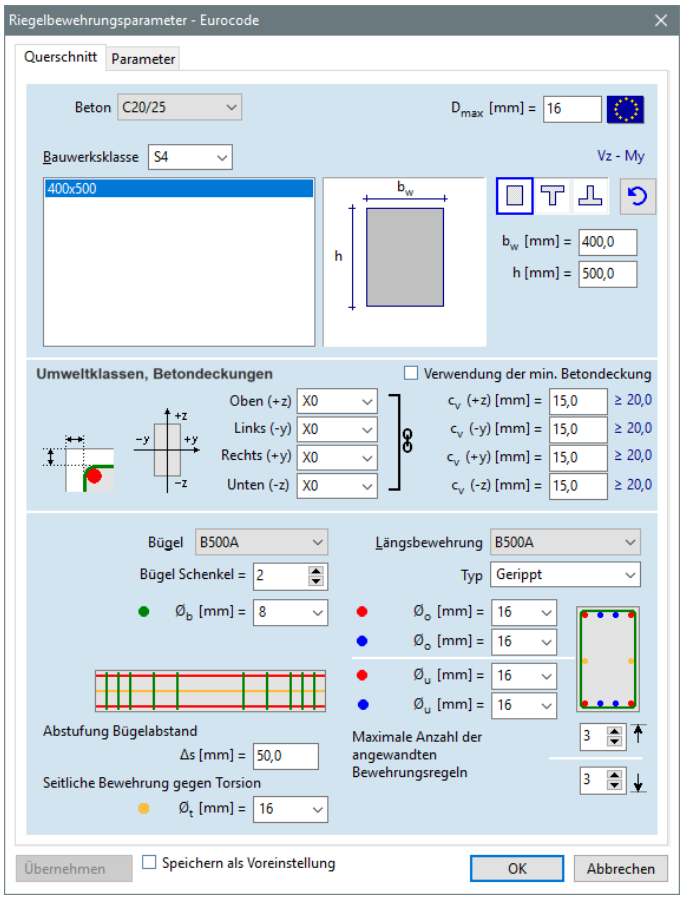


Den Stabelementen können Einstellungen zur Balkenbewehrung und eine tatsächlichen Bewehrung ohne vorherige Bemessung zugewiesen werden. Die Parameter für die Balkenbewehrung können für jedes Finite Element unterschiedlich sein. Um nur einen Bereich eines Bauteils zu selektieren, ist folgendes zu aktivieren: *Einstellungen / Grundeinstellungen /Bearbeiten / Selektion von Finite Elementen auf Linie*

Im Dialog Balkenbewehrung können Bewehrungsparameter für einachsige Biegung definiert werden. Das funktioniert auch für vertikale Bauteile.

Die Bemessung für die Balkenbewehrung greift auf diese Einstellungen zurück (Nachweis der erforderlichen Bewehrung, **siehe...** *6.5.11 Bemessung der Balkenbewehrung – RC2 Modul*

Querschnitt

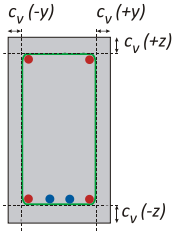


Im weißen Fenster sind alle ausgewählten Balkenquerschnitte für die Bemessung aufgeführt. Die Geometrien der selektierten Balken wird angezeigt und können verändert werden. Änderungen führen nicht zu einer Neuberechnung der Schnittgrößen, daher sollten die Abmessungen nicht verändert werden, falls es nicht wirklich erforderlich ist.
Die Betonklasse kann auch überschrieben werden. Die Anforderungsklasse und die Korngrösse sind einzugeben.

☞ ***Nach Änderung der Querschnittsgrösse wird empfohlen die tatsächliche Bewehrung anzupassen und das Modell neu zu rechnen.***

Expositionsklassen, Betondeckung

Expositionsklasse und Betondeckung müssen für alle vier Seiten des Balkens definiert werden *(+z, -y, +y, -z)*. Die Betondeckung ist der kleinste Abstand der Bügel zur Außenkante. Rechts im Fenster wird die erforderliche Mindestbetondeckung in blau dargestellt. Mit Verwendung der min. Betondeckung wird der c_v mit der berechneten Mindestbetondeckung überschrieben. Mit klicken auf das Verknüpfungssymbol rechts neben den Expositionsklassen, setzt überall den gleichen Wert.



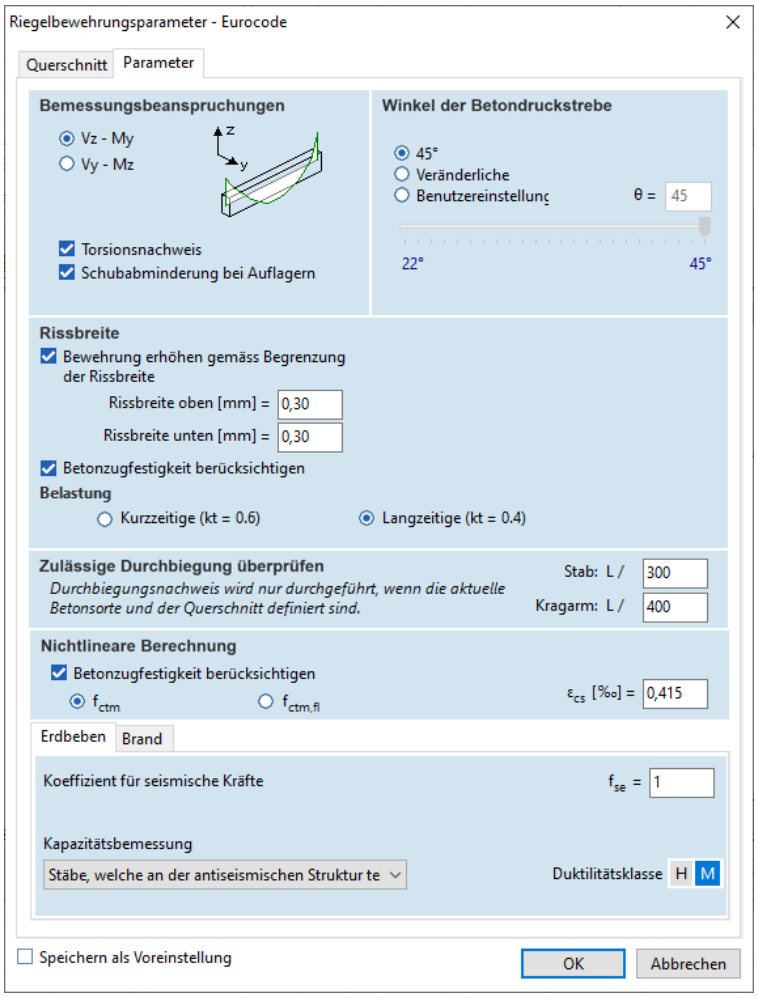
Bewehrung

Auf der linken Seite können Parameter (z.B. Material, Durchmesser, etc.) von Bügeln (grün) und Torsionsbewehrung (gelb) eingegeben werden, auf der rechten Seite Parameter von Eckbewehrung (rot) und anderen Längsbewehrungen (blau). $Ø_t$ ist der Durchmesser der oberen Bewehrungsstäbe, $Ø_b$ ist derselbe für die unteren Bewehrungsstäbe, $Ø_t$ ist der Durchmesser der Torsionsbewehrung. Durch Anklicken von *Einstellungen als Standard verwenden* wird der Standardwert der Bewehrungs- und Bügelstahlqualität auf den im Dialogfeld eingestellten Wert festgelegt.

☞ ***Die nachfolgenden Einstellungen werden ausschließlich für die Bemessung der Balkenbewehrung benötigt. AxisVM verteilt die Bügel und die Längsbewehrung nach diesen Einstellungen, bevor der Nachweis der erforderlichen Bewehrung durchgeführt wird.***

Der Bügelabstand wird immer ein Vielfaches vom Wert *Abstufung Bügelabstand* sein.
Die *Anzahl Bewehrungsabschnitte für Längseisen* kann für oben und unten unterschiedlich definiert werden.
Abstufung des Bügelabstands: Die berechneten Bügelabstandswerte sind ganzzahlige Vielfache der hier eingegebenen Schrittweite.

Parameter



Diese Einstellungen sind für den Nachweis der Bewehrung erforderlich.

Bemessungsschnittkräfte

Die Balkenbewehrung wird bemessen für einachsige Biegung. Entweder erfolgt die Bemessung in Vz-My oder in Vy-Mz Richtung.
Schubabminderung bei Auflagern erlaubt eine Abminderung entsprechend der Norm.
Setzen sie den Haken bei *Torsion check* um das Trosionsmoment während dem entwerfen des Trägers ebenfalls zu berücksichtigen.

Winkel der Betondruckstrebe

Eurocode 2 erlaubt die Anpassung des Winkels der Betondruckstrebe. Nach 6.2.3 (2) $1 \leq \text{ctg}\,\theta \leq 2.5$. Bei einer flachen Druckstrebe (steile Risswinkel) schneiden die Risse nur durch wenige Bügel. Dadurch muss der Beton mehr Querkraft aufnehmen. Bei einer steilen Druckstrebe (flacher Risswinkel) schneiden die Risse hingegen viele Bügel und dadurch muss die Schubbewehrung mehr Querkraft aufnehmen.
Bei *Variablen* Winkel wird der die Druckstrebe auf minimale Schubbewehrung optimiert. Sind Zug oder Torsionsmomente nicht vernachlässigbar, sollte die Einstellung der fixen Druckstrebe (45°) aktiv sein.

Rissbreite

Der Nachweis *Bewehrung erhöhen gemäß begrenzender Rissbreite* ermöglicht die Eingabe der max. Rissbreite. In diesem Fall wird die obere / untere Bewehrung erhöht (unter Berücksichtigung $A_s \leq 0.04 A_c$), um die maximale Rissbreite zu begrenzen. Um eine Rissanalyse durchzuführen muss die Lastdauer definiert werden. **Siehe**... *6.5.7.1 Berechnung nach Eurocode 2*

Mit *Betonzugfestigkeit berücksichtigen* wird keine Rissanalyse durchgeführt, wo die Zugfestigkeit unter der Betonzugfestigkeit liegt.

Belastung

k_t ist ein zeitabhängiger Faktor für die Belastungsdauer.
Für kurzzeitige Belastungen k_t =0.6, für langzeitige Belastungen k_t =0.8.

Erlaubte Durchbiegung überprüfen

AxisVM überprüft die erlaubten Durchbiegungen für Balken und Kragarme. L steht für die Balkenlänge. Dieser Nachweis wird nur durchgeführt, wenn Betonklasse und Querschnitt definiert sind.

Der “Koeffizient für seismische Lasten” kann nachgeschlagen werden unter *4.10.24 Erdbebenbemessung – SE1 Modul*

Kapazitätsbemessung

Für Träger kann angegeben werden, ob sie primäre (antiseismische Träger) oder sekundäre seismische Elemente (nicht antiseismische Träger) sind. Plastische Gelenke (**siehe...** *6.5.11 Bemessung der Balkenbewehrung – RC2 Modul*) können nur bei antiseismischen Trägern definiert werden. Es kann jene Duktilitätsklasse ausgewählt werden (M - DCM, H - DCH), die den maximal zulässigen Abstand zwischen den Bügeln beeinflusst, um die erwartete Duktilität zu erzielen. Bei der Berechnung des Schubwiderstands wird θ = 45 ° für den Winkel der Betondruckstrebe angenommen, wenn die Duktilitätsklasse H gewählt wird (EN 1998-1-1).

Normalisierte Normalkraft in der Bemessungssituation Erdbeben

Das Verformungsvermögen von Stahlbetonbauteilen im Erdbebenfall hängt unter anderem von Vorzeichen und Betrag der Normalkraft im Bauteil ab. Aus diesem Grund muss die Normalkraft in den Elementen begrenzt werden. Zur Unterstützung des Bemessungsprozesses und zur Überprüfung der Normalkraft in den Elementen kann für Betonlinienelemente eine normierte Normalkraft-Ergebniskomponente berechnet und angezeigt werden.

$$\upsilon_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}}$$

Es ist wichtig zu beachten, dass in dieser Berechnung die Druckkraft positiv ist. Im Falle einer Zugkraft wird ein negativer Wert angezeigt, was natürlich nur ein Anhaltspunkt ist, da der Beton hohe Zugkräfte nicht aufnehmen kann. Wenn Zugkräfte vorhanden sind, wird eine Warnmeldung angezeigt.
Diese Ergebniskomponente wird nur für Erdbebenlastfälle, seismische Lastkombinationen (mit oder ohne Erdbebenlastfällen in der Kombination, es kommt auf die Art der Kombination an), seismische Umhüllende sowie massgebende seismischen Kombinationen (Min./Max.) berechnet.

☞ ***Die normierte Normalkraft wird für jedes Betonlinienelement (einschliesslich Fachwerkstab, Stab- und Plattenbalkenelemente) unter Berücksichtigung des angegebenen Betonmaterials und -querschnitts durch die Definition des Linienelements automatisch berechnet. Wenn dem Element eine tatsächliche Balkenbewehrung zugewiesen wird, werden anstelle der ursprünglichen Parameter das Betonmaterial und der bewehrte Querschnitt berücksichtigt.***

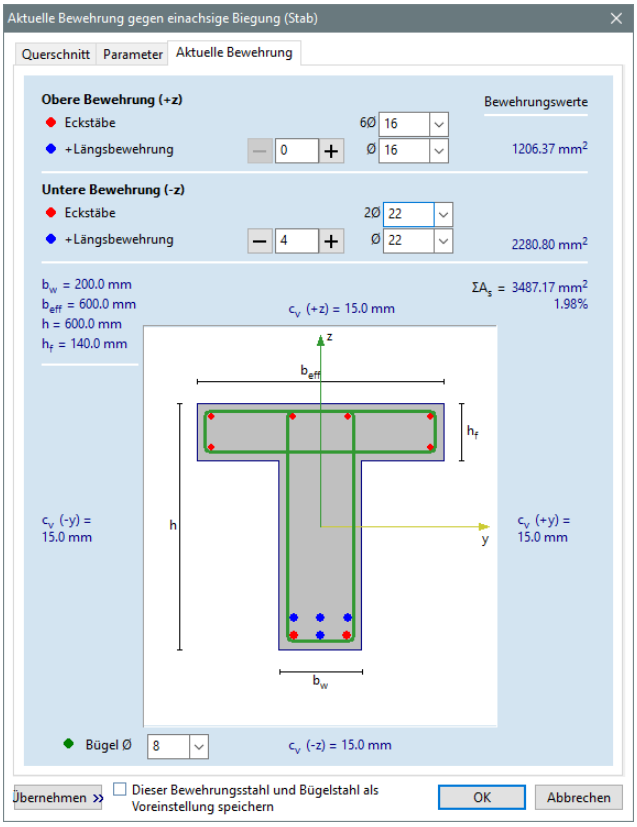
Brandbemessung

Detaillierte Informationen zur Brandbemessung von Stahlbetonträgern finden Sie in einem nachfolgenden Abschnitt (**siehe...** *6.5.12 Brandbemessung von Stahlbetonträgern und -stützen – RC8-B Modul*).

Aktuelle Bewehrung



Es kann ausgewählten Finiten Elementen eine tatsächliche Bewehrung zugewiesen werden. Für die Berechnung der Durchbiegung kann eine nichtlineare Berechnung diese konstante Bewehrung berücksichtigen.
Die Eckbewehrung oben und unten sind immer vorhanden, es kann der Durchmesser verändert werden. Zusätzlich können weitere Längseisen oben und unten mit einem anderen Durchmesser definiert werden. Die Verteilung der Längseisen erfolgt automatisch.

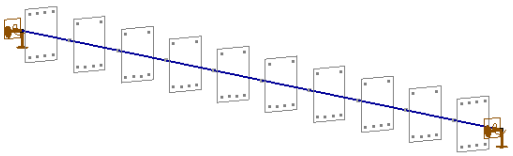


Übernehmen

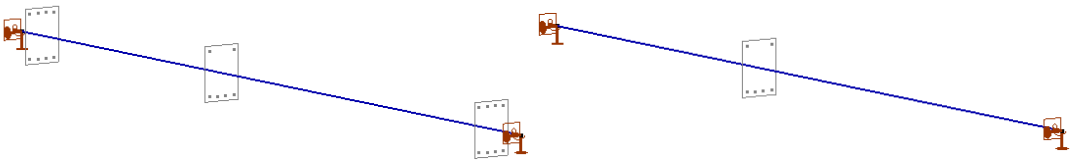
Mit *Übernehmen* können die Eigenschaften von einer vorh. Balkenbewehrung übernommen werden.

Tatsächliche Bewehrung anzeigen

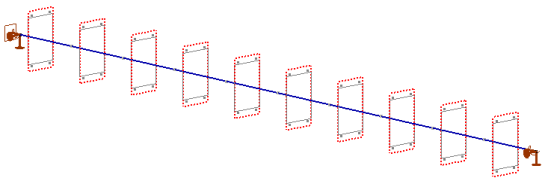
Die tatsächliche Bewehrung kann im Modell angezeigt werden, nachdem die tatsächliche Bewehrung einem Element zugewiesen wurde. Dazu ist die Anzeige der Querschnittsform einzuschalten (Darstellung / *Symbole / Grafische Symbole / Querschnittsform*, siehe auch *2.16.19 Modell-Optionen*).



Falls ein Liniennetz einem Stab zugewiesen wurde (**siehe...** 4.11.1.1 Netzgenerierung von Linienelementen), kann für jedes Finite Element eine andere tatsächliche Bewehrung definiert werden (*Einstellungen / Grundeinstellungen / Bearbeiten / Selektion von finiten Elementen auf Linien einschalten*). Wird die Anzeige vom Liniennetz ausgeschaltet, werden drei Querschnittsformen angezeigt. Eine am Angang, eine in der Mitte und eine am Ende vom Element. Ist die tatsächliche Bewehrung über den ganzen Querschnitt konstant, wird nur eine Querschnittsform angezeigt.



Der Querschnitt kann während der Definition der Balkenbewehrung verändert werden. Wenn der zugewiesene Querschnitt nicht identisch ist mit dem Querschnitt in den Balkenbehrungsparametern, wird die Querschnittsform mit einer rot gepunkteten Linie dargestellt.



Nichtlineare Analyse

Der Wert einiger Parameter, die während der nichtlinearen Analyse berücksichtigt werden (**siehe...** 6.5.5 *Nichtlineare Berechnung der Balken- und Stützenbewehrung*), können durch den Nutzer eingestellt werden:

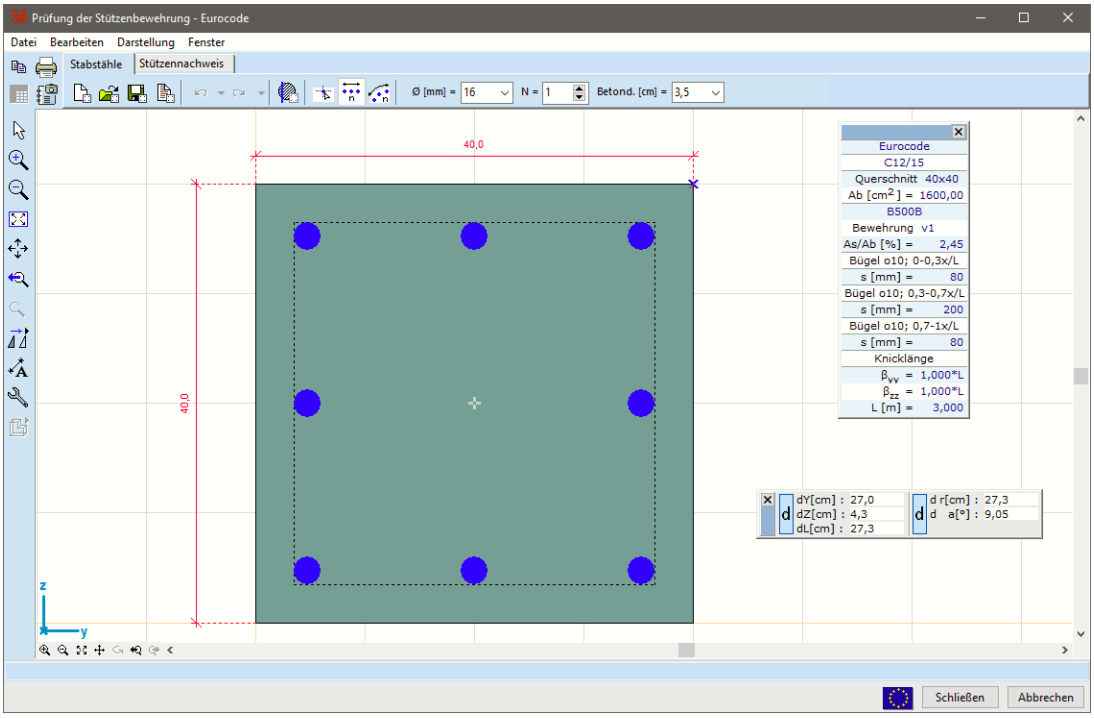
- Berücksichtigung der Zug- oder Biegezugfestigkeit von Beton
- Endgültige Betondehnung aufgrund von Schwinden

6.5.4. Tatsächliche Bewehrung gegen zweiachsige Biegung (Stütze)



Die Bewehrungseigenschaften bei zweiachsiger Biegung können im unteren Fenster vorgenommen werden.
Jedes Finite Element kann andere Bewehrungseigenschaften bekommen (*Einstellungen / Grundeinstellungen / Bearbeiten /Selektion von finiten Elementen auf Linien einschalten*). Der Nachweis der tatsächlichen Bewehrung kann nachträglich durchgeführt werden (**siehe...** *6.5.9 Bemessung der Stützenbewehrung RC2 Modul*).

☞ ***Diese Bewehrung kann für Stahlbetonbauteile mit zweiachsiger Biegung verwendet werden. Es können auch horizontale Bauteile (Balken) damit bewehrt werden, eventuell ist aber die Balkenbewehrung (einachsig) praktikabler.***





Darstellung zur Galerie hinzufügen



Eine neue Bewehrung definieren

Laden



Laden eines neuen Betonquerschnittes und/oder Bewehrung aus der zu diesem Modell definierten Querschnitten.

☞ ***Es kann nur ein mit geometrischen Eigenschaften definierter Vollquerschnitt (dickwandig) sein!***

Speichern



Speichern einer Bewehrung unter einem Namen. Die gespeicherte Bewehrung kann später für einen anderen Querschnitt geladen werden.



Liste von bestehenden Stützenbewehrungen. Sie können diese sortieren und die markierten reihen löschen.

Bewehrung definieren

Unter Stabstähle sind die folgenden Einstellungen zu finden:

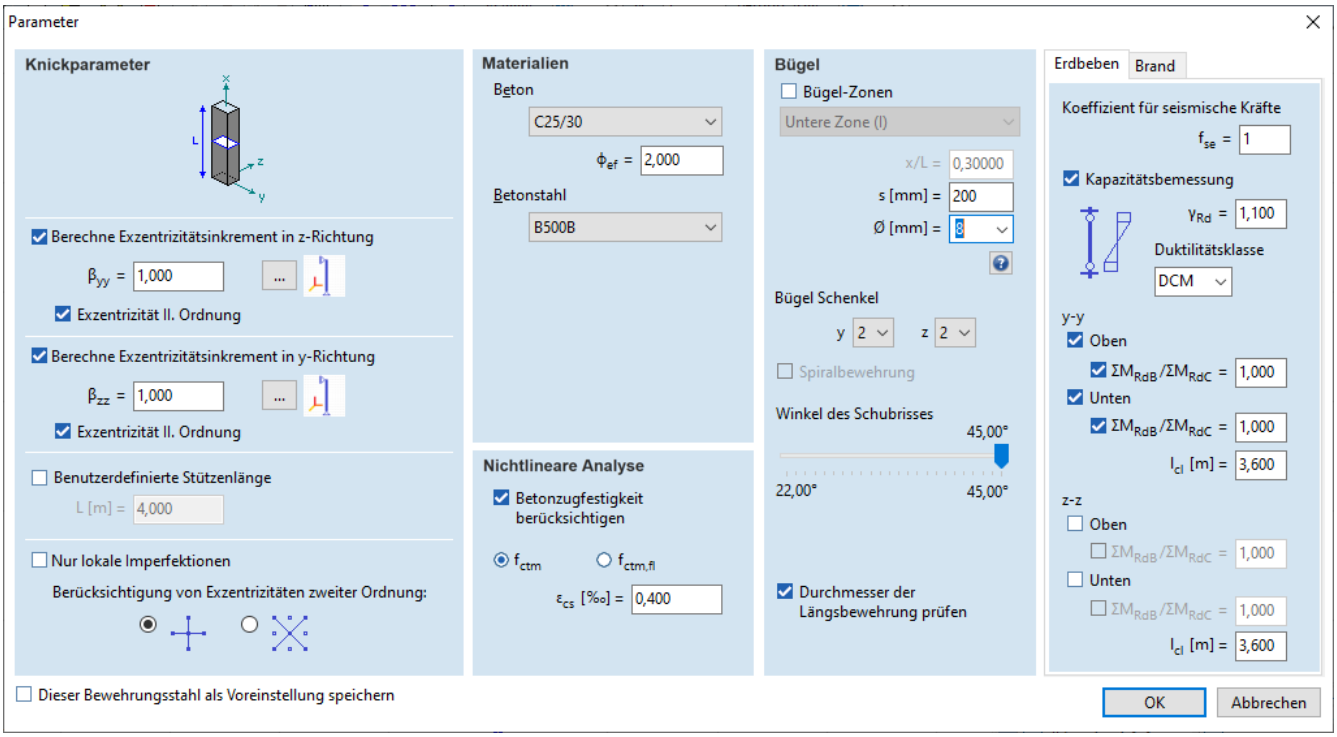


Parameter

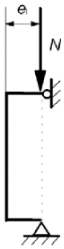
Hier können Sie die Parameter für den Nachweis von Stahlbetonstützen festlegen. Der Nachweis umfasst den Biegenachweis mit oder ohne Axialkraft, den Nachweis auf Versagen durch Schub und Torsionseffekte.
Die ungünstigen Exzentrizitätserhöhungen, die auf der Grundlage der Knickparameter festgelegt werden, werden in der Beanspruchungstabelle angezeigt..
Es kann kontrolliert werden, ob Exzentrizitätsinkremente, die durch die Bemessungsnorm vorgeschrieben sind, in einer bestimmten Richtung angewendet werden oder nicht.
Exzentrizitäten zweiter Ordnung können zur selben Zeit oder unabhängig in jeder Richtung berücksichtigt werden.
In geprüften Richtungen können Knicklängenfaktoren β_{yy} und β_{zz} angegeben werden (β_{yy} in der *x-z* Ebene und β_{zz} in der *x-y* Ebene).
Es ist auch möglich, die bei der Knicklängenberechnung verwendete Stützenhöhe zu ändern und die Knickfigur auszuwählen.Sie können den Koeffizienten der Erdbebenkräfte unter *4.10.24 Erdbebenbemessung – SE1 Modul finden.*

Die berücksichtigte Betonklasse in der Berechnung kann gegenüber der Betonklasse geändert werden, die dem Strukturelement zugeordnet ist. Dies erlaubt dem Benutzer, die Tragsicherheit der Stütze mit einer anderen Betonklasse ohne neue statische Analyse zu bewerten.
ϕef ist das sogenannte effektive Kriechverhältnis gemäss Abschnitt 5.8.4 der Norm EN 1992-1-1. Bezogen auf die nichtlineare Analyse der Stütze (**siehe...** *6.5.5 Nichtlineare Berechnung der Balken- und Stützenbewehrung*) kann die Berücksichtigung von Zugfestigkeit und Schwinden spezifiziert werden.
Für die Stütze kann ein konstanter oder variabler Bügelabstand (drei verschiedene Abstände mit unterschiedlichen Durchmessern) definiert werden. x / L bezieht sich auf eine relative Entfernung vom unteren Stützenende bis zur Grenze von Abschnitten mit anderen Bügelparametern. Die Anzahl der Bügel ist entlang des Elements gleichförmig, sie kann jedoch jeweils parallel zu den y- und z-Achsen unterschiedlich sein. Der berücksichtigte Scherrisswinkel kann ebenfalls vom Benutzer definiert werden. Bei Stützen mit kreisförmigem Querschnitt kann auch eine Spiralbewehrung verwendet werden.
Bei dissipativen Strukturen mit der Duktilitätsklasse DCM oder DCH (EN 1998-1-1) werden die Bemessungswerte der Querkräfte gemäss der Kapazitätsbemessungsvorschrift bestimmt (sofern der Lastfall Erdbeben in der ausgewählten Lastkombination enthalten ist), auf der Basis des Gleichgewichts der Stütze unter den Endmomenten Mi, d (i = 1,2 bezeichnet die Enden der Stütze), entsprechend der plastischen Gelenkbildung für die positive und negative Richtung der Erdbebenbelastung. (**siehe...** *6.5.9 Bemessung der Stützenbewehrung RC2 Modul*). Die folgenden Parameter können vom Benutzer festgelegt werden: der Sicherheitsfaktor, die Duktilitätsklasse, die lichte Länge der Stütze (lichte Länge: der Abstand zwischen den Enden, wosich plastische Gelenke bilden können) und das Verhältnis zwischen der Summe der Momentenaufnahmekapazität von Trägern und Stützen, die mit demselben Gelenk verbunden sind.

Detaillierte Informationen zur Brandbemessung von Stahlbetonstützen finden Sie in einem nachfolgenden Abschnitt (**siehe**... *6.5.12 Brandbemessung von Stahlbetonträgern und -stützen – RC8-B Modul*).

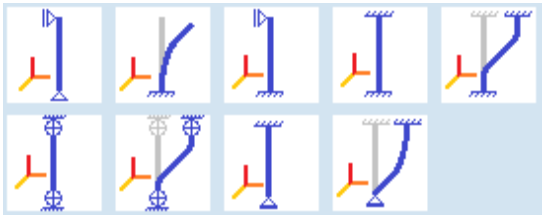


Wenn globale Imperfektionen durch zusätzliche Lasten auf das Tragwerk berücksichtigt werden, müssen sie bei der Berechnung der Stützenbewehrung ignoriert werden. Um dies zu erreichen, aktivieren Sie *Nur lokale Imperfektionen*. Wenn eine pendelförmige Knickfigur gewählt wird, wird nur eine konstante lokale geometrische Imperfektion berücksichtigt (**siehe...** *6.5.9 Bemessung der Stützenbewehrung RC2 Modul*).



Knickfiguren

Exzentrizitäten zweiter Ordnung werden basierend auf der gewählten Knickfigur berechnet (**siehe...** *6.5.9 Bemessung der Stützenbewehrung RC2 Modul*). Knicklängenfaktoren werden entsprechend geändert, können aber überschrieben werden.



Überprüfen des Durchmessers der Längsbewehrung

Möglicherweise werden einige der Längseisen hinsichtlich Durchmesser und Abstand der Bügel bei der Kompression nicht berücksichtigt (der Abstand sollte basierend auf dem ausgewählten Konstruktionscode weniger als 12 bis 20 Zoll betragen). Wenn dieses Kontrollkästchen deaktiviert ist, überprüft die Software nicht, ob dieses Kriterium vollständig erfüllt ist.

☞ ***Die gegebenen Knickfiguren und Knicklängenfaktoren sind den lokalen y- und z-Achsen des Abschnitts zugeordnet. Dementsprechend werden während der Berechnung von lokalen geometrischen Imperfektionen und Exzentrizitäten zweiter Ordnung Biegeträgheiten bezüglich y- und z-Achsen berücksichtigt (siehe...*** *6.5.9 Bemessung der Stützenbewehrung RC2 Modul*).

Bewehrungsstäbe

Bewehrung auf Punkt / Bewehrung auf Betondeckung



Positionieren Sie das Fadenkreuz auf den gewünschten Punkt, und drücken Sie die Befehlstaste. Ein Bewehrungsstab mit angegebenem Durchmesser wird sofort angelegt.

Klicken Sie den Eckpunkt, Seitenmittelpunkt oder Kante des Querschnittes an, und ein Bewehrungsstab wird mit Berücksichtigung der vorgegebenen Betondeckung angelegt.

Aufteilen



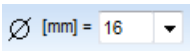
Erstellt *N+1* Stäbe zwischen den zwei Punkten mit gleichmässiger Aufteilung.

Aufteilen in Kreisbogen



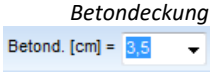
Nach der Definition des Kreismittelpunktes und des Anfangs- und Endpunktes des Kreisbogens teilt das Programm entlang des Kreisbogens zwischen den zwei Punkten *N+1* Bewehrungsstäbe mit gleichmässigem *(N)* Abstand aus. Wenn ein ganzer Kreis gezeichnet wird, werden N Bewehrungsstäbe gleichmässig um den Kreis gelegt.

Durchmesser



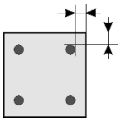
Erstellen/ändern des Durchmessers des Bewehrungsstabes.
Beim Ändern des Durchmessers sind die modifizierenden Bewehrungsstäbe auszuwählen und dann sollen die neuen Durchmesser entweder aus der Liste zugeordnet oder im Feld eingegeben werden.

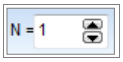
Betondeckung



Erstellen und ändern der Betondeckung. Die Betondeckung wird bei der Positionierung der Bewehrung berücksichtigt.

☞ ***Die Betondeckung ist der Abstand vom Rand der Bewehrung bis zu der Aussenkante des Querschnitts.***





N ist eine Teilende Zahl, wird bei der Positionierung der Bewehrung berücksichtigt.

Verschieben



Die selektierten Bewehrungsstäbe werden mit dem gegebenen Abstand verschoben, oder durch Verschiebung n Kopien erstellt.

Rotieren



Die selektierten Bewehrungsstäbe werden rotiert, oder durch Rotieren n Kopien erstellt.

Spiegeln



Die selektierten Bewehrungsstäbe werden gespiegelt, oder spiegelbildlich kopiert.

Anzeige der tatsächlichen Bewehrung

Die tatsächliche Bewehrung kann im Modell angezeigt werden, nachdem die tatsächliche Bewehrung einem Element zugewiesen wurde. Dazu ist die Anzeige der Querschnittsform einzuschalten (*Darstellung / Symbole / Grafische Symbole / Querschnittsform*, **siehe** auch *2.16.18 Darstellung*). **Siehe** *auch 6.5.3 Balkenbewehrung (einachsige Biegung)*

Nichtlineare Analyse

Der Wert einiger Parameter, die während der nichtlinearen Analyse berücksichtigt werden (**siehe...** *6.5.5 Nichtlineare Berechnung der Balken- und Stützenbewehrung)* können durch den Nutzer eingestellt werden:

- Berücksichtigung der Zug- oder Biegezugfestigkeit von Beton
- Endgültige Betondehnung aufgrund von Schwinden

Normalisierte Normalkraft in der Bemessungssituation Erdbeben

Das Verformungsvermögen von Stahlbetonbauteilen im Erdbebenfall hängt unter anderem von Vorzeichen und Betrag der Normalkraft im Bauteil ab. Aus diesem Grund muss die Normalkraft in den Elementen begrenzt werden. Zur Unterstützung des Bemessungsprozesses und zur Überprüfung der Normalkraft in den Elementen kann für Betonlinienelemente eine normierte (normalisiert auf $A_c f_{cd}$) Normalkraft-Ergebniskomponente berechnet und angezeigt werden.

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}}$$

Es ist wichtig zu beachten, dass in dieser Berechnung die Druckkraft positiv ist. Im Falle einer Zugkraft wird ein negativer Wert angezeigt, der natürlich nur ein Hinweis ist, da der Beton hohe Zugkräfte nicht aufnehmen kann. Wenn Zugkräfte vorhanden sind, wird eine Warnmeldung angezeigt.
Diese Ergebniskomponente wird nur für Erdbebenlastfälle, seismische Lastkombinationen (mit oder ohne Erdbebenlastfällen in der Kombination, es kommt auf die Art der Kombination an), seismische Umhüllende sowie massgebende seismische Kombinationen (Min./Max.) berechnet.

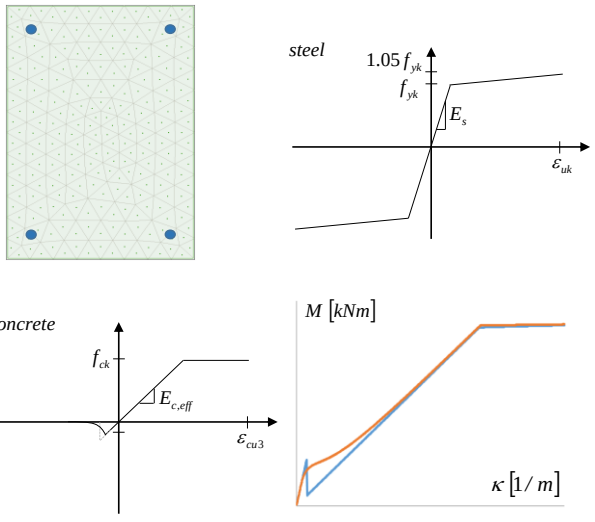
☞ ***Die normierte Normalkraft wird für jedes Betonlinienelement (einschliesslich Fachwerkstab, Stab- und Plattenbalkenelemente) unter Berücksichtigung des angegebenen Betonmaterials und -querschnitts durch die Definition des Linienelements automatisch berechnet. Wenn dem Element eine tatsächliche Balkenbewehrung zugewiesen ist, werden anstelle der ursprünglichen Parameter das Betonmaterial und der bewehrte Querschnitt berücksichtigt.***

6.5.5. Nichtlineare Berechnung der Balken- und Stützenbewehrung

Für eine nichtlineare Berechnung kann die tatsächliche Bewehrung, die Betoneigenschaften und das nichtlineare Stahl/Beton-Verhalten (**siehe...** *5.1 Statik*) für folgende Normen berücksichtigt werden:

Eurocode 2: EN 1992-1-1:2010
SIA: SIA 262:2013

Die Schnittkräfte werden durch numerische Integration der Faserspannung am Integrationspunkt nach Gauß berechnet, basierend auf den ε Normalspannungen, κy und κz Krümmungen und kompatibel mit der Dehnung. Der Betonquerschnitt wird in dreieckige Fasern aufgeteilt; für die Stahlbewehrung werden runde Fasen zugeordnet. Die Faserspannungen sind aufgrund der Dehnungen in der Mitte der Faser und aufgrund des nichtlinearen Beton/Stahl Materialmodells berechnet. Die Unterschiede zwischen den Materialmodellen vom EC und SIA sind lediglich in den Festigkeitswerten, Grenzdehnungen. Die Form der Materialmodelle ist identisch.



Um Konvergenzprobleme zu vermeiden, wurde das Materialverhalten vom Beton auf der Zugseite verändert. Basierend auf den Ergebnissen des Verifikationstests sind die berechneten Verschiebungen nah an den verschiebungen die mit der Standardformel berechnet werden. Die Abweichung war in jedem untersuchten Fall geringer als 5%.

Die Zugspannung im Beton wird mit der folgenden Formel berechnet, die auf einer ungefähren Methode aus Abschnitt 7.4.3 von EN 1992-1-1 basiert:

$$\sigma = E\varepsilon(1-\zeta)$$

$$\zeta = \min\left[\max\left[1-\alpha\beta\left(\frac{f_t}{E\varepsilon}\right)^{\gamma};0\right];1\right]$$

Die α- und γ-Faktoren werden entsprechend den Ergebnissen einer parametrischen Studie (als Funktion des Verhältnisses des Elastizitätsmoduls von Beton und Stahl und als Funktion des Bewehrungsgehalts) ausgewählt, um die Verformungen in guter Übereinstimmung mit Abschnitt 7.4.3 von EN 1992-1-1 zu berechnen.

☞ ***β ist ein Koeffizient, der den Einfluss der Dauer der Belastung berücksichtigt. Gemäss EN 1992-1-1 kann β bei Dauerbelastung und Kurzzeitbelastung jeweils zu 0,5 und 1,0 gewählt werden. Wenn Kriechen in der nichtlinearen Analyse berücksichtigt wird, wird β zu 0,5 gewählt. Wenn Kriechen in der nichtlinearen Analyse nicht berücksichtigt wird, kann β = 0,5 oder β = 1,0 verwendet werden. Der Wert für diese Fälle kann im Fenster Bemessungsnormen angegeben werden (siehe… 3.3.7 Norm)***.

Kriechen und Schwinden

Die Berücksichtigung von Kriechen und Schwinden bei nichtlinearer statischer Analyse kann beim Start der Analyse festgelegt werden (**siehe…** *5.1 Statik*). Kriechen wird durch die Änderung des Elastizitätsmoduls des Betons berücksichtigt. Im Falle von Schwinden werden den berechneten Dehnungen eine konstante Dehnung ε und eine Krümmung κ (berechnet aus der Anordnung und der Menge der Bewehrung) entsprechend der gegebenen Schwinddehnung hinzugefügt (**siehe…** *6.5.3 Balkenbewehrung (einachsige Biegung)* und *6.5.4 Tatsächliche Bewehrung gegen zweiachsige Biegung (Stütze)*).

☞ ***Der Grund für die Berücksichtigung der tatsächlichen Bewehrung in einer nichtlinearen statischen Berechnung liegt in der genaueren Durchbiegungsberechnung für die Gebrauchstauglichkeit (SLS) von Linienelementen aus Beton. Zur Überprüfung des Grenzzustands der Tragfähigkeit (ULS) von Betonelementen wird die Anwendung dieser Faserintegration nicht empfohlen. Es ist auch wichtig darauf hinzuweisen, dass die Ergebnisse einer nichtlineare statische Berechnung nicht für PushOver Berechnungen verwendet werden (siehe… 4.10.25 Pushover Lasten – SE2 Modul), da die gezeigten Materialmodi keine zykliche Abschwächung der Festigkeit, Knicken der Bewehrungseisen, usw. im Beton und Stahl berücksichtigt.***

☞ ***Bei Verbundquerschnitten wird das nichtlineare Verhalten nicht berücksichtigt. Elemente mit Verbundquerschnitten werden als lineare Elemente behandelt. Um einen Kriecheffekt bei einem Verbundprofil zu berücksichtigen, muss Betonmaterial mit reduziertem E-Modul zugeordnet werden.***

Nach Abschluss der nichtlinearen Berechnung mit tatsächlicher Bewehrung kann folgende Meldung erscheinen:

1. *„Inkrement X, Balken Y: Normalkraft übersteigt den Zug/Druck Widerstand"*
   Normalkraft überschreitet den Zug-/Druckwiderstand für zentral belastete Träger.
2. *„Inkrement X, Balken Y: Biegemoment übersteigt den Biegewiderstand"*
   Das Biegemoment bei Inkrement X überschreitet den Biegewiderstand in diesem Querschnitt des Trägers.
3. *„Inkrement X, Balken Y: Längsbewehrung für Zug ist nicht ausreichend"*
   Longitudionale Bewehrung auf der Zugseite ist weniger als die vorgeschlagene Mindestbewährung nach Eurocode 2. Deshalb ist sprödes Verhalten zu erwarten im Falle von plötzlichen und beträchtlichen Rissentwicklungen, welche zu Konvergenzprobleme führen können.
4. *„Inkrement X, Balken Y: Dehnung übersteigt Dehngrenze"*
   Die Denung auf der Höhe des Bewehrungsstahls oder in der äussersten Druckfaser überschreitet den Grenzwert.

Diese Meldungen werden angezeigt um den Fehler, welcher während dem Definieren der tatsächlichen Bewehrung aufgetreten ist, zu finden und zu korrigieren.

6.5.6. Nichtlineare Berechnung von Stahlbetonflächen

Im Falle linearer statischer Analyse wird die Plattenverformung elastisch berechnet. Tatsächlich ist das Verhalten von Stahlbetonplatten aber nichtlinear aufgrund zwei gegensätzlicher Effekte. Die Bewehrung erhöht den Biegewiderstand während die Rissbildung diesen verringert.
Die nichtlineare Verformungsanalyse für Stahlbetonplatten berückschtigt diese Effekte unter Verwendung der tatsächlichen oder der berechneten Bewehrung.

☞ ***Die nichtlineare Berechnung von Stahlbetonflächen (mit Berücksichtigung von nichtlinearem Material und Tragverhalten) kann für die Durchbiegung im Gebrauchstauglichkeitsfall verwendet werden.***
Der Tragsicherheitsnachweis von Stahlbetonelementen it diesem Faserintegrationsmodell wird nicht empfohlen. Es ist auch wichtig zu beachten, dass das vorliegende Modell nicht in der Pushover-Analyse verwendet werden kann, um das nichtlineare Verhalten von Stahlbetonelementen anstelle von plastischen Gelenken zu berücksichtigen (siehe... *4.10.25 Pushover Lasten – SE2 Modul*) ***weil die vorgestellten Materialmodelle den zyklischen Steifigkeits- und Festigkeitsabbau im Beton und Stahl, das Knicken von Bewehrungsstäben, etc. nicht berücksichtigen.***

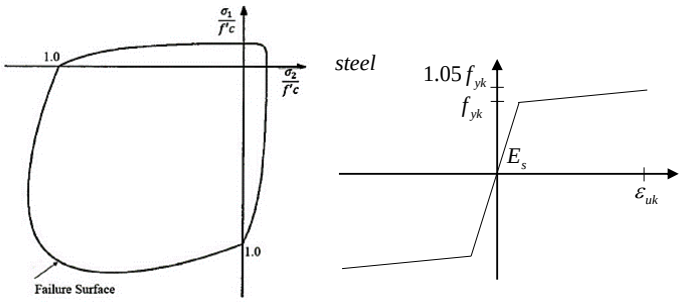
Bemessungsnorm

MSz:	MSz 15022-1:1986
Eurocode 2:	EN 1992-1-1:2010
SIA**:**	SIA 262:2013

Berechnung

Nichtlinearität ε-N; κ -M

Innere, zu den Dehnungen kompatible Spannungen werden mithilfe numerischer Integration von Faserspannungen an Gauss-Integrationskurven, basierend auf den Dehnungen ε_x, ε_y und ε_{xy} und Krümmungen κ_x, κ_y und κ_{xy} berechnet. Der Betonquerschnitt wird in Fasern (in diesem Fall Schichten) aufgeteilt; für die Stahlbewehrung werden unabhängige Fasern mit einer Kreisform dargestellt. Die Faserspannungen werden aufgrund der Dehnung im Zentrum der Faser berechnet und basieren auf dem nichtlinearen Materialmodell für Stahl/Beton.



Nichtlinearität ε-N (Wand)

In diesem Fall wird das nichtlineare Verhalten nur im Zusammenhang mit normalen Dehnungen und Membrankräften betrachtet. Biegemomente werden ohne Berücksichtigung von Membrankräften elastisch berechnet.

Nichtlinearität κ –M (Decke)

In diesem Fall wird das nichtlineare Verhalten nur bei der Verbindung von Krümmungen und Biegemomenten berücksichtigt. Biegemomente werden unabhängig voneinander in x- und y-Richtung integriert, wobei der Einfluss von Membrankräften auf das Biegeverhalten berücksichtigt wird. Membrankräfte und Mxy werden elastisch berechnet.

☞ ***Bei Platten mit starker Torsion kann eine nichtlineare Analyse, die nur auf dem κx-Mx / κy-My Biegeverhalten basiert, die Durchbiegung unterschätzen. Daher wird empfohlen, das ε-N / κ-M Modell zu verwenden, das nichtlineares Verhalten in Bezug auf die sechs Beanspruchungs- und internen Kraftkomponenten modellieren kann.***
Im Falle eines nichtlinearen κ-M-Modells wird zur Berechnung realistischerer Verformungen die Torsionssteifigkeit in der Steifigkeitsmatrix als reduzierter Wert betrachtet, wenn die Oberfläche an einem bestimmten Punkt sowohl in x- als auch in y-Hauptrichtungen reisst. Wenn die Höhe der Risszone beträchtlich ist (> 0,5H), wird die Torsionssteifigkeit auf 15% des ursprünglichen Elastizitätswertes reduziert. Dazwischen wird linear interpoliert.

☞ ***Die nichtlineare Analyse von schief bewehrten Betonflächenelementen ist nicht erlaubt. Diese Flächenelemente werden als materiell lineare Elemente behandelt, ohne dass Rissbildung und Bewehrung berücksichtigt werden. Der Elastizitätsmodul wird unter Berücksichtigung des definierten Kriechbeiwerts berechnet.***

Bewehrungmenge

Die aktuelle oder berechnete Bewehrung kann in der nichtlinearen statischen Analyse berücksichtigt werden, indem Sie im Dialog Nichtlineare statische Analyse die Option Bewehrung in Berechnung berücksichtigen wählen. (**siehe...** *5.1 Statik*). Die Übereinstimmung nichtlinearer Analysen ist abhängig von der Menge Bewehrung. Um Übereinstimmungsprobleme zu vermeiden, wendet AxisVM die von der Bemessungsnorm vorgeschriebene Mindestbewehrung an, wobei die tatsächliche Bewehrung (oben oder unten) nur in eine Richtung definiert ist. Die Übereinstimmung ist normalerweise besser bei der Verwendung tatsächlicher Bewehrung. Es wird empfohlen, bei der Definition von Bewehrungsparametern für Flächen die Option Mindestbewehrung berücksichtigen zu verwenden (**siehe...** *6.5.1 Parameter der Flächenbewehrung und Bewehrungsberechnung - RC1*).

Elemente innerhalb der Konturen von Stützen

Wenn die Option *Netz an Stützenköpfe* anpassen in der Bereichsnetzgenerierung ausgewählt ist, können finite Elemente innerhalb der Konturen von Stahlbetonstützen identifiziert werden. Um Übereinstimmungsprobleme zu vermeiden, wird das nichtlineare Verhalten dieser Elemente bei der Berechnung vernachlässigt.

Kriechen und Schwinden

Die Berücksichtigung von Kriechen und Schwinden in der nichtlinearen statischen Analyse kann beim Starten der Analyse eingestellt werden (**siehe...** *5.1 Statik*). Schwinden wird nur für die Biegeverformung berücksichtigt. Kriechen wird durch die Modifizierung des E-Moduls des Betons berücksichtigt. Schwinden wird folgendermassen berücksichtigt:

Nichtlinearität ε-N; κ -M

Zwei berechnete (basierend auf der vorh. Bewehrung) Krümmungen (κ_x und $\kappa_{y)}$ werden bei für die berechneten Dehnung berücksichtigt. (**siehe...** *6.5.1 Parameter der Flächenbewehrung und Bewehrungsberechnung - RC1*).

Nichtlinearität ε-N (Wand)

Die Bewehrung von Wänden ist üblicherweise Symmetrisch, daher werden die Schwindkrümmungen für diesen Fall nicht berücksichtigt.

Nichtlinearität κ –M (Decke)

Zwei berechnete Schwindungen (basierend auf der vorh. Bewehrung) sind den berechneten Spannungen entsprechend der vorh. Schwindspannung hinzugefügt worden.

Warnmeldungen

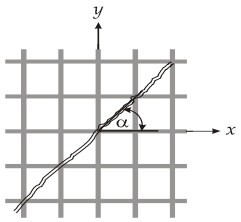
Nach Abschluss der nichtlinearen Analyse mit tatsächlicher Bewehrung können die folgenden Warnmeldungen angezeigt werden:

- *"Normalkraft übersteigt den Normalkraftwiderstand."*
- *"Dehnung überschreitet die Grenzdehnung."*
  (Beachte: bei Druckbeanspruchung von Bewehrung oder Beton)

6.5.7. Rissnachweis

Normen

Eurocode 2: EN 1992-1-1:2004
DIN: DIN 1045-1:2001-07



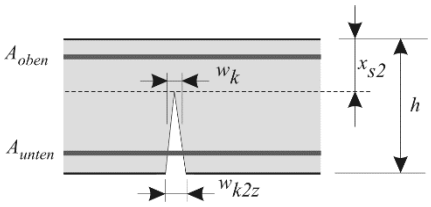
Nach Zuweisen der tatsächlichen Bewehrung berechnet das Programm die Rissbreiten und Riss-Richtungen in den Flächenelementen (Platte, Scheibe und Schale). Die Rissbreitenberechnung nach Eurocode 2 basiert auf Zustand II.
Die Berechnung kann mit Bewehrungsrichtungen relativ zu den lokalen x- und y-Achsen des Flächenelements oder mit beliebigen Bewehrungsrichtungen ξ und η durchgeführt werden.
Das Programm zeigt die Rissbreiten grafisch mit farblicher Codierung an, kann Riss-Karten und Risswinkel zeichnen.

Resultate

Die Berechnung der Rissweiten kann nicht nur für die erforderliche sondern auch für die vorhandene Bewehrung durchgeführt werden (mit * markiert, z.B. *wk** oder *wk2**). Die Rissweiten, welche für den erforderlichen Bewehrungsgehalt berechnet werden, können nur als Näherungswerte betrachtet werden, da die schlussendlich vorhandene Bewehrung von der erforderlichen abweicht.
Die Resultattabelle zeigt folgende Informationen:

Aa(x/ξ),	Vorhandene Bewehrung in ***x*** und ***y*** (bzw. in ***ξ*** und ***η*** *im Fall von* schiefwinkliger Bewehrung
Aa(y/η)	) Richtungen
wk	Rissbreite in der Achse der Bewehrungsstäbe
wk2	Rissbreite an Plattenunterseite
xs2	Abstand der Neutralachse bezogen auf den Rand der Druckseite
σ_{s2}	Spannung in der Bewehrung

wR Risswinkel bezogen auf die lokale x Richtung
nx, ny, nxy, mx, my, mxy Schnittkräfte/Momente der Flächenelemente



☞ ***Eine Warnung wird angezeigt, fall die Stahlspannung in der Bewehrung höher als die charakteristische Streckgrenze ist.***
Die Rissbreitenberechnung basiert auf der den Flächenelementen zugeordneten tatsächlichen Bewehrung.

6.5.7.1. Berechnung nach Eurocode 2

$w_k = s_{r,max}(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$, wobei $s_{r,max}$ der maximale Rissabstand ist, ε_{sm} die Stahldehnung ist und ε_{cm} die Betondehnung zwischen den Rissen ist.

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_{s2} - \frac{k_t f_{ctm}}{\rho_{\rho,eff}}\left(1 + \frac{E_s}{E_{cm}}\rho_{\rho,eff}\right)}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_{s2}}{E_s}$$

$s_{r,max} = \mathrm{k}_3 \cdot c + \mathrm{k}_4 \cdot k_1 k_2 \frac{\overline{\Phi}}{\rho_{\rho,eff}}$, ($s_{r,max} = \sigma_{s2}\phi / 3.6 f_{ct,eff}$ gemäss DIN EN 1992-1-1)

wobei

$\overline{\phi}$ ist der durchschnittliche Stabdurchmesser,

c ist die Betondeckung,

k_1 ist ein Faktor, der abhängig ist von der Staboberfläche (gerippt oder glatt),

k_2 ist ein Faktor, der abhängig ist von der Eigenschaft des exzentrischen Zuges

k_3 ist ein Faktor gleich 3.4

k_4 ist ein Faktor gleich 0.425

k_3 und k_4 können im Fenster Bemessungsnormen in der Registerkarte Stahlbeton eingestellt werden (**siehe...** *3.3.7 Norm)*

k_t ist ein Lastdauerfaktor

für kurzfristige Lasten	k_t = 0,6
für langfristige (permanente) Lasten	k_t = 0,4

$\rho_{\rho eff} = A_s / A_{c,eff}$ ist der effektive Bewehrungsgehalt.

Falls glatter Stabstahl verwendet wird oder der Abstand zwischen gerippten Stabstählen den Wert $5 \cdot (c + \overline{\Phi}/2)$ überschreitet, dann wird $s_{rmax} = 1.3 \cdot (h - x_2)$.

Das Programm berücksichigt die Tatsache, dass die Rissbildung zu keiner Bewehrungsrichtung senkrecht ist und berechnet die Risswinkel bezogen auf die x-Achse.

6.5.7.2. Berechnung nach DIN 1045-1

$w_k = s_{r,max}(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$, wobei $s_{r,max}$ der maximale Rissabstand ist, ε_{sm} die Stahldehnung ist und ε_{cm} die Betondehnung zwischen den Rissen ist.

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_{s2} - 0.4 \cdot \frac{f_{ctm}}{\rho_{eff}}\left(1 + \frac{E_s}{E_{cm}}\rho_{eff}\right)}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_{s2}}{E_s}$$

$$s_{rmax} = \frac{\overline{d}}{3.6 \cdot \rho_{eff}} \leq \frac{\sigma_{s2}\overline{d}}{3.6 f_{ctm}}$$

, wobei

$\overline{d}$ der durchschnittliche Stabdurchmesser ist

$\rho_{\rho eff} = A_s / A_{c,eff}$ ist der effektive Bewehrungsgehalt.

Das Programm berücksichigt die Tatsache, dass die Rissbildung zu keiner Bewehrungsrichtung senkrecht ist und berechnet die Risswinkel bezogen auf die x-Achse.

6.5.8. Schubwiderstandsberechnung von Platten und Schalen – RC3 Modul

Normen

Eurocode 2: EN 1992-1-1:2004
DIN: DIN 1045-1:2001-07
SIA: SIA 262:2013

AxisVM berechnet den Schubwiderstand von bewehrten Platten oder Schalen ohne Schubbewehrung und den maximalen Schubwiderstand von Platten- und Schalenstrukturen mit Schubbewehrung gemäss Druckversagen des Betons. Ferner werden die resultierende Bemessungs-Querkraft, die Hauptrichtung (φ), die Differenz zwischen der Bemessungs-Querkraft und dem Schubwiderstand ohne Schubbewehrung und das Verhältnis der Bemessungs-Querkraft und dem maximalen Schubwiderstand mit Schubbewehrung berechnet.
Dieses Feature ist nur für die folgenden Bereiche vorhanden (**siehe...** *4.9.6 Bereich*):

- Normale Bereiche
- Verbundrippendecken
- Paramterisierte Rippendecken
- Bereiche mit benutzerdefinierten Steifigkeitsmatrix
- AIRDECK-Platten
- Trapezblechverbunddecken (wenn die Option *Trapezblech nur als Schalung verwendet* gewählt ist)

☞ ***Aufgrund der Unterschiede in den Vorschriften in Bezug auf Abscheren und Durchstanzen kann diese Berechnung und eine Überprüfung aufgrund der vorgestellten Ergebniskomponenten den Durchstanznachweis nicht ersetzen!***

$v_{Ed} = \sqrt{v_{xz}^2 + v_{yz}^2}$ ist die resultierende Scherkraft, wobei v_{xz}, und v_{yz} die Scherkraftkomponenten in den Ebenen normal zu den lokalen x und y Richtungen sind.

$\phi = \arctan(v_{yz}/v_{xz})$ ist der Winkel der Ebenennormalen, in welcher die Resultierende Scherkraft q_{Rz} liegt (dieser Winkel kann als Resultatkomponente angezeigt werden).

$d = (d_x + d_y)/2$ ist die mittlere effektive Höhe.

Orthogonale x/y Bewehrung:
$\rho_l = \rho_x \cos^2 \phi + \rho_y \sin^2 \phi$ ist der Bewehrungsgehalt in Längsrichtung.
ρ_x und ρ_y sind Bewehrungsgehalte berechnet aus der Zugbewehrung in x- und y-Richtung der Bewehrung.
Schiefe Bewehrung:
$\rho_l = \rho_\xi \cos^2(\phi - \alpha) + \rho_\eta \cos^2[\beta - (\phi - \alpha)]$ ist der Bewehrungsgehalt in Längsrichtung.
ρ_ξ und ρ_η sind Bewehrungsgehalte berechnet aus der Zugbewehrung in ξ und η Richtung.

☞ ***Die Berechnung des Schubwiderstandes basiert auf der aktuellen, den Flächenelementen zugewiesenen Bewehrung.***

6.5.8.1. Berechnung nach Eurocode 2

Der Schubwiderstand ist

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c}k(100 \cdot \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1\sigma_{cp}\right] \cdot d \geq \left(v_{min} + k_1\sigma_{cp}\right) \cdot d$$

wobei

$$C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c}, \qquad k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2.0, \qquad k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \leq 0.2\, f_{cd}, \qquad v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

N_{Ed} ist die Normalkraft in der Schale senkrecht zur Ebene von q_{Rz}.
N_{Ed} ist positive bei Druck.
Der Bewehrungsgehalt ist $\rho_l \leq 0.02$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} z \nu_1 f_{cd} \frac{\cot\theta + \cot\alpha}{1 + \cot^2\theta}$$

wobei

$$\nu_1 = \nu = 0.6\left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right]$$

$$\alpha_{cw} = 1.0 \leftarrow \sigma_{cp} = 0$$

$$\alpha_{cw} = \left(1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}\right) \leftarrow 0 < \sigma_{cp} \leq 0.25 f_{cd}$$

$$\alpha_{cw} = 1.25 \leftarrow 0.25 f_{cd} < \sigma_{cp} \leq 0.5 f_{cd}$$

$$\alpha_{cw} = 2.5\left(1 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}\right) \leftarrow 0.5 f_{cd} < \sigma_{cp} \leq f_{cd}$$

z ist der Hebelarm der inneren Kräfte

Berechnung des Hebelarms der inneren Kräfte

Der Hebelarm der inneren Kräfte wird auf eine der beiden folgenden Arten berechnet, basierend auf den vom Benutzer festgelegten Einstellungen. (**Siehe...** *6.5.1 Parameter der Flächenbewehrung und Bewehrungsberechnung - RC1*) :

- Berechnung der inneren Kräfte basierendem auf dem Gleichgewicht eines dreischichtigen Sandwichmodells;
- annähernd: $z = 0.9d$

Berechnung der erforder-lichen Schub-bewehrung

Wenn v_{Ed} grösser als $V_{Rd,c}$ ist, muss die Querkraftbewehrung einer Querkraft widerstehen. Die benötigte Bewehrung (e.g. [mm²/m²]) wird mit der Nachfolgenden Formel berechnet. Wenn v_{Ed} grösser ist als $V_{Rd,max}$, kann der Querschnitt nicht gegen Querkraft gesichert werden. In diesem Falle erscheint eine Warnmeldung.

$$a_{sw} = \frac{v_{Ed}}{z f_{ywd} 1m[(\cot\theta + \cot\alpha)\sin\alpha]}$$

Der Schubwiderstand $V_{Rd,c}$, $V_{Rd,max}$ sowie die Differenz zwichen Bemessungs-Querkraft und Schubwiderstand $V_{Ed} - V_{Rd,c}$ und $V_{Ed}/V_{Rd,max}$ können auch als Isolinien und Isoflächen dargestellt werden.

6.5.8.2. Berechnung nach DIN 1045-1

Der Schubwiderstand ist

$$V_{Rdc} = k_d \tau_{cd} d$$

wobei $\tau_{cd} = 0.3\sqrt{f_{ck}}/\gamma_c$; $k_d = 1/(1 + \varepsilon_v d k_g)$; $k_g = 48/(16 + D_{max})$; $\varepsilon_v = 1{,}5\frac{f_{sd}}{E_s}$.

Wenn die Richtung der Bemessungsquerkraft V_{Ed} weder zur x- noch zur y-Achse parallel ist, muss ε_v mit dem folgenden Faktor multipliziert werden $1/(\cos^4\phi + \sin^4\phi)$.

$$V_{Rd,c} = \left[0.14 \cdot \eta_1 k(100 \cdot \rho_1 f_{ck})^{\frac{1}{3}} - 0.12 \cdot \sigma_{cd}\right] \cdot d$$

wobei

$\eta_1 = 1{,}0$ (im Falle von Standardbeton),

$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2.0$ und $\sigma_{cd} = N_{Ed}/A_c$

N_{Ed} ist die Normalkraft in der Schale senkrecht zur Ebene von q_{Rz}.
N_{Ed} ist negativ bei Druck.
Der Bewehrungsgehalt ist $\rho_l \leq 0.02$ und $\rho_l \leq 0.4 \cdot f_{cd}/f_{yd}$

Der Schubwiderstand V_{Rdc} und die Differenz zwischen aktueller Querkraft und dem Schubwiderstand (v_{Sz}–V_{Rdc}) können auch als Isolinien und Isoflächen dargestellt werden.

6.5.8.3. Berechnung nach SIA 262

Der Schubwiderstand ist

$$V_{Rdc} = k_d \tau_{cd} d$$

wobei $\tau_{cd} = 0.3\sqrt{f_{ck}}/\gamma_c;\ k_d = 1/(1 + \varepsilon_v d k_g);\ k_g = 48/(16 + D_{max})$

Die Dehnung ε_v wird je nach Einstellung unterschiedlich berechnet:

$$\varepsilon_v = 1{,}5\frac{f_{sd}}{E_s} \text{ oder } \varepsilon_v = \frac{m_d}{m_{Rd}}\frac{f_{sd}}{E_s}.$$

Wenn die Richtung der resultierenden Bemessungs-Querkraft V_{Ed} nicht parallel zur x- oder y-Bewehrung ist, wird ε_v um $1/(\cos^4\phi + \sin^4\phi)$ erhöht.

$$V_{Rd,max} = z k_c f_{cd} (\cot\alpha + \cot\beta \sin\alpha) \sin\alpha$$

wobei

$$k_c = \frac{1}{1.2 + 55\varepsilon_1} \leq 0.65 \qquad \varepsilon_1 = \varepsilon_x + (\varepsilon_x + 0.002)\cot^2\alpha$$

z ist der Hebelarm der inneren Kräfte

Berechnung der benötigten Querkraftbewehrung

Wenn v_{Ed} grosser ist als $V_{Rd,c}$, wird eine Querkraftbewehrung benötigt. Die benötigte Bewehrung (z.B. [mm²/m²]) wird mit der nachfolgenden Formel berechnet. Wenn v_{Ed} grosser ist als $V_{Rd,max}$, kann der Querschnitt nicht gegen Querkraft bewehrt werden. In diesen Fällen warnt die Software den Benutzer mit einer Warnmeldung.

$$a_{sw} = \frac{v_{Ed}}{z f_{ywd} 1m[(\cot\theta + \cot\alpha)\sin\alpha]}$$

Der Schubwiderstand $V_{Rd,c}$, $V_{Rd,max}$ sowie die Differenz zwichen Bemessungs-Querkraft und Schubwiderstand $V_{Ed} - V_{Rd,c}$ und $V_{Ed}/V_{Rd,max}$ können auch als Isolinien und Isoflächen dargestellt werden.

6.5.9. Bemessung der Stützenbewehrung RC2 Modul

Die Kontrolle der Stützenbewehrung kann nach folgenden Normen erfolgen:

Eurocode 2: EN 1992-1-1:2004 + (MSZ, DIN, SR, DS, NBN, BS, NEN, SFS, SS, NTC, CSN, PN,ELOT, ELOT NAs)
DIN: DIN 1045-1:2001-07
SIA: SIA 262:2013

Bewehrungsstäbe

Die tatsächliche Bewehrung kann wie in *6.5.4 Tatsächliche Bewehrung gegen zweiachsige Biegung (Stütze)* eingegeben werden.

Stützennachweis

Das Programm führt den Nachweis gegen Biegung mit oder ohne Axialkraft, Schubkräfte und Torsionsmomente der Stütze basierend auf den Querschnittseigenschaften und Bewehrungsparametern durch und berechnet anhand der Querschnitts- und Bewehrungseigenschaften das Interaktionsdiagramm und bestimmt die Exzentrizitätsinkremente für die Schnittkräfte der Stützen (oder irgendwelche N_x, M_{ya}, M_{za}, M_{yf}, $M_{z\,f}$ Werte) basierend auf den gegebenen Knickparametern und der gewählten Norm.
Es berechnet die Bemessungsschnittkräfte N_{xd}, M_{yd}, M_{zd} und kontrolliert, ob diese innerhalb des Interaktionsdiagrammes sind. Im Fenster Darstellungsparameter können verschiedene Anzeigearten gewählt werden.
Berechnet die Bemessungslasten $N_{x,Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ unter Verwendung der Exzentrizitätsinkremente und überprüft, ob diese Punkte innerhalb des Interaktionsdiagramms liegen.
Die Anzeige kann im folgenden Dialog eingestellt werden.
Im Falle eines Querkraftnachweises bestimmt die Software die Schubfestigkeit des Betons und der Bügel sowie die obere Grenze des Querkraftwiderstands in Bezug auf das Versagen der Betondruckstrebe unter Druck. Im Falle eines Nachweises gegen Torsion bestimmt die Software den Torsionswiderstand des Betons und die Obergrenze des Torsionswiderstandes in Bezug auf das Versagen der Betondruckstrebe unter Druck. Bei der Berechnung der Ausnützung wird auch die Interaktion von Querkraft und Torsion berücksichtigt.



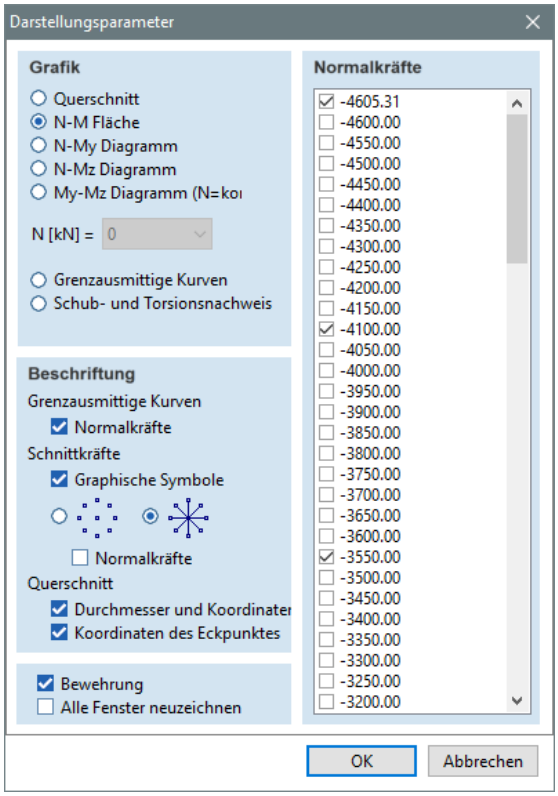
Darstellung

Ermöglicht verschiedene Darstellungen für das Interaktionsdiagramm.

Für die Darstellung des 3D Interaktionsdiagramm (N-M Fläche) sind Normalkräfte auszuwählen.

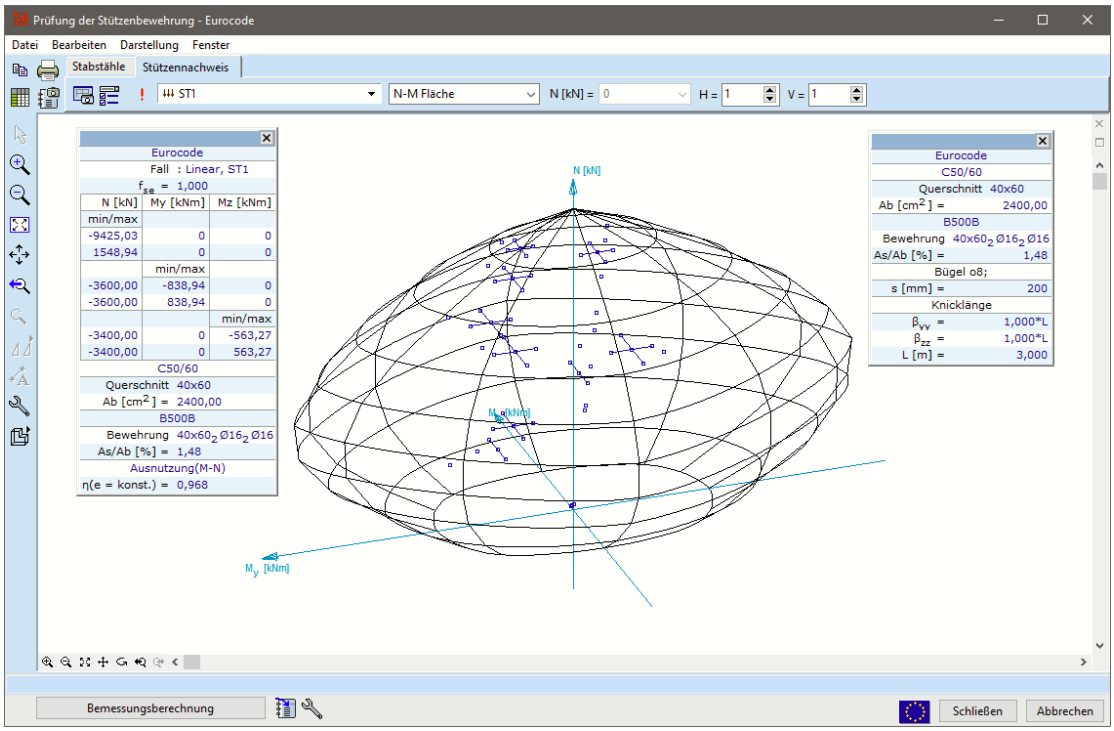
Die Beschriftung für die Normalkräfte, die Art der grafischen Beschriftung bei N-My-Mz Darstellung und die Querschnittsbeschriftung können ein oder ausgeschaltet werden

Blau bedeutet, dass die $N_{x,Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ Werte sind innerhalb der Grenzen der Tragfähigkeits-fläche sind. Rote bedeutet, die gegebenen $N_{x,Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$Werte sind ausserhalb der Grenzen der Tragfähigkeitsfläche.



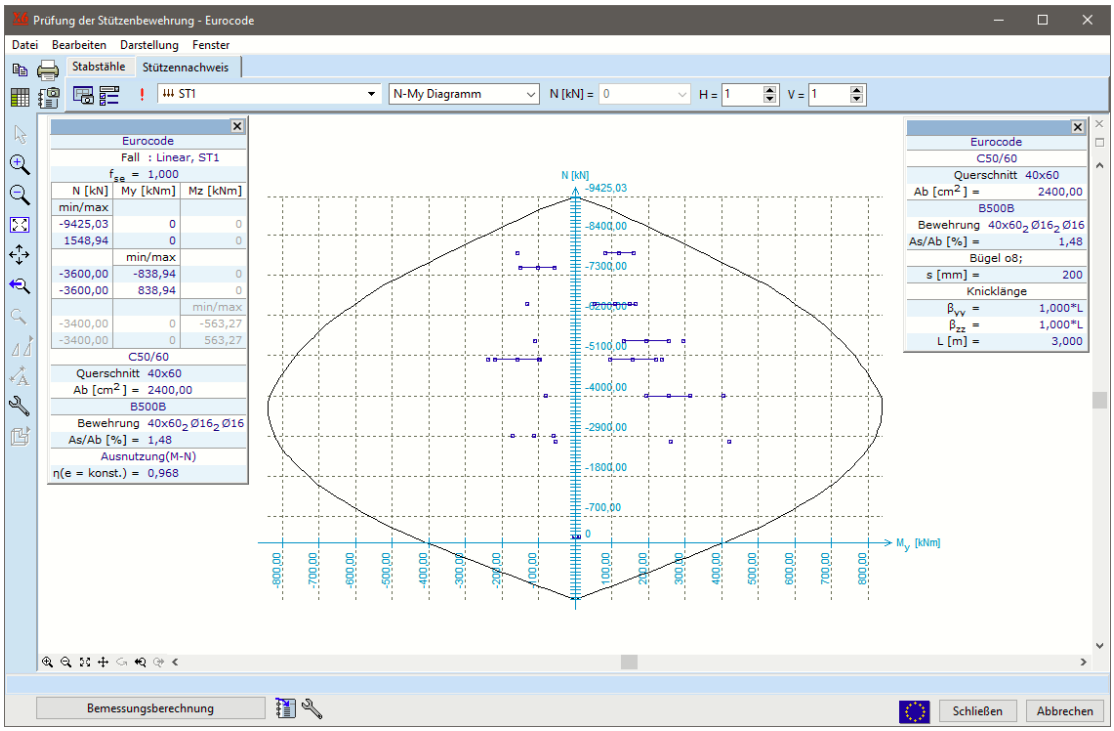
N-M Fläche

3D-Darstellung der N_x-M_y-M_z Grenztragfähigkeit aus einem gegebenen Betrachtungspunkt.



N-M Diagramm

2D-Darstellung des N_x-M_y oder N_x-M_z Diagramms.



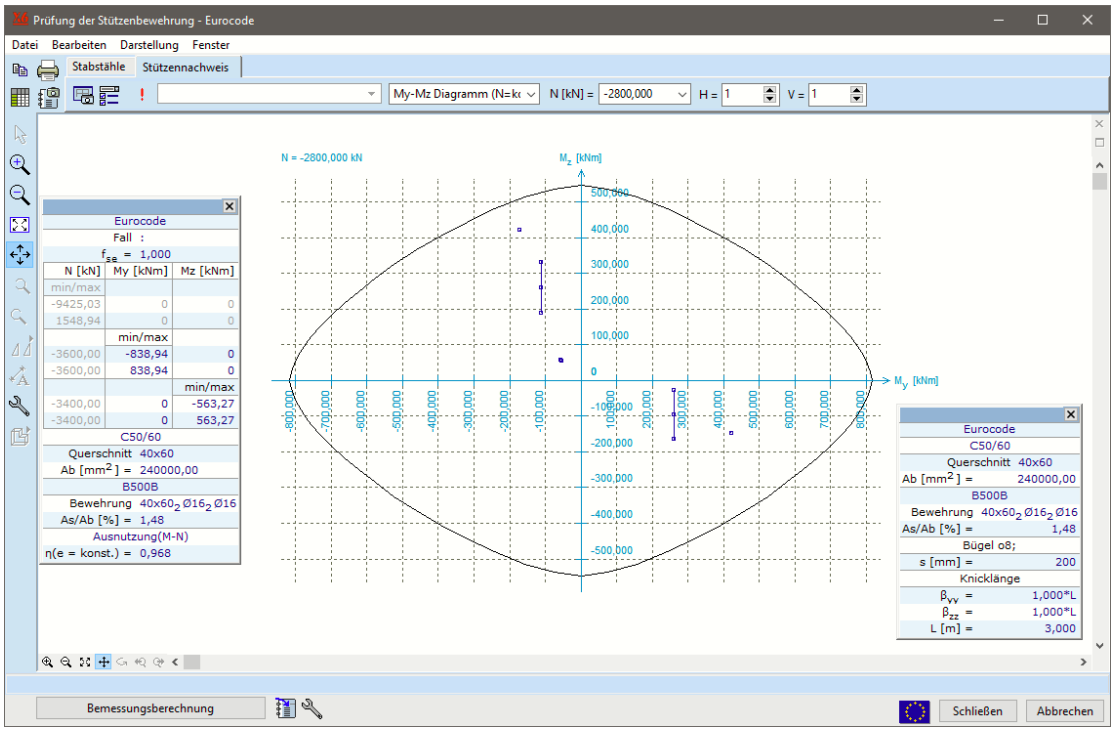
Wenn der Querschnitt symmetrisch ist, kann diese Darstellung benutzt werden. Die N-M Schnittkräfte können auch dargestellt werden.

Die Darstellung der Bemessungsschnittkräfte ist:

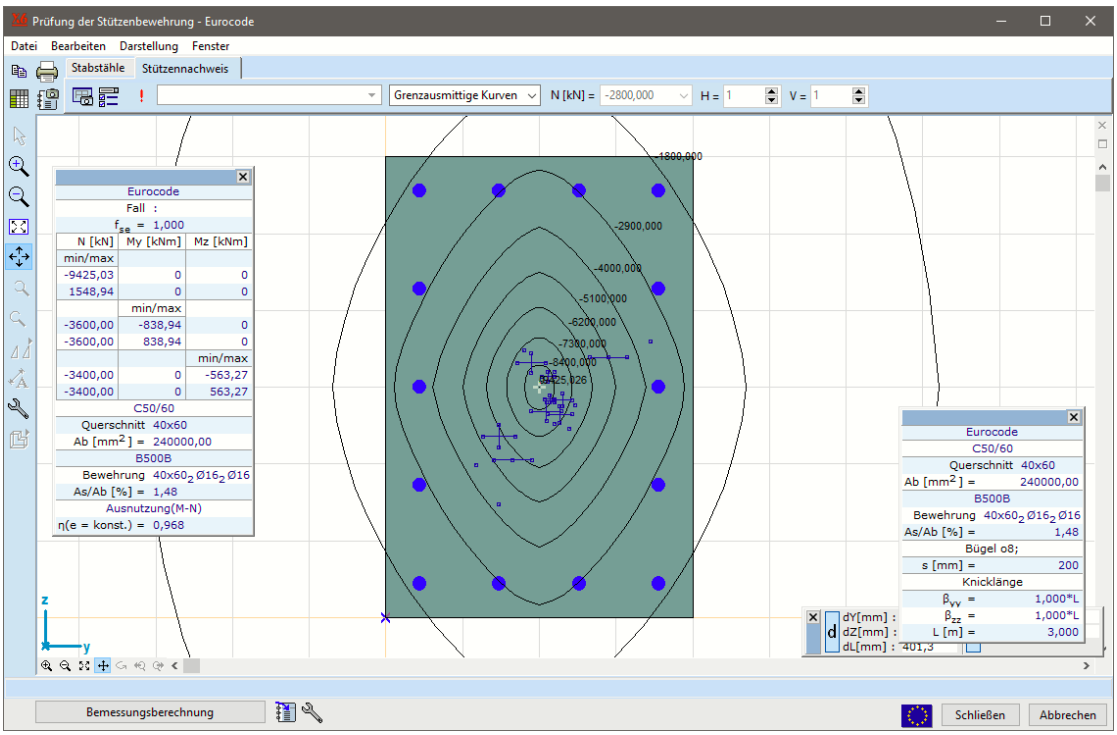
Blaue Darstellung: Die N_{xd}-M_{yd}-M_{zd} Werte sind innerhalb der Grenzen der Tragfähigkeitsfläche.
Rotes Darstellung: Die N_{xd}-M_{yd}-M_{zd} Werte sind ausserhalb der Grenzen der Tragfähigkeitsfläche.

My-Mz Diagramm

Zeigt das M_y-M_z Interaktionsdiagramm für eine gewählte Normalkraft.



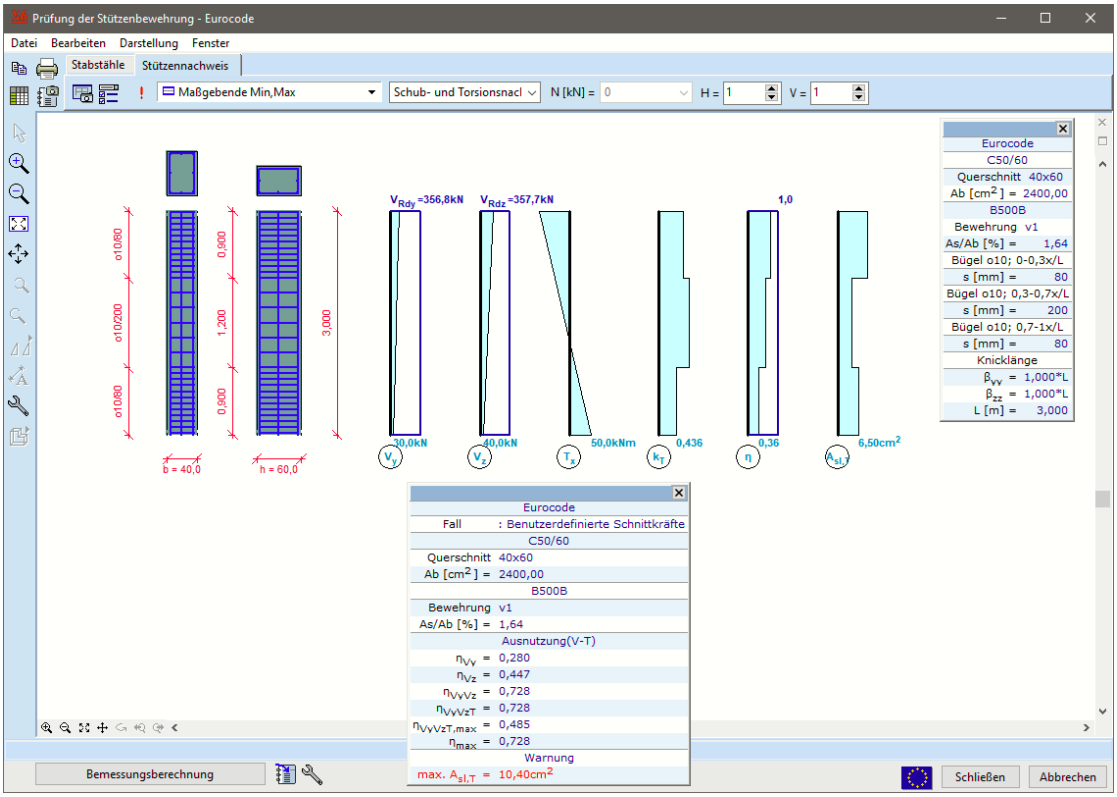
Grenzaussermittig-keitskurven



Darstellung der aus $M_{y,Rd,i}/N_i$ und $M_{z,Rd,i}/N_i$ Wertepaaren berechneten Grenzaussermittigkeitskurven.

Blaues Viereck: Die Bemessungswerte N_{xd}-M_{yd}-M_{zd} sind innerhalb der Grenzen der Lastexzentrizität
X Rotes Kreuz: Die Bemessungswerte N_{xd}-M_{yd}-M_{zd} sind ausserhalb der Grenzen der Lastexzentrizität

Querkraft-/ Torsionsnachweis



Die folgenden Abbildungen und Diagramme werden im Fenster angezeigt:

a) Bewehrungsplan der Stütze,
b) Vy und Vz Querkräfte zusammen mit Querkraftwiderstand (blaue Linie – ohne Torsion),
c) Tx Torsionsmoment mit Torsionswiderstand (blaue Linie),
d) kT Faktor (Ausnützung der Bügel aufgrund Torsion) entlang der Stütze,
e) η maximale Ausnützung entlang der Stütze,
f) Ast benötigte zusätzliche Längsbewehrung aufgrund Torsion.

Querkraft- und Torsionsnachweise können nur für Rechteck- und Kreisquerschnitte durchgeführt werden. Im Falle von kritischen oder Umhüllenden-Ergebnissen werden die Ergebnisse für nur eine Lastkombination (die die maximale Ausnützung ergibt) angezeigt. Detaillierte Ergebnisse für jede Lastkombination und alle Lastfälle sind in der Tabelle verfügbar.
Um die Rechenleistung zu erhöhen, ist die Spalte in mehrere Abschnitte unterteilt. Eine neue Abschnittsgrenze wird erstellt, wenn eine der inneren Kräfte einen Grenzwert erreicht, bei dem sich die Bügelparameter ändern und sich das Vy, Vz oder Tx-Schnittgrössendiagramm ändert.
Die Resultatkomponenten kT, η und Ast werden am oberen und unteren Ende jedes Abschnittes berechnet. Es werden nur Maximalwerte für jeden Abschnitt im Fenster angezeigt.
Siehe... *6.5.9.5 Querkraft- und Torsionsnachweis für Stahlbetonstützen*

☞ ***Detaillierte Nachweisergebnisse sind für jeden Abschnitt verfügbar, wenn der Cursor über die schwarzen Linien bewegt wird (die die Achse der Stütze darstellen).***

Spezielle Fensterlayouts

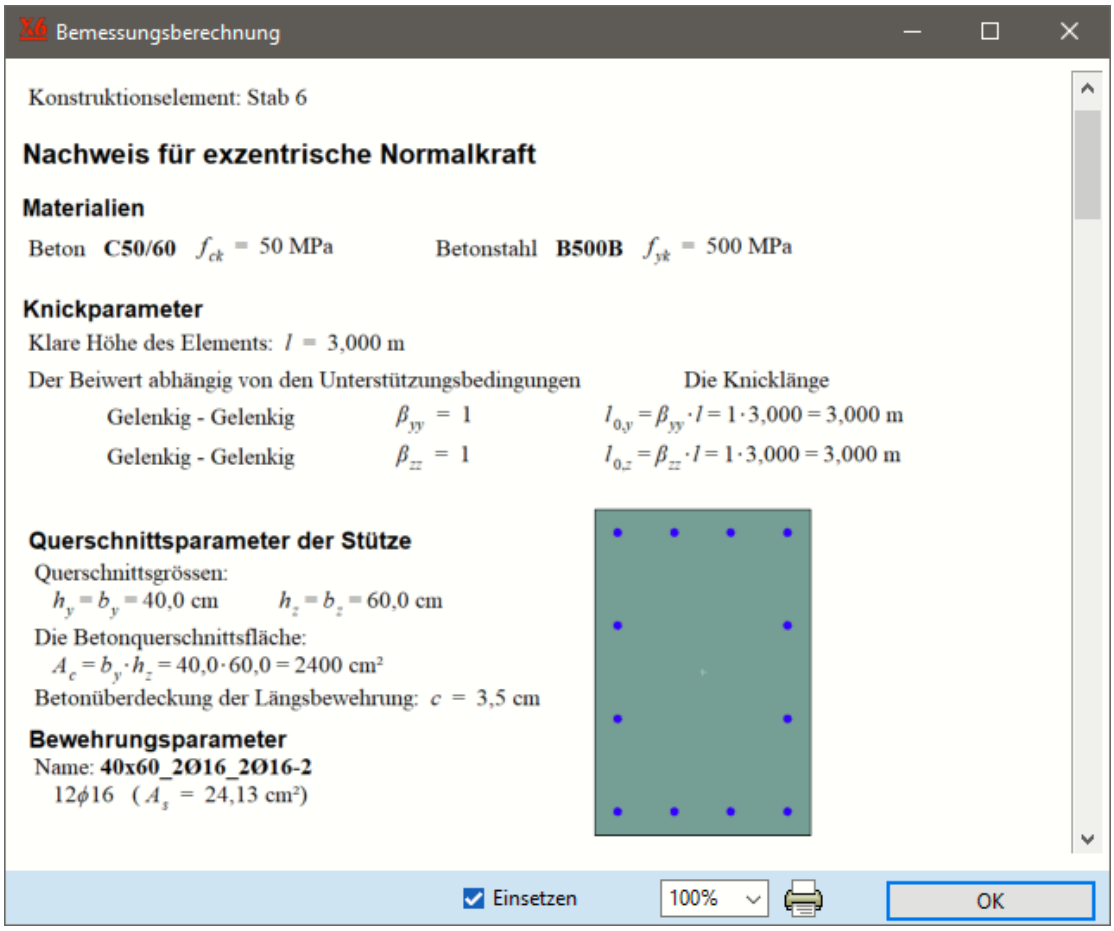
Das Menu *Fenster / spezielle Fensterlyouts* bietet verschiedene vordefinierte Layouts des Erebnisfensters, welche den eignenen Bedürfnissen angepasst werden können.

Bemessungsberechnungen

Die Details der Berechnung gemäss der gewählten Norm werden als mehrseitiges Dokument dargestellt. Referenzen zu Abschnitten oder Formeln in der Norm werden blau dargestellt. Die Option ist nur vefügbar, wenn der Nachweis der Stütze durchgeführt wurde und die Resultate der Stützenbemessung verfügbar sind



Indem auf die Schaltfläche *Modelleinstellungen* geklickt wird, können die Grundeinheiten für Kraft und Länge, welche in den Berechnungen verwendet werden, festgelegt wrden. Detailliertere Bemessungsberechnungen können ebenfalls gewählt werden.



Geometrische Durchbildung

Die Software überprüft die wichtigsten Regeln der geometrischen Durchbildung aus den Normen. Falls einzelne Regeln nicht erfüllt werden, erscheint eine Warnung.



Schnittkräfte

Die *Stützenkontrolle Beanspruchungstabelle* enthält die extremalen Normalkräfte und Biegemomente an Stützenfuss- und Kopf der ausgewählten Stützen sowie verschiedene Exzentrizitätsangaben. Zusätzliche Spalten zeigen $My_{Rd,min}, My_{Rd,max}, Mz_{Rd,min}, Mz_{Rd,max}$ Momentenwiderstandsmaxima am gegebenen N_x sind ebenfalls verfügbar.

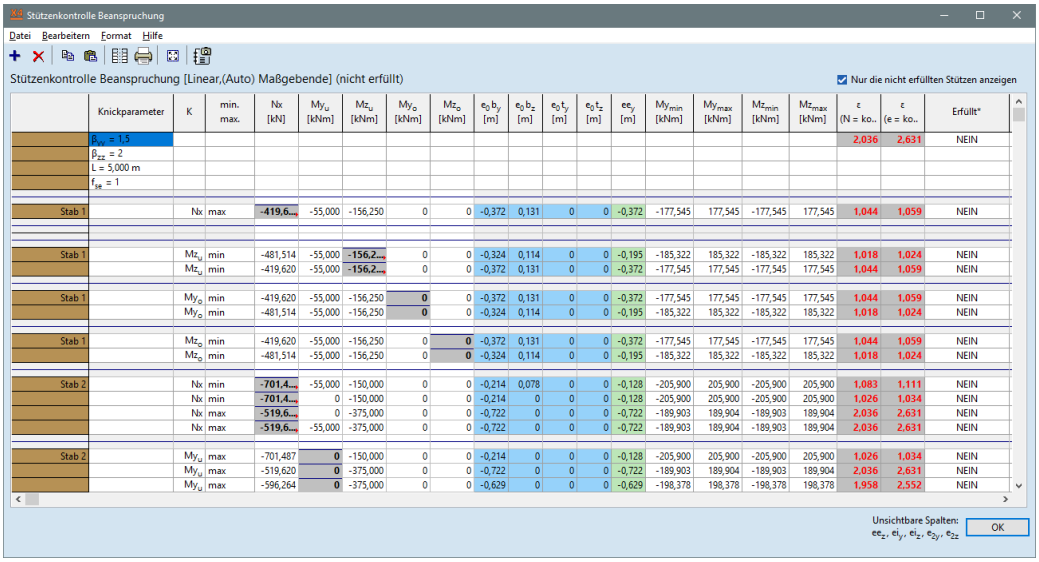
Ausnützung

Die berechneten Ausnützungen sind im Tabellenformat verfügbar. Wenn der Anzeigemodus N-M-Oberfläche, N-My-Diagramm, N-Mz-Diagramm, My-Mz-Diagramm oder kritische Exzentrizitätskurven aktiv ist, beziehen sich die vorgestellten Anwendungen auf den Stützennachweis gegen Biegung mit oder ohne Normalkraft. Wenn der Anzeigemodus Querkraft / Torsionsnachweis aktiv ist, werden die Ergebnisse des Querkraft- und Torsionsnachweises angezeigt.

Ausnützung – Biegung mit oder ohne Normalkraft

Das Programm berechnet zwei Arten der Ausnützung. Die erste ist *ε (N = const.)*, Die Momentenausnützung: Diese wird im My-Mz-Diagramm als das Verhältnis des Abstandes des Einwirkungspunktes vom Ursprung zum Abstand des Schnittpunktes der Kurve und der Linie vom Ursprung durch den gleichen Punkt vom Ursprung aus gezogen.

Die Zweite ist *ε (e = const.)*, die Ausnützung für konstante Exzentrizität. Sie wird im N-My-Mz-Raum als das Verhältnis des Abstandes des Einwirkungspunkts vom Ursprung zum Abstand des Schnittpunkts der N-M-Fläche, und der Linie vom Ursprung durch denselben Punkt vom Ursprung gezogen, definiert.



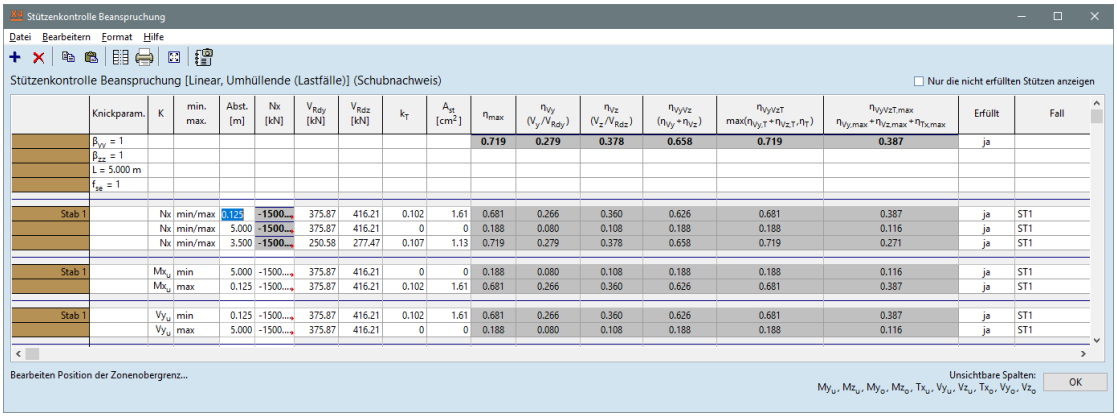
Ausnützung – Querkraft/Torsion

Es werden folgende Ausnützungsgrade in der Tabelle angezeigt:

- η_{Vy}: Querkraftausnützung in lokaler y-Richtung ohne Torsion.
- η_{Vz}: Querkraftausnützung in lokaler z-Richtung ohne Torsion.
- η_{VyVz}: Totale Querkraftausnützung ohne Torsion.
- η_{VyVzT}: Totale Ausnützung mit Querkraft-Torsions-Interaktion.
- $\eta_{VyVzT,max}$: Ausnützung der Betondruckdiagonalen.
- η_{max}: maximale Ausnützung (Maximalwert der Obengenannten).

Das Programm listet neben den Ausnützungen die Bemessungsquerkraftwiderstände bezogen auf die lokale y- und z-Achse, den Reduktionsfaktor für den Querkraftwiderstand der Bügel aufgrund Torsion und die zusätzliche Längsbewehrung für die Torsion auf.

Siehe... *6.5.9.5 Querkraft- und Torsionsnachweis für Stahlbetonstützen*



Nur versagte Stützen anzeigen

Wählen Sie diese Option, um lediglich die versagten Stützen anzeigen zu lassen.

Benutzerdefinierte Schnittkräfte in der Resultattabelle

Fügt neue, benutzerdefinierte Schnittkräfte der Tabelle hinzu: Indem auf diese Schalfläche geklickt wird, können neue, benutzerdefinierte Schnittkräfte der Tabelle hinzugefügt werden. Die Software speichert die neuen Schnittkräfte und berücksichtigt sie bei der Bemessung der Stütze.

Löscht eine ausgewählt Zeile in der Tabelle.

Benutzerdefinierte Schnittkräfte aus der Zwischenablage einfügen

Benutzerdefinierte Schnittkräfte können auch aus der Zwischenablage in die Tabelle eingefügt werden. Wenn die Option *Zeilen am Ende einfügen* aktiviert ist, muss die Tabelle, welche in die Zwischenablage kopiert wurde, genau 11 Spalten umfassen entsprechend der Anzahl der Schnittkräfte *(N_x, M_{ya}, M_{za}, M_{yf}, M_{zf}, T_{xa}, V_{ya}, V_{za}, T_{xf}, V_{yf}, V_{zf})*. Wenn die Option *Tabellenwerte beginnend von ausgewählter Zeile überschreiben* aktiviert ist, müssen in der Resultattabelle dieselbe Anzahl von Spalten und Reihen ausgewählt werden wie in der Tabelle, aus welcher die Werte kopiert wurden.

Resultatkomponenten

Falls im Modell Stahlbetonstützen mit vorgegebener Bewehrung vorhanden sind, werden im Tab *Bewehrung* neue Resultatkomponenten verfügbar. Diese neuen Resultatkomponenten zeigen die berechnete Ausnutzung und die aufgrund von Torsion zusätzlich erforderliche Längsbewehrung:

- *M-N-Ausnutzung*
- *V-T-Ausnutzung*
- $A_{sl,T}$ (zusätzlich erforderliche Längsbewehrung aufgrund von Torsion)
- *Maximale Ausnutzung* (grösserer Wert von *M-N-Ausnutzung* und *V-T-Ausnutzung*)

Resultate in den Tabellen

Bemessungsergebnisse sind auch in den Tabellen verfügbar (**siehe...** *2.9 Tabellen*). Dort sind die Resultate jeder Stahlbetonstütze zusammengefasst.

6.5.9.1. Berechnung der Exzentrizität

Die Exzentrizitätsberechnung in AxisVM basiert auf einer Methode, welche den Wert des Biegemoments entlang der Stütze als Summe der Biegemomente erster Ordnung, Biegemomente aufgrund geometrischer Imperfektionen und Biegemomente zweiter Ordnung annimmt (EN 1992-1-1 5.8.8.2). Jeder Querschnitt entlang der Stütze kann kritisch sein.

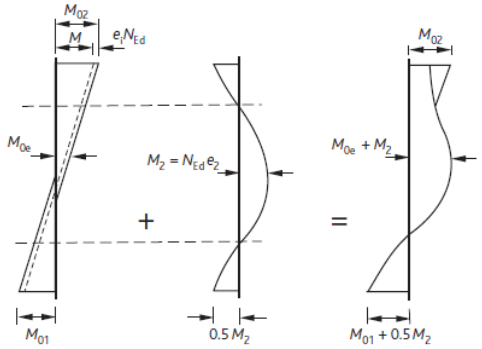
$$M_{Ed} = M_0 + M_i + M_2$$

wobei

M_0 Biegemomente erster Ordnung

M_i Biegemoment aufgrund geometrischer Imperfektionen

M_2 Biegemoment zweiter Ordnung



(*A. J. Bond et al., How to Design Concrete Structures using Eurocode 2. UK, 2006*)

Nach dieser Methode kann der Nachweis einer Stütze mit beliebigen Randbedingungen durchgeführt werden, wenn die Biegemomente in jedem Querschnitt verfügbar sind.

Biegemomente erster Ordnung

AxisVM analysiert das Momentendiagramm erster Ordnung entlang der Stütze und teilt die Stütze aufgrund der Anzahl Momentenmaxima auf. Auf diese Weise kann die Wirkung von Zwischenkräften auf die Stütze berücksichtigt werden. Biegemomente zwischen Extremwerten werden mit linearer Interpolation bestimmt werden.

Biegemoment aufgrund geometrischer Imperfektionen

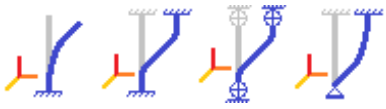
Im Falle seitlich gehaltener Elemente (unverschiebliche Knickfiguren) werden Biegemomente aufgrund geometrischer Imperfektionen entlang der Stütze als konstant angesehen, weil 1) die Stützenachse auf verschiedenen Geschossen nicht notwendigerweise kollinear ist, 2) wenn die Stütze starre Verbindungen aufweist, bewirkt eine lokale Krümmung an den Enden dasselbe Biegemoment *(N·e_i)* wie in der Mitte, aber mit entgegengesetztem Vorzeichen.

Knickfiguren seitlich gehaltener Elemente:



Im Falle verschieblicher Knickfiguren wird ein lineares Momentendiagramm entlang des Stabes angenommen, falls in der Norm definiert.

Knickfiguren verschieblicher Elemente



Wenn globale Imperfektionen durch zusätzliche Lasten berücksichtigt werden, müssen sie bei der Berechnung der Stützenbewehrung ignoriert werden. Um dies zu erreichen, klicken Sie auf *nur lokale Imperfektionen*. Wenn eine verschiebliche Knickfigur gewählt wird, wird nur eine konstante lokale geometrische Imperfektion berücksichtigt (Berechnet mit einem Knickfaktor β ≤ 1.0).

Biegemoment zweiter Ordnung

Basierend auf der gewählten Bemessungsnorm werden Momente zweiter Ordnung aus den Biegemomenten erster Ordnung (erweitert mit Biegemomenten aufgrund von Imperfektionen) oder basierend auf der Knickfigur berechnet. Die erste Berechnungsmethode wird als Methode der nominalen Steifigkeit, die zweite als die Methode nominaler Krümmung bezeichnet.

Methode nominaler Krümmung

Momente zweiter Ordnung werden mit trigonometrischen Funktionen unter der Annahme berechnet, dass das maximale Biegemoment gleich $N \cdot e_2$ ist. Das maximale Moment wird aufgrund der gewählten Knickfigur bestimmt (**siehe...** *6.5.4 Tatsächliche Bewehrung gegen zweiachsige Biegung (Stütze)*).



1) $e_2 = \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) e_{2,0}$



2) $e_2 = \cos\left(\frac{\pi x}{2L}\right) e_{2,0}$



3) $e_2 = \cos\left(\frac{3\pi x}{2L}\right) e_{2,0}$



4) $e_2 = \cos\left(\frac{2\pi x}{L}\right) e_{2,0}$



5) $e_2 = \cos\left(\frac{\pi x}{L}\right) e_{2,0}$



6) $e_2 = \left[1 - \frac{\beta - 0.5}{0.5}\right] \cos\left(\frac{2\pi x}{L}\right) e_{2,0} - \left[1 - \frac{1 - \beta}{0.5}\right] \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) e_{2,0}$



7) $e_2 = \cos\left(\frac{\pi x}{L}\right) e_{2,0}$



8) $e_2 = \cos\left(\frac{3\pi x}{2L} + \frac{\pi}{2}\right) e_{2,0}$



9) $e_2 = \cos\left(\frac{\pi x}{2L} + \frac{\pi}{2}\right) e_{2,0}$

$e_{2,0}$ ist das Maximum der Exzentrizität zweiter Ordnung.

Methode nominaler Steifigkeit

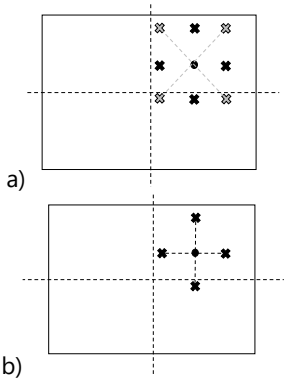
Diese Methode ignoriert die Knickfigur. Die Summe der Biegemomente erster Ordnung und der Biegemomente aufgrund von Imperfektionen wird basierend auf dem Verhältnis der Bemessungsnormalkraft und der Knicklast multipliziert. Für weitere Details siehe EN 1992-1-1. Niederländische und Dänische NA verlangen die Anwendung dieser Methode.

Minimale Exzentrizität

Bemessungsnormen fordern normalerweise die Berücksichtigung einer minimalen Exzentrizität, wenn die berechnete Exzentrizität kleiner als dieses Minimum ist. Wenn in AxisVM die Summe der Exzentrizität erster Ordnung, die Exzentrizität aufgrund von Imperfektionen und die Exzentrizität zweiter Ordnung das Minimum nicht erreichen, wird die Exzentrizität aufgrund von Imperfektionen erhöht, um sicherzustellen, dass die Summe der Exzentrizitäten nicht geringer ist als das Minimum.

Zweiachsige Biegung

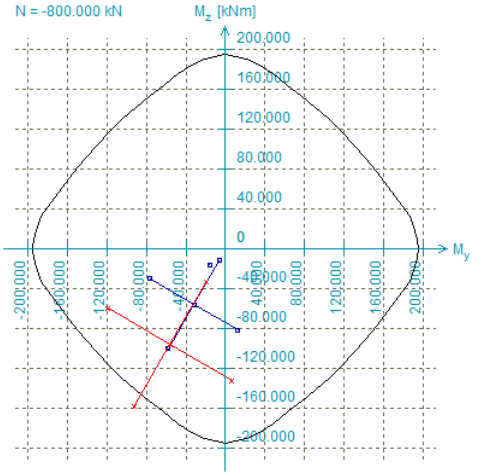
Eine Stahlbetonstütze wird im Allgemeinen einer zweiachsigen Biegung unterzogen, da geometrische Imperfektionen und Exzentrizitäten zweiter Ordnung in beiden Hauptrichtungen berücksichtigt werden können. Insgesamt sind fünf Fälle abgedeckt. Das Zentrum des Kreuzes stellt die Summe der Exzentrizität erster Ordnung und Exzentrizität aufgrund geometrischer Imperfektionen dar. Exzentrizitäten zweiter Ordnung können (a) gleichzeitig oder (b) unabhängig in y- und z-Richtung berücksichtigt werden (A. W. Beeby, R. S. Narayanan (2009): *Designer's guide to Eurocode 2: Design of concrete structures*). **Siehe...** *6.5.4 Tatsächliche Bewehrung gegen zweiachsige Biegung (Stütze)*



☞ ***Hinweis: Zahlen und Darstellungen in diesem Abschnitt zeigen den Fall (b). Falls die Exzentrizitäten zweiter Ordnung gleichzeitig [Fall (a)] berücksichtigt werden, würden die Zahlen und die Darstellungen***

Doppelt symmetrische Stützen

Doppelt symmetrische, kreisförmige oder quadratische Stahlbetonstützen sind in der Praxis sehr verbreitet. Wenn *Iy = Iz* sowohl für den Querschnitt als auch für die Bewehrung gilt und die Randbedingungen in y- und z-Richtung identisch sind, werden Exzentrizitäten zweiter Ordnung weder in y- noch in z-Richtung angewendet, sondern entsprechend den resultierenden Biegemomenten erster Ordnung am – im Bezug auf Knicken – kritischen Querschnitt..



6.5.9.2. Kontrolle von Stahlbetonstützen nach Eurocode 2 (Biegung mit Normalkraft)

Die Bemessungsmomente in Biegerichtung sind $M_d = N_d \cdot e_d$
Wobei Nd die Stützennormalkraft ist und $e_d = e_e + e_i + e_2$ die kritische Exzentrizität in der gegebenen Biegerichtung. Minimale Exzentrizität: max (20 mm, h/30).

e_e ist die **Anfangsexzentrizität** berechnet mit den Kräften und Momenten erster Ordnung.
Anfangsexzentrizitäten an untersuchten Schnitten:

$$e_e = M_I / N_d$$

Anfangsexzentrizitäten am Zwischenquerschnitt des untersuchten Schnittes (äquivalente Exzentrizität):

$$e_e = \max\begin{Bmatrix} 0.6 \cdot e_a + 0.4 \cdot e_b \\ 0.4 \cdot e_a \end{Bmatrix} \; und \; |e_a| \geq |e_b|,$$

wobei e_a und e_b die Anfangsexzentrizitäten am untersuchten Schnitt sind.

e_i ist die **Exzentrizität aufgrund geometrischer Imperfektionen.**
$e_i = \alpha_h \Theta_0 \frac{l_0}{2}$, wobei l_0 die Knicklänge ist, $\alpha_h = 2/\sqrt{l}$ und $\frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1$, wobei l die Stützenhöhe ist. Θ_0 – Gemäss nationaler Anhänge der gewählten Norm.

e_2 ist die **Exzentrizität zweiter Ordnung.**
Exzentrizitäten zweiter Ordnung werden berücksichtigt, wenn $\geq \lambda_{lim} = 20 \frac{ABC}{\sqrt{n}}$ wobei $n = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}}$

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} \qquad A = \frac{1}{1+0.2\varphi_{ef}}, \qquad B = \sqrt{1+2\omega}, \qquad \omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}},$$

C ist eine Konstante und kann im Fenster *Norm* eingestellt werden.

☞ ***Die Berechnung von λlim kann sich unterscheiden von den nationalen Anhängen der gewählten Norm!***

Im Falle von DIN EN 1992-1-1: $n < 0.41 \rightarrow \lambda_{lim} = \frac{16}{\sqrt{n}}; n > 0.41 \rightarrow \lambda_{lim} = 25.0$

Im Falle der italienischen Norm: $\lambda_{lim} = \frac{25}{\sqrt{n}}$

Im Fall von NS EN 1992-1- : $\lambda_n = \sqrt{\frac{n}{1+k_a\omega}} \geq \lambda_{n,lim} = 13A_\varphi$

Die bechriebene Berechnungsmethode von $\boldsymbol{e_2}$ kann die Methode nominaler Krümmung oder Steifigkeit gemäss nationaler Anhänge der gewählten Norm sein. In einigen NA werden beide Methoden vorgeschlagen. In diesem Fall wird die Methode nominaler Krümmung angewendet.

Methode nominaler Krümmung

$e_2 = \frac{1}{r}\frac{l_0^2}{c}$

wobei $\frac{1}{r} = K_r K_\varphi \frac{f_{yd}}{E_s \cdot 0.45 \cdot d'}$

$8 \leq c \leq \pi^2$ gemäss dem Momentendiagramm erster Ordnung

$K_r = \min\left\{\frac{N_u' - N_{Ed}}{N_u' - N_{bal}}; 1.0\right\}$, $K_\varphi = \max\{1 + \beta\varphi_{ef}; 1.0\}$,

$\beta = 0.35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda}{150}$, wobei f_{ck} in N/mm2

$d' = \frac{h}{2} + i_s$, wobei i_s der Trägheitsradius der Längsbewehrung ist

Methode nominaler Steifigkeit

$e_2 = (e_e + e_i)\left[1 + \frac{\beta}{N_B/N_d - 1}\right]$,

wobei $\beta = \frac{\pi^2}{c}$

N_B Knicklast gemäss nominaler Steifigkeit

$EI = K_c E_{cd} I_c + K_s E_s I_s$ Nominale Steifigkeit, wobei

E_{cd} Bemessungswert des E-Moduls von Beton, siehe 5.8.6 (3)

I_c Flächenträgheitsmoment des Betonquerschnitts

E_s Bemessungswert des E-Moduls der Bewehrung, 5.8.6 (3)

I_s Flächenträgheitsmoment der Bewehrung bezüglich des Mittelpunkts des Betonquerschnitts

K_c Faktor für Reissen, Kriechen etc., siehe 5.8.7.2. (2), (3)

K_s Faktor für die Beteiligung der Bewehrung, siehe 5.8.7.2. (2), (3)

Zusatzexzentrizität werden durch zwei beide Biegeebenen bestimmt. AxisVM überprüft folgende Situationen:

$\lambda_y/\lambda_z \leq 2$ und $\lambda_z/\lambda_y \leq 2$,

$\frac{e_{dy}/b_{eq}}{e_{dz}/h_{eq}} \leq 0{,}2$ oder $\frac{e_{dz}/h_{eq}}{e_{dy}/b_{eq}} \leq 0{,}2$ *

wenn $e_{dy}/b_{eq} > e_{dz}/h_{eq}$

$M_{dy,1} = 0$

$M_{dz,1} = -N_d(e_{ey} + e_{iy} \pm e_{2y})$

ansonsten

$M_{dy,2} = N_d(e_{ez} + e_{iz} \pm e_{2z})$

$M_{dz,2} = 0$

ansonsten

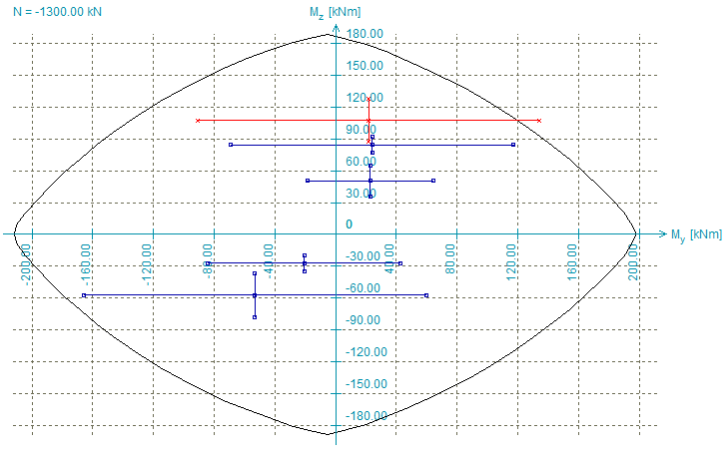
* außer DIN EN 1992-1-1 NA

$M_{dy,1} = N_d(e_{ez} + e_{iz})$

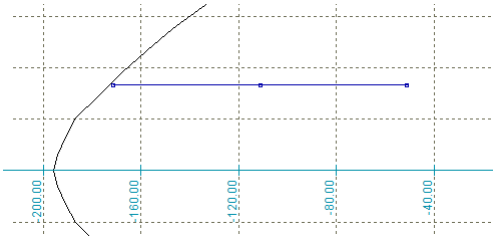
$M_{dz,1} = -N_d(e_{ey} + e_{iy} \pm e_{2y})$

$M_{dy,2} = N_d(e_{ez} + e_{iz} \pm e_{2z})$

$M_{dz,2} = -N_d(e_{ey} + e_{iy})$

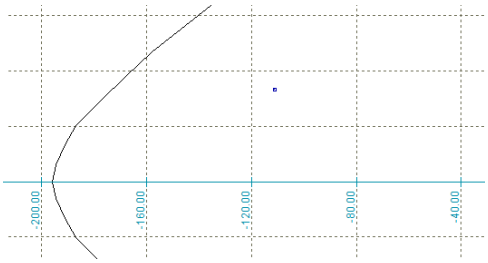


Folgende Situation kann vokommen:



Mögliche Gründe:

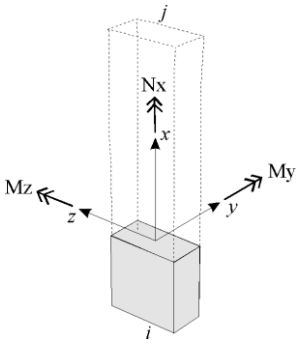
- Die Knickschlankheit bezüglich der y- oder z-Achse ist kleiner als der Grenzwert λ_{lim};
- An freien Enden oder bei gelenkigen Auflagern ist das Moment zweiter Ordnung gleich Null;
- Im Falle zweiachsiger Biegung unter Erfüllung der Kriterien, werden die Exzentrizitäten nur in der massgebenden Richtung angezeigt;
- Die Berücksichtigung von Exzentrizitäten zweiter Ordnung ist für eine Achse deaktiviert.



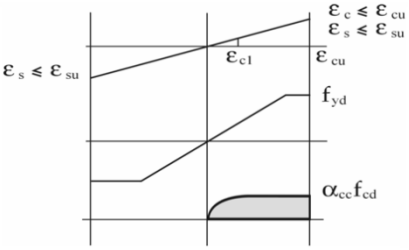
Mögliche Gründe:

- Die Knickschlankheit bezüglich der y- und z-Achse ist kleiner als der Grenzwert λ_{lim};
- An freien Enden oder bei gelenkigen Auflagern ist das Moment zweiter Ordnung gleich Null;
- Die Berücksichtigung von Exzentrizitäten zweiter Ordnung ist für beide Achsen deaktiviert.

In *N-M_R* Interaktionsdiagrammen und in Lastexzentrizitätslimit-Kurven repräsentieren Punkte diese Bemessungslasten. Eigene Kraft- und Momentenwerte können ebenfalls in die Tabelle eingegeben werden. Die entsprechenden Punkte werden im *N-M_R* Interaktionsdiagramm und in Lastexzentrizitätslimit-Kurven angezeigt. Die Vorzeichen werden gemäss der Grafik ermittelt.



Die Berechnung geht von den folgenden Annahmen aus:



σ,ε Diagramme:

☞ ***Längsbewehrungsstäbe, die dünner als 1/15 der Bügelabstände sind, werden für die Druckfestigkeit ignoriert.***

6.5.9.3. Kontrolle von Stahlbetonstützen nach DIN 1045-1 (Biegung mit Normalkraft)

Bemessungsmomente in Biegerichtung sind $M_d = N_d \cdot e_d$
Wobei N_d die Stützennormalkraft ist und $e_d = e_0 + e_a + e_2$ die massgebende Exzentrizität in der gegebenen Biegerichtung ist.

$e_0 = M_I/N_d$ **Anfangsexzentrizität** berechnet aus Kraft und Moment nach erster Ordnung.
Falls Momente am Kopf und Fuss verschieden gross sind, wird eine Ersatz-anfangsexzentrizität ermittelt:

$$e_0 = \max\begin{Bmatrix} 0.6 \cdot e_a + 0.4 \cdot e_b \\ 0.4 \cdot e_a \end{Bmatrix} \; und \; |e_a| \geq |e_b|$$

wobei e_a und e_b die Anfangsexzentrizitäten an den Stützenenden sind.

e_a : **Zusatzexzentrizität infolge Konstruktionsungenauigkeit** (Imperfektion)

$$e_a = \frac{\alpha_{a1} l_0}{2},$$

, wobei l_0 die Knicklänge ist, , $\alpha_{a1} = \frac{1}{100 \cdot \sqrt{l}} \leq \frac{1}{200}$, wobei l die Maschenlänge ist.

$$\lambda_{max} = \max\left\{25; 16 \Big/ \sqrt{\frac{N_d}{A_c f_{cd}}}\right\},$$

Falls $\lambda \geq \lambda_{max}$ Zusatzexzentrizität zweiter Ordnung berücksichtigt werden muss, wobei λ die Stützenschlankheit berechnet aufgrund des Querschnittes ist.

e_2 : **Zusatzexzentrizität infolge zweiter Ordnung**

$$e_2 = K_1 \frac{1}{r} \frac{l_0^2}{10}$$

wobei $\frac{1}{r} = K_2 \frac{2 \cdot f_{yd}}{E_s \cdot 0.9 \cdot d}$, $K_1 = \min\left\{\frac{\lambda}{10} - 2.5; 1.0\right\}$, $K_2 = \frac{N_{ud} - N_d}{N_{ud} - N_{bal}} \leq 1.0$

d ist die effektive Querschnittshöhe

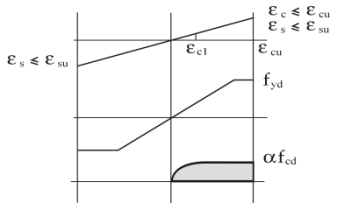
Zusatzexzentrizitäten werden in beiden Biegeebenen bestimmt und berücksichtigen die folgenden Bemessungssituationen:

$$M_{dy,1} = N_d(e_{0z} + e_{az})$$
$$M_{dz,1} = -N_d(e_{0y} + e_{ay} \pm e_{2y})$$
$$M_{dy,2} = N_d(e_{0z} + e_{az} \pm e_{2z})$$
$$M_{dz,2} = -N_d(e_{0y} + e_{ay})$$

AxisVM kontrolliert, ob die berechneten Bemessungskräfte *(M_{dy}, M_{dz}, N_d)* innerhalb des *N-M* Interaktionsdiagrammes liegen. Falls dies nicht in allen Bemessungssituationen erfüllt ist, versagt die Stütze mit dem gegebenen Querschnitt und Bewehrung.

e_{0ay} , e_{0az}, und e_{0by} , e_{0bz} sind die Anfangsexzentrizitäten an den Stützenenden.

Die Berechnung geht von den folgenden Annahmen aus:
σ,ε Diagramme:



☞ ***Stabstähle dünner als 1/15 des Bügelabstandes werden bei Druckbeanspruchung nicht berücksichtigt***

6.5.9.4. Nachweis von Stahlbetonstützen nach SIA 262 (Biegung mit Normalkraft)

Bemessungsmomente in Biegerichtung sind $M_d = N_d \cdot e_d$
Wobei Nd die Stützennormalkraft ist und $e_d = e_{0d} + e_{1d} + e_{2d}$ die massgebende Exzentrizität in der gegebenen Biegerichtung ist.

e_{0d} : **Zusatzexzentrizität infolge Konstruktionsungenauigkeit** (Imperfektion)

$$e_{0d} = \max\left\{\alpha_i \frac{l_{cr}}{2}; \frac{d}{30}\right\}$$

wobei $\frac{1}{200} \geq \alpha_i = \frac{0.01}{\sqrt{l}} \geq \frac{1}{300}$
l_{cr} ist die Knicklänge , l ist die effektive Länge, d ist die effektive Querschnittshöhe

e_{1d} **Anfangsexzentrizität** berechnet aus Kraft und Moment nach erster Ordnung.

$$e_{1d} = M_I / N_d$$

Falls Momente am Kopf und Fuss verschieden gross sind, wird eine Ersatz-Anfangsexzentrizität ermittelt:
- in einer gehaltenen Richtung:

$$e_{1d} = \max\begin{Bmatrix} 0.6 \cdot e_a + 0.4 \cdot e_b \\ 0.4 \cdot e_a \end{Bmatrix} \; and \; |e_a| \geq |e_b|,$$

wobei e_a und e_b die Anfangsexzentrizitäten an den Stützenenden sind.

e_{2d} **Zusatzexzentrizität infolge zweiter Ordnung**

$$e_{2d} = \chi_d \frac{l_{cr}^2}{\pi^2}$$

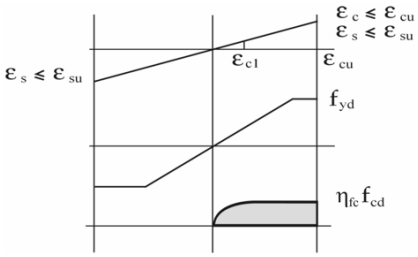
wobei $\chi_d = \frac{2f_{sd}}{E_s(d-d')}$ (Geschätzte Krümmung), oder $\chi_d = \frac{\varepsilon_{sd}-\varepsilon'_{sd}}{d-d'} + \frac{|\varepsilon_{c,\infty}|}{d}$.

Zusatzexzentrizität werden durch zwei beide Biegeebenen bestimmt. AxisVM überprüft folgende Situationen (unter Berücksichtigung zusätzlicher Eurocode2 Empfehlungen):

$$M_{dy,1} = N_d(e_{1z} + e_{0z})$$
$$M_{dz,1} = -N_d(e_{1y} + e_{0y} \pm e_{2y})$$
$$M_{dy,2} = N_d(e_{1z} + e_{0z} \pm e_{2z})$$
$$M_{dz,2} = -N_d(e_{1y} + e_{0y})$$

AxisVM kontrolliert, ob die berechneten Bemessungskräfte *(Mdy, Mdz, Nd)* innerhalb des *N-M* Interaktionsdiagrammes liegen. Falls dies nicht in allen Bemessungssituationen erfüllt ist, versagt die Stütze mit dem gegebenen Querschnitt und Bewehrung.

Die Berechnung geht von den folgenden Annahmen aus:
σ,ε Diagramme:



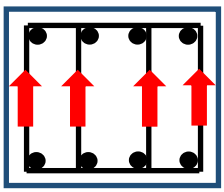
Stabstähle dünner als 1/12 des Bügelabstandes werden bei Druckbeanspruchung nicht berücksichtigt.

☞ ***Längsbewehrung wird für Druck nicht berücksichtigt, falls eine der folgenden Kriterien angetroffen wird:*** ∅ < 8, *s* > 15 ∅, *s* > *a min*, *s* > 300 mm *(s ist die Bügelabstand)*

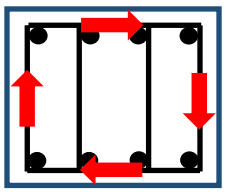
6.5.9.5. Querkraft- und Torsionsnachweis für Stahlbetonstützen

Reduktionsfaktor für Querkraftwiderstand von Bügeln aufgrund Torsion (k_T)

Gemäss den Normen und Bemessungs-Handbüchern kann die Bügelbewehrung nicht vollständig für Querkraft und Torsion genutzt werden. Aus diesem Grund berechnet das Programm die Ausnützung der Bügel aufgrund Torsion (k_T) und berechnet einen reduzierten Querkraftwiderstand für Bügel gegen Querkräfte. Der berücksichtigte Reduktionsfaktor beträgt 1-k_T (wird nur für die externen Bügel verwendet). Dieser reduzierte Querkraftwiderstand wird bei der Berechnung der Gesamtausnützung mit Querkraft- und Torsionsinterkation verwendet (η_{VyVzT}). Die Gleichgewichtskräfte in den Bügeln wirken gegen Querkraft- bzw. Torsionseinwirkung:



V_z Querkraft



T_x Torsion

Wenn die Ausnutzung von Bügeln aufgrund Torsion (k_T) 1,0 übersteigt, kann der Widerstand der Bügel gegen Querkräfte nicht berücksichtigt werden. In diesen Fällen kann die Gesamtausnutzung mit Querkraft und Torsionsinteraktion nicht berechnet werden und wird mit einem ***???*** Symbol markiert.
Die Torsion wird nur berücksichtigt, wenn das Torsionsmoment den Querkraftwiderstand wesentlich beeinflusst (k_T > 0.01), das Torsionsmoment 1% des Torsionsrissmoments überschreitet, oder die folgende Bedingung erfüllt ist:

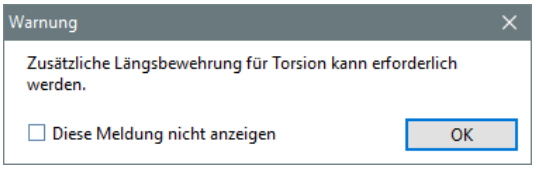
$$\frac{V_{y,E}}{V_{y,R,c}} + \frac{V_{z,E}}{V_{z,R,c}} + \frac{T_{x,E}}{T_{x,R,c}} > 1$$

wobei $V_{y,R,c}$, $V_{z,R,c}$ und $T_{x,R,c}$ die Querkraftwiderstände des Betons bezüglich der lokalen y- und z-Achse und das Torsionsrissmoment darstellen. Andernfalls wird die Querkraftwiderstandsreduktion aufgrund Torsion nicht berücksichtigt (k_T=0).

Zusätzliche Längsbewehrung für Torsion ($A_{sl,T}$)

Bei einem Stahlbetonträger / -stütze ist auch eine Längsbewehrung gegen das Torsionsmoment erforderlich, wenn die obige Bedingung erfüllt ist. Diese Längsbewehrung sollte über den Querschnittsrand verteilt sein. Eine Biegebewehrung darf nicht für Torsion berücksichtigt werden.
Torsionseffekte sind typischerweise nicht massgebend im Falle von Stützen. Das Programm berechnet eine zusätzliche Längsbewehrung, die möglicherweise aufgrund von Torsion erforderlich ist.

☞ ***Eine Warnmeldung erscheint, wenn zusätzliche Längsbewehrung erforderlich ist. Wenn Diese Meldung nicht mehr anzeigen aktiviert ist, wird die Meldung nicht mehr angezeigt, bis das Fenster Nachweis Stahlbetonstütze wieder geöffnet wird.***



Totale Querkraft-ausnützung ohne Torsion (η_{VyVz})

Rechteckiger Stützenquerschnitt**:**

$$\eta_{VyVz} = \frac{V_{y,E}}{V_{y,R}} + \frac{V_{z,E}}{V_{z,R}} \leq 1$$

wobei $V_{y,E}$ und $V_{z,E}$ die berechneten Querkräfte bezüglich der lokalen y- und z-Richtung sind, während $V_{y,R}$ und $V_{z,R}$ die entsprechenden Bemessungswiderstände sind.

Bei Kreisquerschnitten wird die Resultierende aus $V_{y,E}$ und $V_{z,E}$ berechnet. Die resultierende Querkraft wird mit dem Querkraftwiderstand des Querschnitts verglichen, der in der Richtung der Resultierenden berechnet wird:

$$\eta_{VyVz} = \frac{\sqrt{V_{y,E}^2 + V_{z,E}^2}}{V_R} \leq 1$$

Totale Ausnützung mit Querkraft- und Torsionsinter-aktion (η_{VyVzT})

Die Ausnützung η_{VyVzT} wird gleich bestimmt wie η_{VyVz}, allerdings mit einem reduzierten Querkraftwiderstand der Bügel aufgrund Torsionsausnützung mit 1-k_T.
Die Torsion wird berücksichtigt, wenn das Torsionsmoment den Querkraftwiderstand wesentlich beeinflusst (k_T > 0.01), das Torsionsmoment 1% des Torsionsrissmoments überschreitet, oder die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$\frac{V_{y,E}}{V_{y,R,c}} + \frac{V_{z,E}}{V_{z,R,c}} + \frac{T_{x,E}}{T_{x,R,c}} > 1$$

Ausnützung der Betondruck-diagonale ($\eta_{VyVzT,max}$)

Im Falle sowohl des Querkraft- als auch des Torsionsnachweises kann der Widerstand nicht grösser sein als der Widerstand der Betondruckstrebe. Wenn sowohl Querkräfte als auch Torsionsmomente vorhanden sind, muss der Einfluss von Querkraft- und Torsionsinterkation durch die Berechnung der Ausnützung der Betondruckstrebe berücksichtigt werden.

Rechteckiger Querschnitt:

$$\eta_{VyVzT,max} = \frac{V_{y,E}}{V_{y,R,max}} + \frac{V_{z,E}}{V_{z,R,max}} + \frac{T_{x,E}}{T_{x,R,max}} \leq 1$$

Bei Kreisquerschnitten wird die Resultierende aus $V_{y,E}$ und $V_{z,E}$ berechnet. Die resultierende Querkraft wird mit dem Querkraftwiderstand des Querschnitts verglichen, der in der Richtung der Resultierenden berechnet wird. Die Ausnützung wird folgendermassen berechnet:

$$\eta_{VyVzT,max} = \frac{\sqrt{V_{y,E}^2 + V_{z,E}^2}}{V_{R,max}} + \frac{T_{x,E}}{T_{x,R,max}} \leq 1$$

Wenn $\eta_{VyVzT,\mathbf{max}}$ 1.0 überschreitet, kann der Widerstand nur durch eine höhere Betonklasse oder durch die Vergrösserung des Querschnitts erhöht werden.

Querkraft-widerstand eines kreisförmigen Querschnitts

Die Berechnung des Querkraftwiderstands von Stahlbetonstützen mit kreisförmigem Querschnitt ist im Wesentlichen identisch mit der Berechnung bei rechteckigen Querschnitten, es gibt nur wenige Änderungen. Für weitere Informationen empfehlen wir folgende Literatur: John Orr - *Shear Capacity of Circular Concrete Sections.*

Hauptunterschiede bei der Berechnung:

a) Bei der Berechnung des Querkraftwiderstands des Betons ($V_{y/z,R,c}$) und dem maximalen Bemessungsquerkraftwiderstand ($V_{y/z,R,max}$), wird 0.8D als Querschnittsbreite verwendet, wobei D der Durchmesser ist.

b) Im Falle von kreisförmiger Bügelbewehrung wird ein Reduktionsfaktor (λ_1) verwendet für die Berechnung des Querkraftwiderstandes, da die Bewehrung nicht parallel zur Querkraft verläuft. Der Faktor λ_1 wird folgendermassen berechnet [Turmo et. al (2008): *Shear truss analogy for concrete members of solid and hollow circular cross sections*] [J. Orr (2009): *Shear Capacity of Circular Concrete Sections*], wobei z_0 den Abstand zwischen dem Mittelpunkt der Zugbewehrung und dem Schwerpunkt, z den Hebelarm der inneren Kräfte und r_s den Abstand zwischen dem Mittelpunkt der Querkraftbewehrung und dem Schwerpunkt darstellen:

$$\lambda_1 = \int_0^1 \sqrt{1 - ((z_0 - zX)/r_s)^2}\,dX$$

c) Im Fall von Spiralbewehrung wird ein weiterer Reduktionsfaktor verwendet, um zu berücksichtigen, dass die vertikale Komponente der Widerstandskraft nicht parallel zur Querkraft ist. Der Faktor λ_2 wird folgendermassen berechnet [I. Feltham (2004): *Shear in reinforced concrete piles and circular columns]*, wobei p die Steigung der Spiralbewehrung ist:

$$\lambda_2 = \left(\left(\frac{p}{2\pi r_s}\right)^2 + 1\right)^{-0.5}$$

Hebelarm

Bei der Berechnung des Querkraftwiderstands eines Stahlbetonquerschnitts spielt der Hebelarm (z) der inneren Kräfte eine wichtige Rolle. Der Hebelarm wird als der Abstand zwischen der Mitte der Zugbewehrung und dem Zentrum der Druckzone interpretiert. Im Fall von Trägern wird z ungefähr 0,9d gewählt, wobei d die effektive Höhe ist. Wenn eine Normalkraft vorhanden ist, kann diese Näherung nicht verwendet werden. Das Programm berechnet unter Berücksichtigung der Normalkraft im Schnitt automatisch den Hebelarm der inneren Kräfte.

☞ ***Das Programm überprüft die Regeln in der Norm hinsichtlich der minimalen / maximalen Längsbewehrungsverhältnisse, dem maximalen Bügelabstand und des minimalen Bügeldurchmessers. Eine Warnmeldung informiert den Benutzer im Informationsfenster und unmittelbar nach den Berechnungen, wenn eine dieser Regeln nicht erfüllt ist. Bei der Definition der Parameter wird der Benutzer über die Einhaltung der Regeln bezüglich des maximalen Bügelabstandes und deren Mindestdurchmesser informiert durch Klicken auf .*** ***(siehe...*** *6.5.4 Tatsächliche Bewehrung gegen zweiachsige Biegung (Stütze))*

6.5.9.6. Querkraft- und Torsionsnachweis gemäss Euro Code 2 und DIN 1045-1

Bemessungs-querkraft-widerstand

$$V_{Rd} = \mathrm{Min}\left[\mathrm{Max}\left[V_{Rd,c}, V_{Rd,s}\right], V_{Rd,max}\right]$$

wobei $V_{Rd,c}$ der Querkraftwiderstand des Betons, $V_{Rd,s}$ der Querkraftwiderstand der Bügel, und $V_{Rd,max}$ der maximale Querkraftwiderstand des Querschnitts bezüglich der Betondruckstrebe sind.

Querkraft-widerstand von Beton

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c}k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1\sigma_{cp}\right]b_w d \geq \left(v_{min} + k_1\sigma_{cp}\right)b_w d$$

wobei**:**

- ρ_{sl} Zugbewehrungsgehalt,
- b_w kleinste Querschnittsabmessung in der Zugzone (kreisförmiger QS 0.8D),
- d effektive Höhe,
- σ_{cp} Längsspannung im Querschnitt aufgrund Belastung oder Vorspannung (Druck ist positiv) $<0.2f_{cd}$,
- $C_{Rd,c}$, v_{min} und k_1 Parameter aus dem Nationalen Anhang. Die Werte dieser Faktoren können im Fenster Normen in der Registerkarte Stahlbeton eingestellt werden (**siehe...** *3.3.7 Norm)*

Für DIN 1045-1:

$$V_{Rd,c} = \left[0.1k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} + 0.12\sigma_{cp}\right]b_w d$$

Querkraft-widerstand von Bügeln

Rechteckiger Querschnitt:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot\theta$$

Kreisförmiger Querschnitt:

$$V_{Rd,s} = \lambda_1 \lambda_2 \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot\theta$$

wobei:

- A_{sw} Querschnittsfläche der Querkraftbewehrung,
- s Abstand der Bügel oder Steigung der Spiralbewehrung,
- z Hebelarm,
- f_{ywd} Fliessgrenze der Querkraftbewehrung,
- θ Winkel der Schubrisse,
- λ_1 Reduktionsfaktor für kreisförmige Bügel,
- λ_2 Reduktionsfaktor für Spiralbewehrung.

Maximaler Bemessungs-querkraft-widerstand

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd} \frac{\cot\theta + \cot\alpha}{1 + \cot^2\theta}$$

wobei:

- α_{cw} Koeffizient, der den Spannungszustand im Druckgurt berücksichtigt,
- ν_1 Festigkeitsreduktionsfaktor für Beton mit Schubrissen,
- α Winkel zwischen der Querkraftbewehrung und der Stabachse rechtwinklig zur Querkraft (im Falle von Bügeln α=90°).

Für DIN 1045-1:

$$V_{Rd,max} = 0.75 b_w z f_{cd} \frac{\cot\theta + \cot\alpha}{1 + \cot^2\theta}$$

Torsionsriss-moment – Torsionswiderstand von Beton

$$T_{Rd,c} = 2 A_k f_{ctd} t_{ef}$$

wobei:

- A_k eingeschlossene Fläche der Schwerlinien der verbundenen Scheiben,
- t_{ef} effektive Scheibendicke.

Maximaler Bemessungs-Torsionswiderstand

Das maximale Torsionsmoment in Bezug auf den Widerstand der Betondruckstrebe wird wie folgt berechnet:

$$T_{Rd,max} = 2\nu\alpha_{cw} f_{cd} A_k t_{ef} \sin\theta \cos\theta$$

Berechnung k_T

$$k_T = \frac{T_{Ed} s}{2 A_{sw} A_k f_{ywd} \cot\theta}$$

wobei:

- T_{Ed} Torsionseinwirkung,
- A_{sw} Querschnittsfläche der Bügel.

Berechnung A_{st}

$$A_{st} = \frac{T_{Ed} u_k \cot\theta}{2 A_k f_{ywd}}$$

wobei:

- u_k Umfang der Fläche A_k.

6.5.9.7. Querkraft- und Torsionsnachweis gemäss SIA 262

Querkraftwider-stand von Bügeln

Rechteckiger Querschnitt:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{sd} \cot \alpha$$

Kreisförmiger Querschnitt:

$$V_{Rd,s} = \lambda_1 \lambda_2 \frac{A_{sw}}{s} z f_{sd} \cot \alpha$$

wobei:

- A_{sw} Querschnittsfläche der Querkraftbewehrung,
- s Abstand der Bügel oder Steigung der Spiralbewehrung,
- z Hebelarm,
- f_{sd} Fliessgrenze der Querkraftbewehrung,
- α Schubrisswinkel,
- λ_1 Reduktionsfaktor für kreisförmige Bügel,
- λ_2 Reduktionsfaktor für Spiralbewehrung.

Maximaler Bemes-sungs-querkraftwi-der-stand

$$V_{Rd,c} = b_w z k_c f_{cd} \sin \alpha \cos \alpha$$

$$k_c = \frac{1}{1.2 + 55\varepsilon_1} \leq 0.65$$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_x + (\varepsilon_1 + 0.002) \cot^2 \alpha$$

wobei**:**

- k_c Festigkeitsreduktionsfaktor für Beton mit Schubrissen.

Maximales Tor-sionsmoment auf Be-messungsniveau

Das maximale Torsionsmoment in Bezug auf den Widerstand der Betondruckstrebe wird wie folgt berechnet:

$$T_{Rd,max} = 2 k_c f_{cd} A_k t_k \sin \theta \cos \theta$$

Berechnung k_T

$$k_T = \frac{T_{Ed} s}{2 A_{sw} A_k f_{sd} \cot \theta}$$

wobei:

- T_{Ed} Torsionseinwirkung,
- A_{sw} Querschnittsfläche der Bügel.

Berechnung A_{st}

$$A_{st} = \frac{T_{Ed} u_k \cot \theta}{2 A_k f_{sd}}$$

wobei:

- u_k Umfang der Fläche A_k.

6.5.9.8. Kapazitätsbemessung: Berechnung des Bemessungswerts der Querkraft nach Eurocode und SIA

Bei dissipativen Strukturen mit der Duktilitätsklasse DCM oder DCH werden die Bemessungswerte der Querkräfte zur Vermeidung von Querkraftversagen in Stützen gemäss der Kapazitätsbemessungsregel bestimmt (wenn der Fall der Erdbebenbelastung in der ausgewählten Lastkombination enthalten ist), auf der Grundlage des Gleichgewichts der Stütze und der Endmomente $M_{i,d}$.

Berechnung von $M_{i,d}$

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} M_{Rc,i} min\left\{1; \frac{\sum M_{RB}}{\sum M_{RC}}\right\}$$

wobei:

- i=1,2 bezeichnet die Enden der Stütze,
- γ_{Rd} ist der Faktor, der Überspannungen aufgrund von Stahlverfestigung und Einschluss des Betons im Querschnitt berücksichtigt,
- $M_{Rc,i}$ ist der Bemessungswert der Momentenkapazität am Ende i im Sinne des seismischen Biegemoments in der betrachteten Erdbebeneinwirkung;
- ΣM_{RB} bzw. ΣM_{RC} bezeichnen die Summe der Momentenaufnahmekapazität von Trägern und Sützen, die im selben Knoten verbunden sind

Berechnung von V_{Ed}

$$V_{Ed} = V_{Ed,0} + V_{Ed,EQ}$$

wobei:

- $V_{Ed,0}$ bezeichnet die Querkraft aufrund nicht-seismischer Lasten (ständige Lasten, etc.),
- $V_{Ed,EQ}$ ist der Bemessungswert der Querkraft unter Erdbebeneinwirkung.

Plastisches Gelenk oben und unten

$$V_{Ed,EQ} = \frac{M_{1,d} + M_{2,d}}{l_{cl}}$$

wobei:

- l_{cl} ist die lichte Länge der Sütze (die Grundeinstellung beträgt 90% der Stützenlänge).

Plastisches Gelenk oben

Wenn ein plastisches Gelenk nur an der Oberseite der Stütze ausgebildet werden kann (z. B. aufgrund einer verbundenen Stütze usw.), kann es in dem Parameterfenster so eingestellt werden, dass das plastische Gelenk nur an der Oberseite erwartet wird. In diesem Fall wird der Bemessungswert der Erdbeben-Querkraft auf die folgende Weise berechnet:

$$V_{Ed,EQ} = \frac{\left(M_{1,Ed,0} + x \cdot M_{1,Ed,EQ}\right) + M_{2,d}}{l_{cl}}$$

wobei:

- $M_{1,Ed,0}$ bezeichnet das Biegemoment aufgrund nicht-seismischer Einwirkungen,
- $M_{1,Ed,EQ}$ ist der Bemessungswert des seismischen Biegemoments am unteren Ende,• x ist ein Multiplikator für das Biegemoment, um die Biegemomentenkapazität des plastischen Gelenkes an der Spitze zu erreichen.

Plastisches Gelenk unten

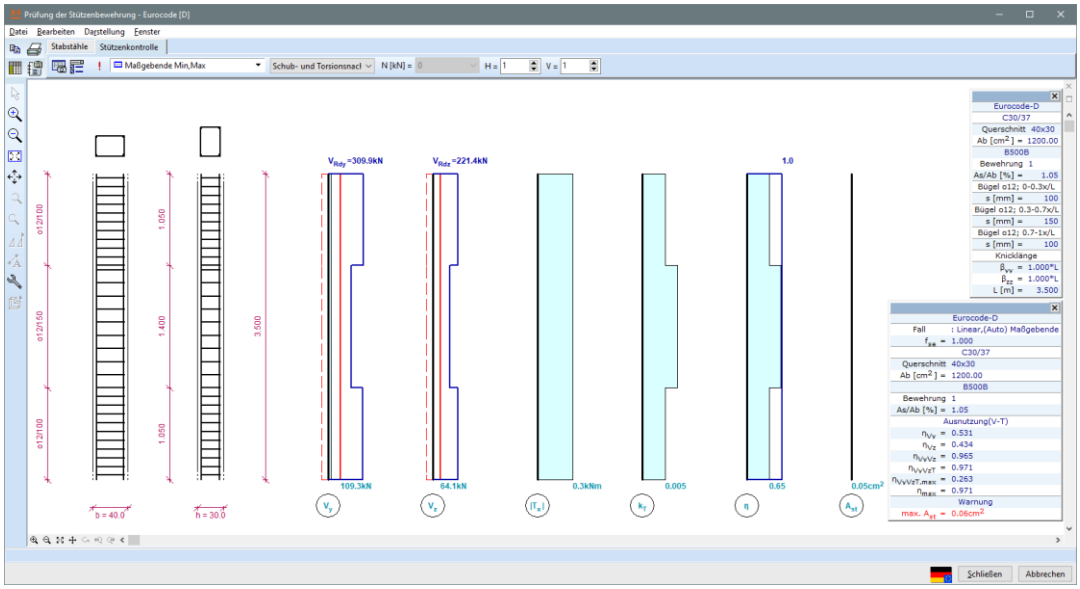
$$V_{Ed,EQ} = \frac{M_{1,d} + \left(M_{2,Ed,0} + x \cdot M_{2,Ed,EQ}\right)}{l_{cl}}$$

wobei:

- $M_{2,Ed,0}$ bezeichnet das Biegemoment aufgrund nicht-seismischer Einwirkungen am oberen Ende,
- $M_{2,Ed,EQ}$ ist der Bemessungswert des seismischen Biegemoments am oberen Ende,• x ist ein Multiplikator für das Biegemoment, um die Biegemomentenkapazität des plastischen Gelenkes am unteren Ende zu erreichen.

☞ ***Wenn die Querkraft aus der Erbebeneinwirkung grösser ist als die Querkraft, die auf der Grundlage der Kapazitätsbemessungsregeln berechnet wird, wird die Querkraft aus der Erdbebenanalyse verwendet für $V_{Ed,EQ}$.***

Resultate



Die oben beschriebene Berechnung der Querkraft aus Erdbebeneinwirkung wird nur durchgeführt, wenn in der ausgewählten Lastkombination ein Lastfall Erdbeben vorliegt. Die seismische Querkraft, die in Abhängigkeit mit den Bedingungen der Kapazitätsbemessung berechnet wurde, wird zu den nicht-seismischen Querkräften in y und Z Richtung addiert.

Der Bemessungswert der Querkraft einschliesslich der Erdbebenquerkraft, die von der Kapazitätsbemessung kommt, ist durch gestrichelte und durchgezogene rote Linien dargestellt. Die Erdbebenquerkraft muss sowohl positiv als auch negativ berücksichtigt werden, wobei positive und negative Richtungen der Erdbebenbelastung zu berücksichtigen sind. Eine durchgehende rote Linie repräsentiert grössere absolute Werte.

☞ ***Das Programm überprüft die Konstruktionsregeln in der Norm hinsichtlich der minimalen / maximalen Längsbewehrungsverhältnisse, dem maximalen Bügelabstand und des minimalen Bügeldurchmessers. Eine Warnmeldung informiert den Benutzer im Informationsfenster und unmittelbar nach den Berechnungen, wenn eine dieser Regeln nicht erfüllt ist. Bei der Definition der Parameter wird der Benutzer über die Einhaltung der Konstruktionsregeln bezüglich des maximalen Bügelabstandes und deren Mindestdurchmesser informiert durch Klicken auf*** . (**siehe...** *6.5.4 Tatsächliche Bewehrung gegen zweiachsige Biegung (Stütze)*)**.** ***Das Überprüfen weiterer Konstruktionsregeln aus der Norm obliegt der Verantwortung des Nutzers.***

6.5.10. Bemessung von Verbundstützen – RC2 Modul

Die Bemessung von Verbundstützen, die einer Druck-/Zugkraft und biaxialer Biegung ausgesetzt sind, kann nach folgenden Bemessungsregeln durchgeführt werden:

Eurocode 4: EN 1994-1-1:2010
SIA : SIA 264:2014

Das Kapitel *3.1.16.1 Querschnittseditor* zeigt, wie eine Verbundstütze eingegeben wird im Programm. Stützen, welche die folgenden Kriterien erfüllen, können im RC2-Modul gemäß den Normen bemessen werden:

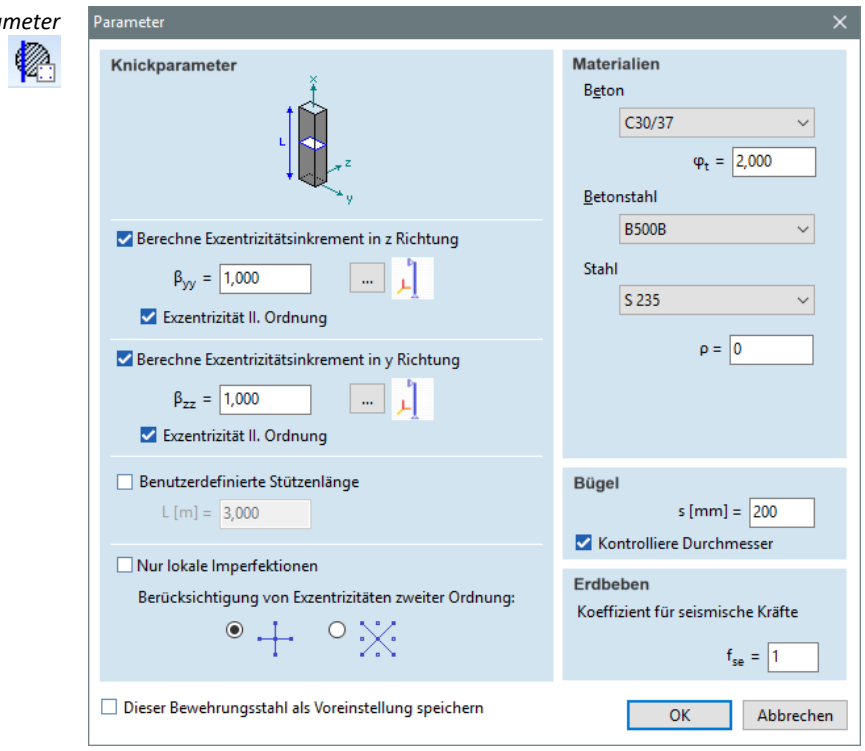
- Stahlsorte liegt zwischen S235 und S460;
- Betonfestigkeitsklasse liegt zwischen C20/25 und C50/60;
- Die Stütze ist isoliert und Teil einer gerahmten Struktur, wobei die anderen Konstruktionselemente entweder Verbund- oder Stahlelemente sind;
- der Stützenquerschnitt ist doppelt symmetrisch.

Es ist zu beachten, dass sowohl der Eurocode als auch die SIA-Norm weitere Kriterien vorschreiben, die vom Anwender zu überprüfen sind. Das Programm zeigt Warnmeldungen in folgenden Fällen an:

- wenn die Stahlsorte oder die Festigkeitsklasse des Betons außerhalb des zulässigen Bereichs liegt.;
- wenn die Auswirkungen des lokalen Knickens nicht vernachlässigt werden können (die von der Software durchgeführte Bemessung berücksichtigt nicht die Auswirkungen des lokalen Knickens);
- wenn der Stahlanteil (δ) außerhalb des zulässigen Bereichs liegt.

Die Schritte der Bemessung von Verbundstützen sind sehr ähnlich oder identisch mit den Schritten, die bei der Bemessung von konventionellen Stahlbetonstützen durchgeführt werden müssen (d.h. wie man Bewehrung definiert, welcher Knopf angeklickt werden muss). Aus diesem Grund werden die Abschnitte *6.5.4 Tatsächliche Bewehrung gegen zweiachsige Biegung (Stütze)* und *6.5.9 Bemessung der Stützenbewehrung RC2 Modul* nicht dupliziert, sondern nur die Unterschiede dargelegt.

Parameter

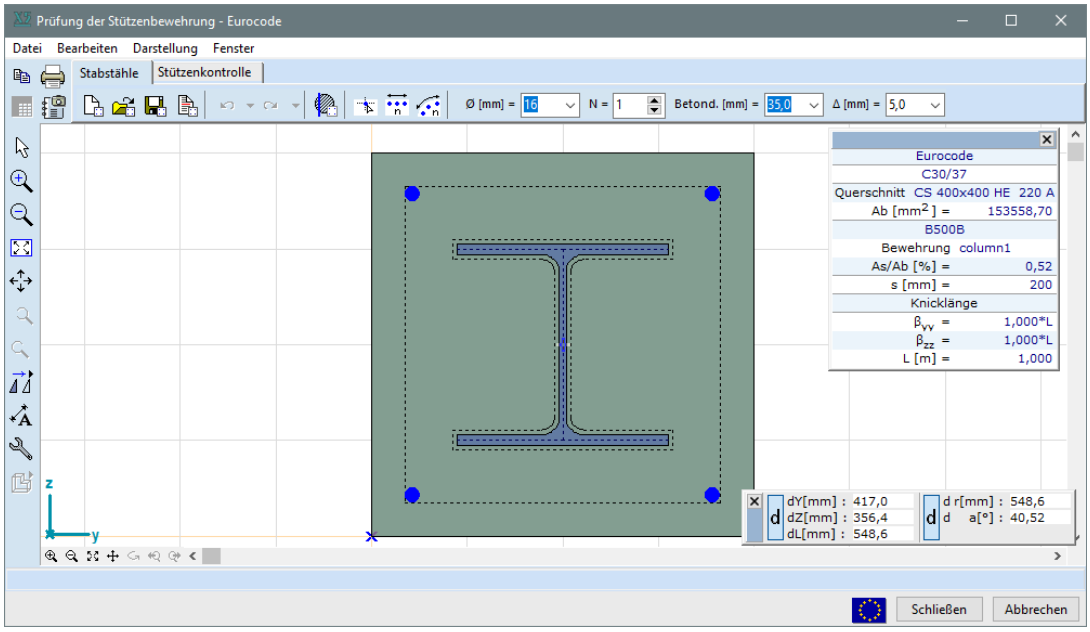


In diesem Fenster werden die Bemessungsparameter ähnlich wie bei herkömmlichen Stahlbetonstützen definiert. Die meisten Parameter sind im vorherigen Abschnitt beschrieben, **siehe...** *6.5.4 Tatsächliche Bewehrung gegen zweiachsige Biegung (Stütze)*. Zusätzlich können die Stahlsorte der Stahlprofile und der Reduktionsfaktor (ρ) unter Berücksichtigung der Auswirkung der Querkraft auf die Biege- und Druckfestigkeit angegeben werden. Der Faktor ρ wird verwendet, wenn die Querkraft $V_{a,Ed}$ auf den Stahlquerschnitt 50% des Querkraftwiderstands $V_{pl,a,Rd}$ des Querschnitts überschreitet. Dieser Faktor wird verwendet, um die betrachtete Streckgrenze des Stahls im Steg des Stahlprofils zu reduzieren:

$$(1-\rho)\cdot f_{yd}$$

Definition der Bewehrung

Die Bewehrung des Querschnitts kann im folgenden Fenster definiert werden. Sie ist identisch mit der Definition der Bewehrung bei herkömmlichen Stahlbetonstützen, **siehe...** *6.5.4 Tatsächliche Bewehrung gegen zweiachsige Biegung (Stütze)*. Bei Verbundstützen kann auch die Betonüberdeckung des Stahlprofils (Δ) angegeben werden.



Stützenbemessung

Das Programm führt den Nachweis für Biegung mit oder ohne Normalkraft der Stütze basierend auf dem Querschnitt und den angegebenen Bemessungseigenschaften und Bewehrungsparametern durch. Die Details der Bewertung der Biegeausnutzung werden in den nächsten Abschnitten erläutert. Die grafische Interpretation der Ergebnisse und der Ergebnistabellen wird im zuvor genannten Abschnitt erläutert **siehe...** *6.5.9 Bemessung der Stützenbewehrung RC2 Modul*.

☞ ***Die Brandbemessung von Verbundstützen wird im RC8-B Modul nicht unterstützt.***

6.5.10.1. Bemessung nach Eurocode und SIA-Normen

Die Ausnutzung der Stütze, die uniaxialen y-y und z-z Biegemomenten ausgesetzt ist, wird auf folgende Weise bewertet:

$$\eta_y = \frac{M_{y,Ed}}{\alpha_{M,y} M_{y,N,Rd}} \leq 1.0$$

$$\eta_z = \frac{M_{z,Ed}}{\alpha_{M,z} M_{z,N,Rd}} \leq 1.0$$

wobei

- $M_{y,N,Rd}$ und $M_{z,N,Rd}$ die Bemessungswerte des Biegewiderstandes von Verbundprofilen unter Berücksichtigung der Drucknormalkraft sind,
- $\alpha_{M,y}$ und $\alpha_{M,z}$ Koeffizienten sind, die sich auf die Biegung einer Verbundstütze um die y-y-Achse bzw. die z-z-Achse beziehen (S235 – S355 α_M=0.9; S420 – S440 α_M=0.8).

Interaktionsdiagramme für kombinierte Druck- und biegebezogene y-y und z-z Achsen werden separat berechnet. Die Ausnutzung der biaxial gebogenen Stütze wird auf folgende Weise berechnet:

$$\eta = \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,N,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,N,Rd}} \leq 1.0$$

☞ ***Es kann vorkommen, dass im Infofenster oder in der Resultattabelle das Symbol ??? anstelle der Ausnutzung der Stütze zu sehen ist. Dieses Symbol bedeutet, dass die Ausnutzung der Stütze nicht bewertet werden kann. In den meisten Fällen liegt der Grund für diesen Fehler darin, dass die Bemessungs-Normalkraft höher ist als der Druck-/Zugwiderstand des Querschnitts, so dass die biegemomentbasierte Ausnutzung der Säule nicht berechnet werden kann.***

Bemessungs-moment

Die Biegemomente $M_{y,Ed}$ und $M_{z,Ed}$ enthalten das Moment erster Ordnung, das Moment aus der Imperfektion sowie Effekte zweiter Ordnung. Die Effekte zweiter Ordnung werden mit dem folgenden Multiplikatorkoeffizienten (k) berücksichtigt, der verwendet wird, um die Summe der Biegemomente erster Ordnung und der Biegemomente aus der Imperfektion zu multiplizieren:

$$k = \frac{\beta}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,eff}}} \geq 1.0$$

wobei

- β ein Faktor für das äquivalente Moment ist,
- $N_{cr,eff}$ die kritische Normalkraft für die jeweilige Achse ist, die der effektiven Biegesteifigkeit entspricht, die wie folgt berechnet wird.

$$N_{cr,eff} = \frac{\pi^2 (EI)_{eff,II}}{L_{cr}^2}$$

$$(EI)_{eff,II} = 0.9 \cdot \left(E_a I_a + E_s I_s + 0.5 \cdot E_{cm} \frac{1}{1 + \varphi_t} I_c \right)$$

wobei

- $E_a I_a$ die Biegesteifigkeit des Stahlquerschnitts ist,
- $E_s I_s$ die Biegesteifigkeit der Bewehrung ist,
- E_{cm}, φ und I_c der Sekanten-E-Modul des Betons, der Kriechkoeffizient und das zweite Flächenmoment des ungerissenen Betonquerschnitts sind.

6.5.11. Bemessung der Balkenbewehrung – RC2 Modul

Normen

Eurocode 2: EN 1992-1-1:2004
DIN: DIN 1045-1:2001-07
SIA: SIA 262:2013

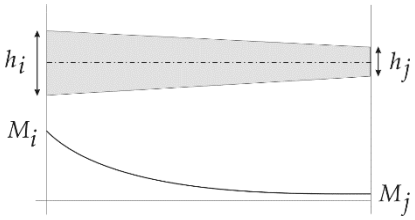
☞ ***Balken sind Konstruktionselemente deren Abmessungen in einer Richtung deutlich grösser als in den beiden anderen Richtungen sind. Es ist keine Normalkraft vorhanden, oder deren Wirkung kann vernachlässigt werden.***

Die Bauart der Balkenverstärkung kann auf Stabbauelemente angewendet werden, die aus Balken oder finiten Elementen erstellt wurden, die aus demselben Material und konstanten oder variablen rechtwinkligen und T-Querschnitten bestehen, vorausgesetzt, dass die Belastung symmetrisch auf dem Querschnitt angesetzt wird. Der Querschnitt des bemessenen Balkenteils ist prismatisch und homogen. Die berechnete untere und obere Längsbewehrung weist eine homogene Stahlqualität auf (die Bügel müssen nicht aus derselben Stahlgüte gefertigt werden wie die Längsbewehrung).

Balkenbemessung Eigenschaften

Die Balkenbemessung (Ermittlung der erforderlichen Bewehrung, platzieren von Bügeln und Längseisen und Nachweis des Balkens), verwenden Eigenschaften die im Dialog Balkenbewehrung definiert wurden (**siehe...** *6.5.3 Balkenbewehrung (einachsige Biegung)*).

Variables Querschnitt



Die Änderung der Schubkraft aufgrund eines variablen Querschnitts wird berücksichtigt. Wenn die momentanen Anzeichen sich nicht ändern, gilt eine einfache Regel: Wenn die Abschnittshöhe sich entlang der Linie genauso verändert wie das Moment, steigt die Schubkapazität, andernfalls sinkt sie.

Die Schubkraft wird modifiziert durch

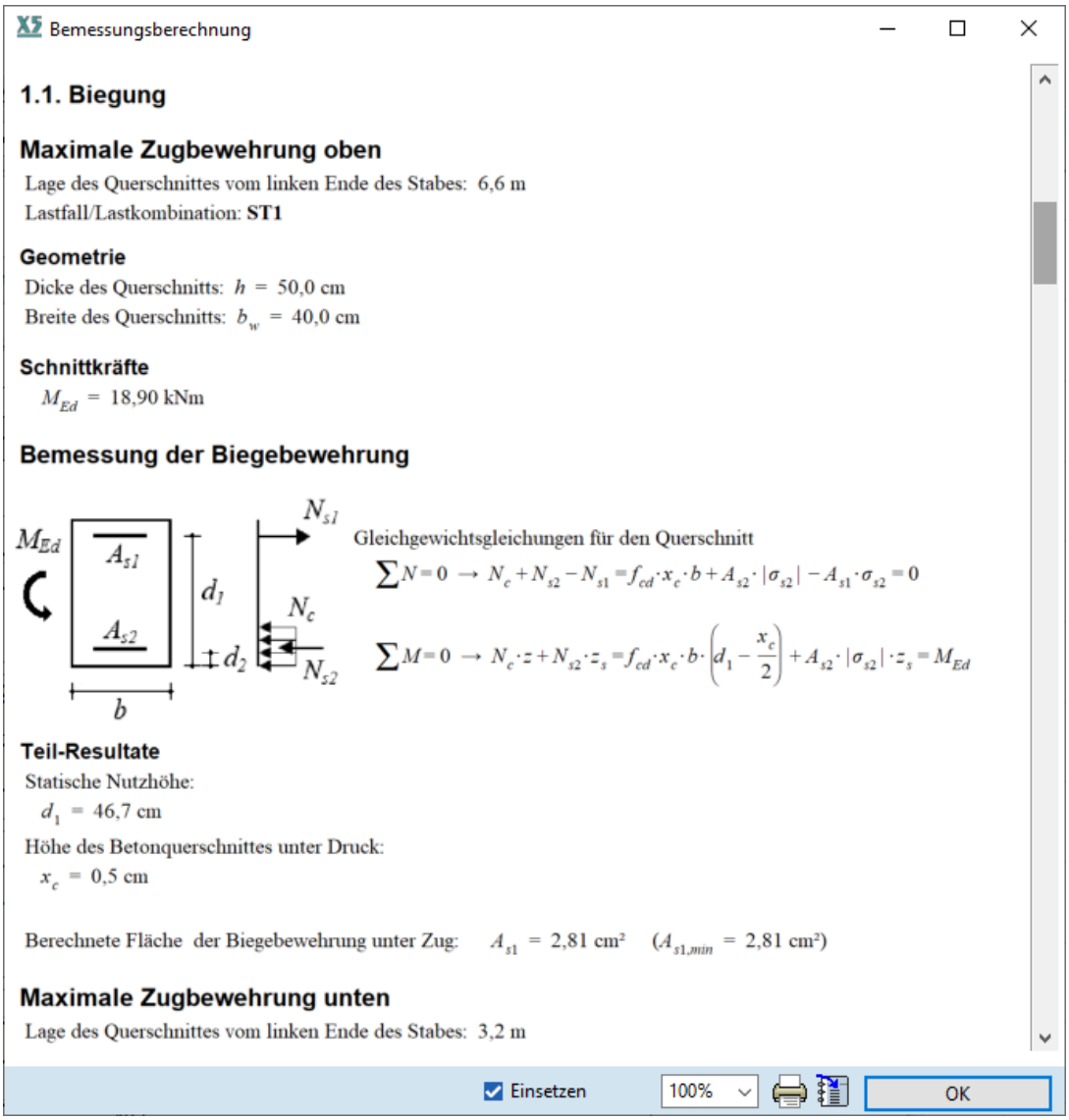
$$\Delta V = 2A_s f_{yd} \sin \alpha,$$

wobei A_s die Fläche der Längseisen unter Zug ist und α der Winkel zwischen der höchsten Faser und der Mittelachse ist. Die Längseisen müssen parallel zur höchsten Faser laufen.

☞ ***AxisVM führt Berechnungen wie nachfolgend beschrieben durch. Jede andere Berechnung, falls in der bemessungsnorm beschrieben, ist vom Anwender durchzuführen. Die aktuelle Version des Moduls behandelt nicht Biegung aus der Ebene, den Effekt der komplexen Schnittkraftzustände, Biegedrillknicken oder den Einfluss von Spitzenspannungen senkrecht zur Achse aufgrund der Wirkung konzentrierter Kräfte und ist nicht geeignet für die Stb.-Bemessung von kurzen Kragarmen.***

Bemessungsberechnung

Klicken Sie auf die *Bemessungsberechnungstaste* auf dem Dialog *Trägerbewehrung* um die Details der Berechnung nach der momentanigen Norm anzuzeigen. Referenzen zu Kaptieln und Formeln der Norm erscheinen in Blau. Falls der Reiter *Bemessung* oder *berechnete Trägerbewehrung* aktiv sind, werden die Bemessungsberechnungen auf der berechneten Bewehrung basieren. Falls der Reiter *tatsächliche Bewehrung* aktiv ist, wird der Kurzbereicht auf der tatsächlichen Bewehrung basieren.



Klicken Sie auf das Symbol *Einstellungen* neben der Taste *Bemessungsberechungen* um den Grad der Ausarbeitung und die Grundeinheiten für Kraft und Länge zu definieren. Wichtige Resultate werden auch in AxisVM Standardeinheiten dargestellt (**siehe...** *3.3.8 Einheiten*).

Für mehr Informationen über *Bemessungsberechnungen* **siehe...** *6.6 Stahlbemessung* und *6.6.1.3 Diagramme und Bemessungsberechnungen*

6.5.11.1. Arbeitsschritte Balkenbemessung



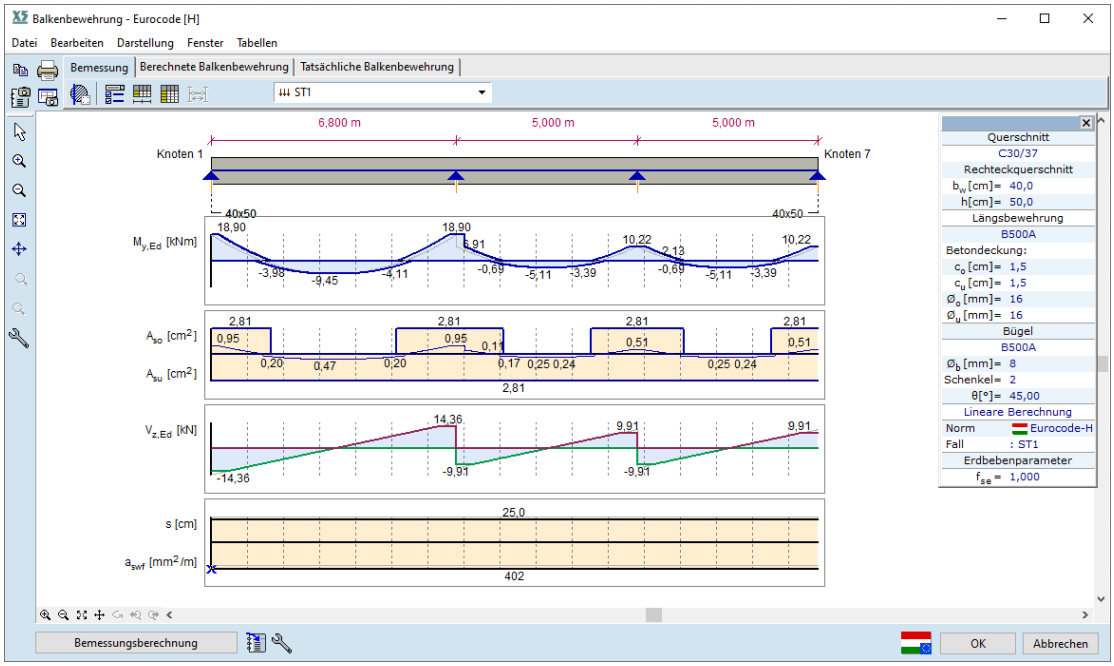
Bemessung Balkenbewehrung

Die Bemessung erfolgt in zwei Schritten:

1. Bemessung der Längsbewehrung für Momente über y- oder z-Achse (M_y oder M_z).
2. Festlegung des Abstands der vertikalen Bügel unter Beachtung der Schubkräfte über der y- oder z-Achse (Vy oder Vz) und des Torsionsmoment (Tx).

Die Normalkraft wird nicht nicht berücksichtigt. Wenn die Normalkraft nicht vernachlässigt werden kann, wird die Verwendung der Stützenbewehrung empfohlen.
Biegung und Schub/Torsion werden getrennt untersucht, allerdings wird die Längsbewehrung unter Zug für die Ermittlung der Schubkapazität berücksichtigt.
Die Zunahme der Spannung in den Längseisen aufgrund der Schubrisse wird durch Verschiebung des Moments berücksichtigt.

Die folgenden Diagramme können unter der Registerkarte Bemessung angezeigt werden: Bemessungsmoment (MyEd), berechnete obere und untere Bewehrung (As), Bemessungsquerkraft (Vz), Bügelabstand (sw), Bemssungstorsionsmoment (Tx), seitliche Torsionsbewehrung (ASL).



Längsbewehrung gegen Biegeung

Die Längsbewehrung wird blau, Druckbewehrung rot und die Mindestbewehrung nach Norm grau dargestellt.

Bügelabstand

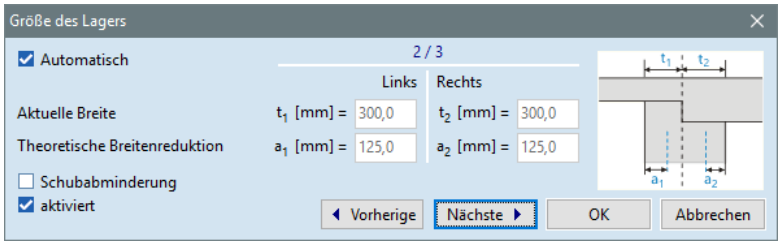
Der zulässige Bügelabstand wird schwarz, der berechnete Abstand wird blau und der Mindestabstand nach Norm wird grau dargestellt.

Längsbewehrung für Torsion

Die Längsbewehrung für Torsion wird violett dargestellt.

Auflagerbreite definieren

AxisVM erkennt alle Arten von möglichen Auflagern (Stützen, Wände, Balken, Punktlager) automatisch, deren Breite kann aber verändert werden. Dazu direkt auf ein Auflager klicken, um den Dialog zu erhalten.



Ist *Automatisch* ausgewählt, werden die vorh. Werte übernommen. Durch abwählen kann die *aktuelle Breite* und *Theoretische Breitenreduktion* manuell definiert werden. Hier können die Bereiche a1 und a2 definiert werden, die für die Berechnung nicht verwendet werden.
Mit *Schubabminderung* werden die Querkräfte oberhalb des Auflagers nach Norm reduziert. Mit aktiviert, kann man entscheiden, ob der Auflagernachweis berücksichtigt werden soll oder nicht

Balkenparameter

Siehe... *6.5.3 Balkenbewehrung (einachsige Biegung)*

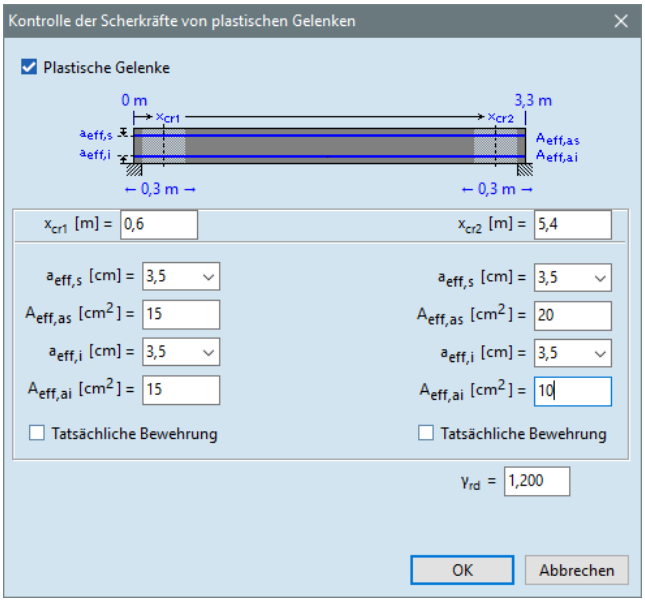
Darstellungsparameter

Die Darstellung von den Diagrammen und Beschriftungen kann angepasst werden.

Plastische Gelenke

Bei dissipativen Strukturen mit der Duktilitätsklasse DCM oder DCH (EN 1998-1-1) werden die Bemessungswerte der Querkräfte zur Vermeidung von Querkraftversagen in Trägern gemäss der Kapazitätsbemessungsregel bestimmt (wenn der Fall der Erdbebenbelastung in der ausgewählten Lastkombination enthalten ist), auf der Grundlage des Gleichgewichts des Trägers unter: a) der seitlichen Last aus der Erdbebeneinwirkung und b) den Endmomenten $M_{i,d}$ (i=1,2 bezeichnen die Enden des Trägers), ensprechenden der Bildung plastischer Gelenke für die positive und negative Richtung der Erdbebeneinwirkung.

Folgende Parameter können durch den Nutzer definiert werden: der Sicherheitsfaktor, der Abstand zwischen plastischen Gelenken und deren Bewehrung. Wenn das Kontrollkästchen Aktuelle Bewehrung aktiviert ist, werden die Bewehrungsparameter für plastische Gelenke automatisch aus der definierten tatsächlichen Trägerbewehrung berechnet (**siehe...** *6.5.11.3 Nachweis der aktuellen Balkenbewehrung*). Die Länge unterhalb der plastischen Gelenke im Fenster ist die Länge des kritischen Bereichs, in dem das Programm strengere Anforderungen hinsichtlich der Konstruktionsregeln der Querkraftbewehrung berücksichtigt, um die erwartete Duktilität zu erreichen.



Unter Berücksichtigung der Kapazitätsbemessungsregeln wird die Bemessungsquerkraft auf folgende Weise berechnet (wenn der Fall einer Erdbebenbelastung in der ausgewählten Kombination enthalten ist):

$$V_{Ed} = V_{Ed,0} + V_{Ed,EQ}$$

wobei:

- $V_{Ed,0}$ bezeichnet die Querkraft aus nicht-seismischen Einwirkungen (ständige Lasten, etc.),
- $V_{Ed,EQ}$ ist der Bemessungswert der Querkraft aus Erdbebeneinwirkung.

$$V_{Ed,EQ} = \gamma_{Rd} \frac{M_{1,d} + M_{2,d}}{l}$$

wobei:

- l ist die Distanz zwischen den plastischen Gelenken ($x_{cr2} - x_{cr1}$).

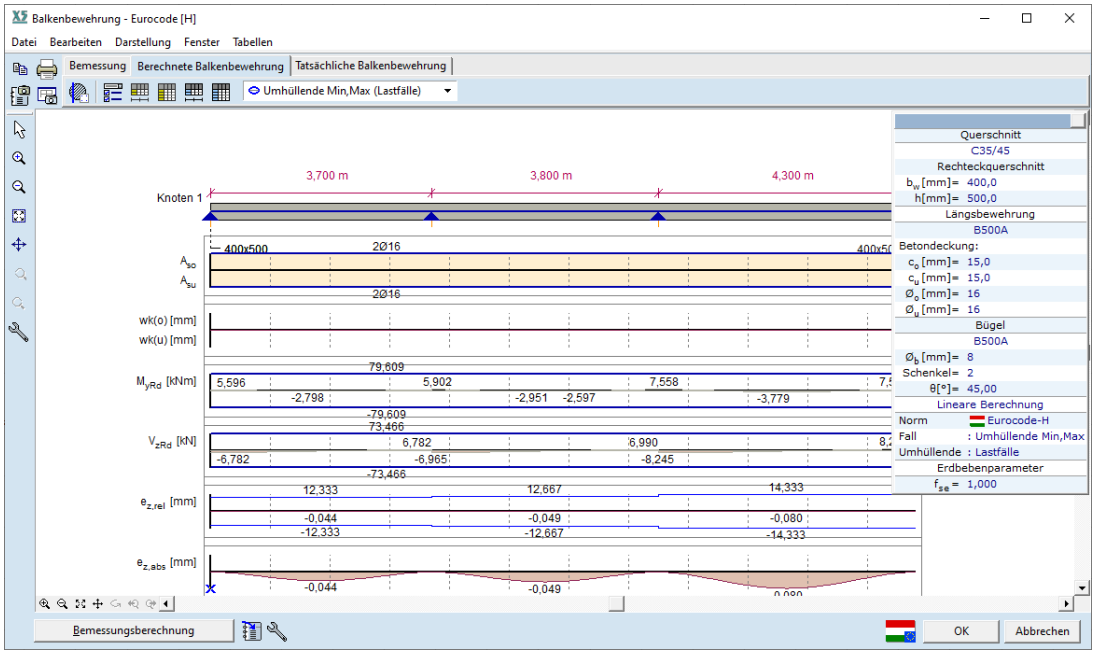
Die Querkraft aus Erdbebeneinwirkung wird mit positivem und negativem Vorzeichen berücksichtigt, wobei positive und negative Richtungen der Erdbebenbelastung berücksichtigt werden.

☞ ***Wenn die Querkraft aus der Erbebeneinwirkung grösser ist als die Querkraft, die auf der Grundlage der Kapazitätsbemessungsregeln berechnet wird, wird die Querkraft aus der Erdbebenanalyse verwendet für $V_{Ed,EQ}$.***

☞ ***Das Programm berücksichtigt Konstruktionsregeln bezüglich dem maximalen Bügelabstand durch Berechnung der Bügelanordnung. Die Überprüfung der Einhaltung weiterer normspezifischer Konstruktionsregeln für Träger mit plastischen Gelenken liegt in der Verantwortung des Anwenders.***

6.5.11.2. Kontrolle Balkenbemessung

Im Register *Berechnete Bewehrung* können folgende Diagramme dargestellt werden:
Umhüllende Bewehrung *(A_S)*, Seitenbewehrung für Torsion *(A_{SL})*, Risse *(w_k)*, Bügelabstand *(s_w)*, Momentenwiderstand *(My_{Rd})*, maximale Querkraft *(Vz_{Rd})*, Torsionswiderstand *(Tz_{Rd})*, Ausnützung Biegemoment *(My_{Ed}/My_{Rd})*, Ausnützung Querkraft *(Vz_{Ed}/Vz_{Rd})*, Ausnützung Torsion *(Tz_{Ed}/Tz_{Rd})*, relative Durchbiegung *($e_{z,rel}$)*, absolute Durchbiegung *($e_{z,abs}$)*.



Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS – Ultimate Limit State)

Biegung

Der Biegewiderstand M_{Rd} wird über die erforderliche Bewehrung ermittelt. Die Normalkraft wird nicht berücksichtigt. Falls die Normalkraft erheblich ist, sollte die Bemessung mit der Balkenbewehrung (Stütze) gemacht werden. Die Ausnützung Biegemoment (M_{Ed}/M_{Rd}) wird auch als Diagramm dargestellt.

Querkraft

Das Programm berechnet:
- Den Querkraftwiderstand ohne Querkraftbewehrung ($V_{Rd,c}$),
- Den maximalen Querkraftwiderstand aufgrund der Betondruckdiagonale ($V_{Rd,max}$),
- Den Querkraftwiderstand der Bewehrung ($V_{Rd,s}$),

Der gesamte Querkraftwiderstand (V_{Rd}) des Querschnitts basiert auf den oben genannten Komponenten. Die Querkraftausnutzung (V_{Ed}/V_{Rd}) wird entlang des Bauteils angezeigt.

Querkraft und Torsion

Das Programm berechnet den maximaeln Querkraft- und Torsionswiderstand:
- Den Widerstand ohne Bewehrung ($V_{Rd,c}$ und $T_{Rd,c}$),
- Den maximalen Querkraft- / Torsionswiderstand begrenzt durch die Betondruckdiagonale ($V_{Rd,max}$ und $T_{Rd,max}$),
- den Querkraftwiderstand ($V_{Rd,s}$) und Torsionswiderstand ($T_{Rd,s}$) der Bewehrung

Die Menge der Bügelbewehrung wird durch folgende Faktoren berücksichtigt:
$A_{sw,T} = \frac{V_{Ed,i}}{V_{Ed,i}+V_{Ed}} \cdot A_{sw}$,
wobei A_{sw} die Fläche eines Bügels,
$V_{Ed,i} = \frac{T_{Ed}}{2 \cdot A_k} \cdot z$ die Querkraft aus Torsion,
V_{Ed} die Bemessungsquerkraft ist.

Bei der Berechnung des Torsionswiderstandes werden nur die äusseren Bügel berücksichtigt.

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS - Service Limit State)

Rissweiten-berechnung

Im Register Berechnete Balkenbewehrung ermittelt AxisVM das aktuelle obere und untere Bewehrungsschema aus den erforderlichen Bewehrungsgehalten **(abhängig von dem gewählten Lastfall oder der gewählten Lastkombination)**. Der Mindeststababstand nach Norm wird auch berücksichtigt.
Falls die erforderliche Stabanzahl nicht einer Lage angeordnet werden können, werden weitere Lagen eingeführt. Eine Lage besteht aus mindestens 2 Stäben.
Im Falle von T Querschnitten werden Stäbe im Flansch angeordnet, falls im Steg zu wenig Platz ist. Die Stäbe im Flansch können nur eine Lage bilden und die maximale Anzahl kann höchsten die Hälfte der Gesamtzahl aller Stäbe betragen.
Falls eine Umhüllende gewählt ist, wird die Rissbreite aus allen in der Umhüllenden vorkommenden SLS Kombinationen berechnet. Falls keine SLS Kombinationen in der Umhüllenden enthalten sind, werden alle ULS Kombinationen untersucht.
Querschnittswerte und Rissbreiten werden mit einer Stabanordnung gemäß obigem Bewehrungsschema berechnet. Falls eine SLS Kombination gewählt ist, wird die Rissbreitenberechnung mit dem Bewehrungsschema aus der SLS Kombination ermittelt. Dieser Rissbreitenwert kann höher sein als derjenige welcher mit der Bewehrung aus den Resultaten der Umhüllenden berechnet wurde.

Rissbreite

Wenn unter den *Bewehrungsparametern* im Register *Parameter* "Bewehrung erhöhen gemäss begrenzender Rissbreite" angewählt wurde, wird AxisVM die Anzahl der Längseisen auf der Zugseite so lange erhöhen, bis die ermittelte Rissweite unter dem zulässigen Wert ist (vorausgesetzt der Bewehrungsgehalt überschreitet nicht 4% ($A_s \leq 0.04 \cdot A_c$).

Durchbiegung

Die Durchbiegung wird auf der sicheren Seite unter Verwendung einer Annäherung berechnet.
Das Programm berechnet die Verteilungsfaktoren ζ an den Maximalstellen des Feldmomentes und an den theoretischen Auflagerrändern und nimmt an, dass dieser Faktor konstant ist 1) zwischen den Auflagerrändern und dem Nullpunkt und 2) zwischen Momentennullpunkten im Feld.
Die durch die lineare Analyse ermittelte absolute Durchbiegung wird mit den Werten der Auflagerverschiebung korrigiert.

Die approximierte Durchbiegung an einer bestimmten Stelle des Trägers beträgt

$$e = e_I \cdot (1 - \zeta) + e_{II} \cdot \zeta$$

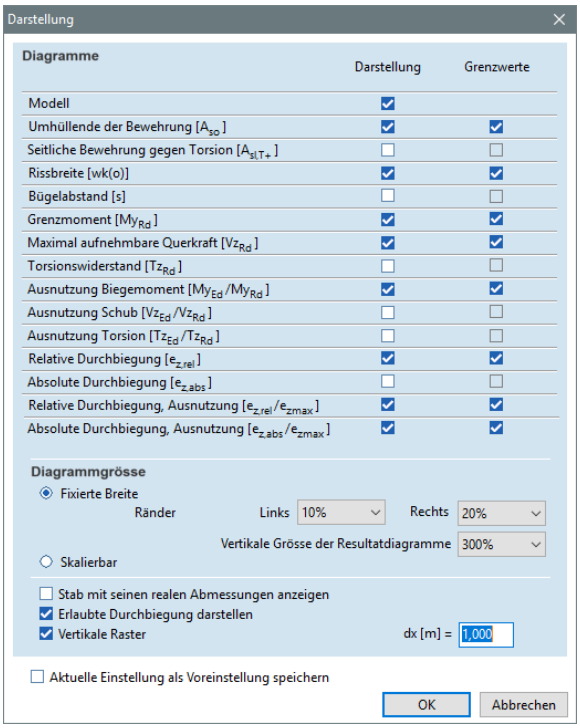
wobei:

ζ Verteilungsfaktor, $\zeta = 1 - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{M_{cr}}{M}\right)^2$.
e_I approximierte Durchbiegung am ungerissenen bewehrten Balken: $e_I = e_0 \cdot I_I / I_b$
e_{II} approximierte Durchbiegung am gerissenen bewehrten Balken: $e_{II} = e_0 \cdot I_{II} / I_b$
e_0 korrigierte Durchbiegung unter Berücksichtigung des effektiven Elastizitätsmoduls des Betons und der Auflagerverschiebungen $e_0 = e_{lin} \cdot E_{cm} / E_{c,eff}$

Darstellung Ergebnisse



Mit diesem Symbol kann die Darstellung von den Diagramme und Beschriftungen eingestellt werden.



Nachweistabelle (ULS)



Für jeden Abschnitt werden zwei Zeilen dargestellt, einmal obere und einmal untere Bewehrung. Jede Zeile beinhaltet für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS) die zugehörigen Schnittkräfte und verschiedener Zwischenergebnisse. Es ist auch eine kürzere Übersicht mit Werten an wichtigen Abschnitten vorhanden.
Das Bewehrungsschema zeigt die Anzahl der Längseisen in der Flanscherweiterung (ausserhalb des Stegs). Die Längseisen im Steg werden Zeile für Zeile von aussen nach innen angezeigt.

Nachweistabelle (SLS)



Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit werden ähnliche Tabellen für Schnittkräfte, Rissweite und Durchbiegungen angezeigt.
Obere Risse werden durch das (max) Moment, das Zug im oberen Bereich verursacht, ermittelt. Untere Risse werden durch das (min) Moment, das Zug im unteren Bereich verursacht, ermittelt. Falls auf beiden Seiten kein Zug auftritt (max. ist negativ oder min ist positiv), wird die Berechnung mit einem Momentenwert 0 durchgeführt. Dann steht in der Tabelle null und zeigt das aktuelle Moment in eckigen Klammern.

☞ ***Erscheinen in den beiden Tabellen die Schnittkräfte unterschiedlich, wurde die Bewehrung mit einer umhüllenden oder massgebenden Kombination ermittelt. Wenn ein einzelner Lastfall oder eine individuelle Lastkombination augewählt wurde, sind die Schnittkräfte immer identisch.***

6.5.11.3. Nachweis der aktuellen Balkenbewehrung

Aktuelle Balkenbewehrung ändern

Im Register *Aktuelle Balkenbewehrung* kann die tatsächliche Längsbewehrung oder der Bügelabstand von finiten Elementen geändert werden.
Nach Änderung der Bewehrung oder des Bügelabstandes werden die Ergebnisse automatisch neu berechnet, wenn die Option *Anzeigen / Neuberechnen* automatisch aktiviert ist. Wenn diese Funktion die Definitionszeit verlängert (z.B. muss der Träger auf eine Vielzahl von kritischen Kombinationen überprüft werden), deaktivieren Sie diese Option. Klicken Sie in diesem Fall unten auf die Schaltfläche Berechnen, um die Ergebnisse neu zu berechnen.



Alles selektieren (Ctrl+A)



Berechnete Bewehrung /Bügelabstände anwenden
Setzt die tatsächliche Bewehrung und die Bügelabstände entsprechend den berechneten Werten aus dem gewählten Lastfall bzw. der gewählten Lastfallkombination über die gesamte Balkenlänge
Klicken Sie auf eine der beiden exklusiven Schaltflächen, um den Definitionsmodus auszuwählen.

 *Längsbewehrung*

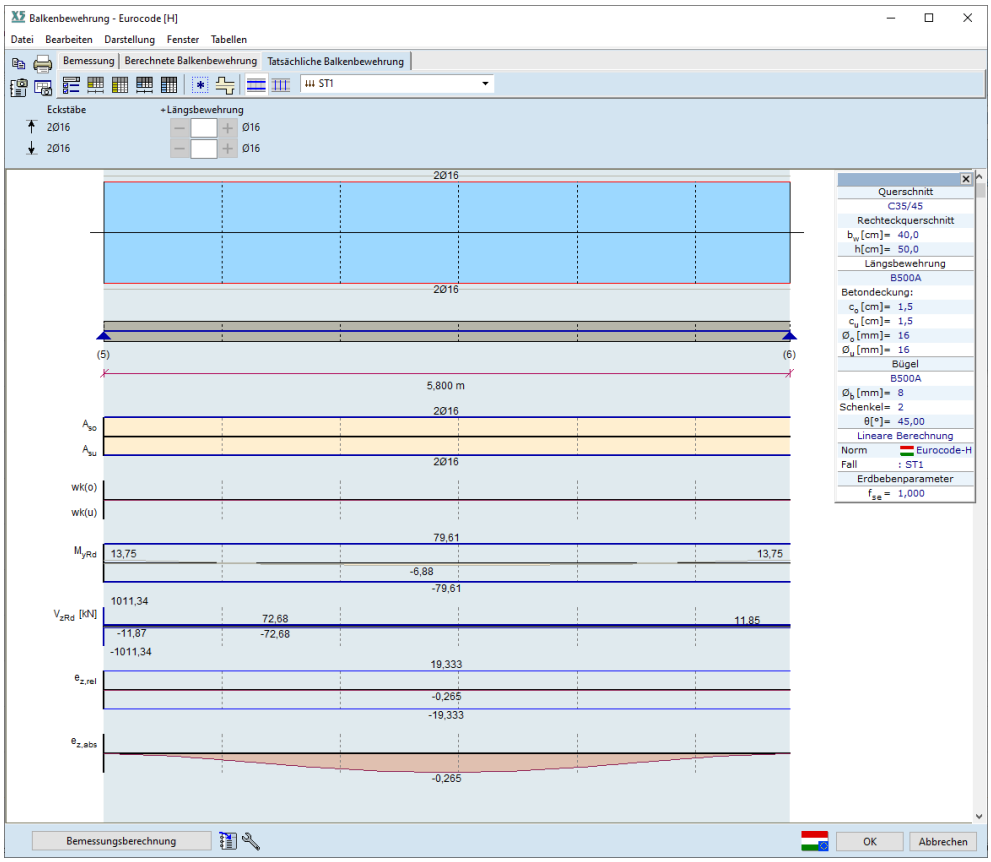
 *Bügelabstand*



Längsbewehrung
Wenn dieser Knopf gedrückt ist, kann die Längsbewehrung definiert werden.
Wählen Sie finite Elemente aus oder entfernen Sie die Auswahl durch Klicken oder Ziehen mit der Maus. Um nicht benachbarte Elemente zur Auswahl hinzuzufügen, drücken Sie während des Vorgangs die Umschalttaste. Der Durchmesser von Eckbewehrungen und anderen Längsbewehrungen wird unter den Parametern der Bewehrung eingestellt. Einstellungsboxen ermöglichen die Änderung der Anzahl der oberen und unteren Bewehrungsstäbe in den ausgewählten Elementen. Mit den Tasten - und + werden diese Werte verringert bzw. erhöht.
Das Diagramm der tatsächlichen Bewehrung ist mit Himmelblau gefüllt, die für den aktuellen Lastfall oder die aktuelle Lastfallkombination berechnete A_s-Bewehrung ist dahinter als rotes, mit Rosa gefülltes Diagramm zu sehen.

Nachweis der tatsächliche Bewehrung

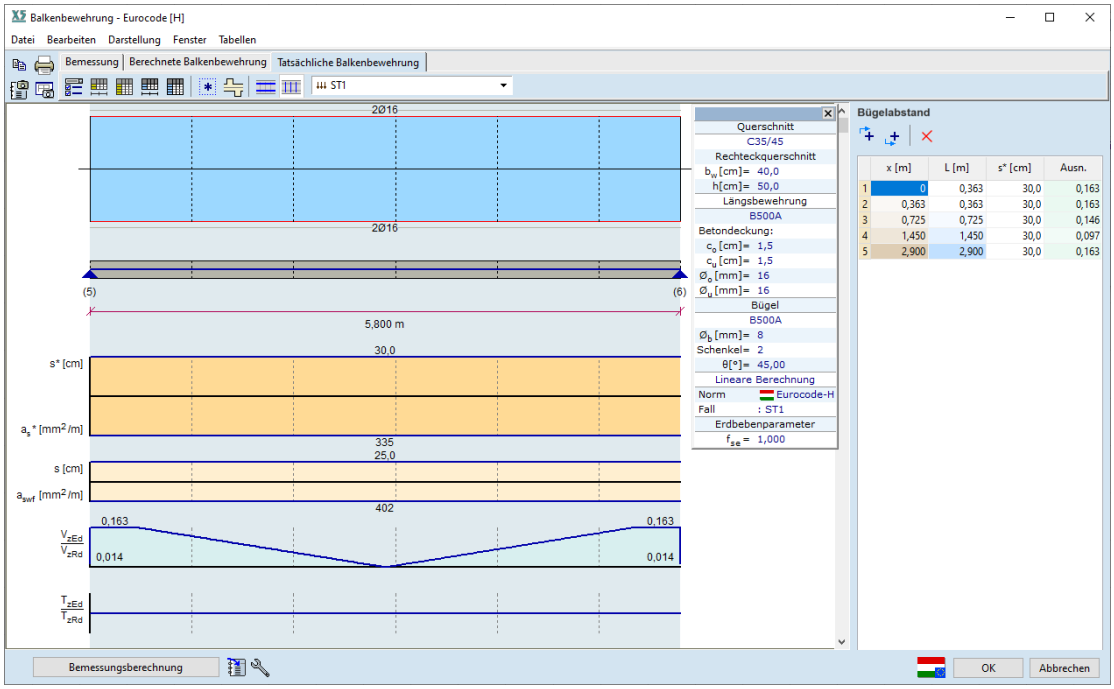
Das Programm zeigt die Ergebnisse identisch zum vorherigen Register, aber für die tatsächliche Bewehrung.
Auch die Tabellen sind identisch zum vorherigen Register, aber für die tatsächliche Bewehrung.





Bügelabstand

Wenn diese Taste gedrückt ist, kann der tatsächliche Bügelabstand eingestellt werden.
Oben erscheint ein Diagramm des angewandten Bügelabstands (s*) und des spezifischen Bewehrungsquerschnitts (as*). Auf der rechten Seite erscheint ein Raster, das den Bügelabstand als Stufenfunktion konstant in kontinuierlichen Abschnitten entlang des Trägers anzeigt. Die x-Koordinate des Startpunktes des Schnittes, die Länge L des Schnittes und der Abstand s* über diesem Schnitt können bearbeitet werden. Wenn die Ergebnisse berechnet wurden, wird auch die Auslastung der einzelnen Abschnitte angezeigt (wenn dieser Wert grösser als 1 ist, ist der Hintergrund rot, sonst grün).



Bügelabstand bearbeiten

Nach dem Eintippen auf die Schaltfläche *Berechnete Bewehrung / Bügelabstand anwenden* zeigt die Tabelle die berechneten Werte an. Verwenden Sie die folgenden Schaltflächen, um die Tabelle mit der Beschreibung der Schrittfunktion zu bearbeiten.



Fügt eine neue Zeile vor der aktuellen ein: Erstellt einen neuen Abschnitt, indem er die Zeile vor der aktuellen in zwei gleiche Teile teilt. s* bleibt unverändert, kann aber separat bearbeitet werden.



Fügt eine neue Zeile nach der aktuellen ein: Erstellt einen neuen Abschnitt, indem der aktuelle Abschnitt in zwei gleiche Teile aufgeteilt wird. s* bleibt unverändert, kann aber separat bearbeitet werden.



Ausgwählte Zeilen löschen: Nach dem Löschen der ausgewählten Zeilen wird der vorherige Abschnitt erweitert.

Zellen bearbeiten

Der Startpunkt x eines Abschnitts kann auf einen beliebigen Wert zwischen dem vorherigen und dem nächsten Wert geändert werden. Die Änderung von x passt auch die Länge des aktuellen und des vorherigen Abschnitts entsprechend an. Werte ausserhalb dieses Bereichs werden abgelehnt.

Die Länge L eines Abschnitts kann geändert werden, aber der Endpunkt des Abschnitts muss links vom Ende des nächsten Abschnitts liegen. Die Länge des nächsten Abschnitts wird entsprechend angepasst.

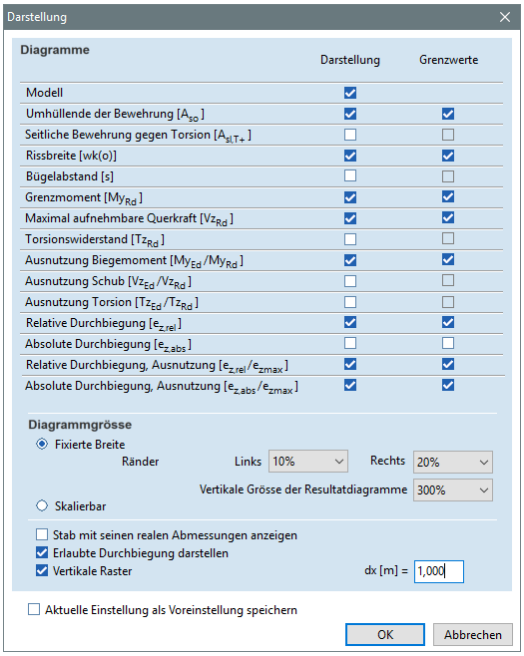
Darstellung der Ergebnisse



In diesem Dialog werden Darstellung und Beschriftung von Diagrammen eingestellt.
Spezielle Kontrollen für die *Tatsächliche Bewehrung*:

Ränder: Einen linken und rechten Rand mit prozentualer Breite im Verhältnis zur Gesamtbreite. Damit kann man Platz schaffen für das Infofenster.

Vertikale Größe der Resultatdiagramme: Stellt die senkrechte Größe zwischen 100% und 300% ein. Dieser Wert kann auch mit dem Mausrad angepasst werden.



6.5.11.4. Balkenbewehrung nach Eurocode2

Symbole, Materialeigenschaften, Sicherheitsfaktoren	
f_{cd}	Charakteristischer Wert der Betondruckfestigkeit.
f_{ctd}	Charakteristischer Wert der Betondzugfestigkeit.
α	= 0.85; Koeffizient zur Berücksichtigung von ungünstigen Einwirkungen.
γ_c	= 1.5; Sicherheitsfaktor für Beton
f_{yd}	Charakteristischer Wert der Stahlfliessgrenze.
ε_{su}	Grenzdehnung des Bewehrungsstahls
E_s	(=200 kN/mm^2); E-Modul des Bewehrungsstahls
γ_s	= 1.15; Sicherheitsfaktor des Bewehrungsstahls

Bemessung von Schub & Torsionsbewehrung

Die Bemessung basiert auf den folgenden Werten des Schubwiderstandes:

$V_{Rd,c}$ Schubwiderstand des Querschnittes ohne Schubbewehrung.
$V_{Rd,max}$ Maximale Schubkraft, welche ohne Versagen der geneigten Druckdiagonalen aufgenommen werden kann.
$V_{Rd,s}$ Schubwiderstand des Querschnittes mit Schubbewehrung.
$T_{Rd,c}$ Schubwiderstand des Querschnittes ohne Torsionsbewehrung
$T_{Rd,max}$ Maximales Torsionsmoment, welches ohne Versagen der geneigten Druckstäbe aufgenommen werden kann.

AxisVM berechnet die Schub- und Torsionsbewehrung unter der Annahme dass die Schubrissneigung 45° beträgt.

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} \leq 1,$$

wobei

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd}}{\cot\theta + \tan\theta}$$

und

$$T_{Rd,max} = 2v\alpha_{cw} f_{ctd} t_{efi} A_k \sin\theta \cos\theta$$

Falls der Querschnitt nicht versagt, kontrolliert das Programm, ob Schub- oder Torsionsbewehrung gemäß folgenden Formeln erfoderlich ist:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,c}} \leq 1,$$

, wobei

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} k (100\varrho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}\right] b_w d \text{ und } T_{Rd,c} = 2 f_{ctd} t_{efi} A_k$$

Falls Schub- oder Torsionsbewehrung erforderlich ist

$$\frac{\sum A_{sl} f_{yd}}{u_k} = \frac{T_{Ed}}{2A_k} \cot\theta$$

somit

$$A_{sl} = \frac{T_{Ed} u_k}{2A_k f_{yd} \tan\theta}$$

Bügelabstände s werden nach folgenden Formeln berechnet:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot\theta \;\; und \; V_{Rd,s} \geq V_{Ed} + V_{Edi}$$

$$s = \frac{A_{sw}}{V_{Ed} + V_{Edi}} z f_{ywd} \cot\theta$$

Falls die Methode der variablen Fachwerkneigungen verwendet wird, kann beträchtlich Schubbewehrung eingespart werden, falls die Beton-druckdiagonalen zusätzlichen Widerstand bieten, z. Bsp. :

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} \ll 1$$

Durch Ändern des Schub-Riss Neigungswinkels übernehmen die Betondruckdiagonalen mehr, die Schubbewehrung weniger Last.
Falls die Methode der variablen Fachwerkneigungen verwendet wird, bestimmt AxisVM die Richtung der Schubrisse zwischen 21,8° (ctgΘ=2,5) und 45° (ctgΘ=1) vor der Bewehrungsberechnung , sodass die Betondruckdiagonalen möglichst optimal ausgenutzt werden.
Der Schub-Riss Neigungswinkel wird in kleinen Schritten erhöht um eine optimale Lösung zu erreichen.

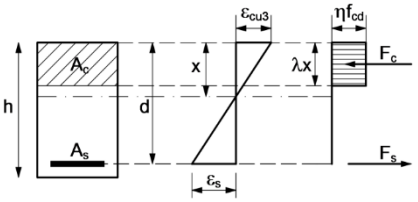
$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} \leq 1$$

☞ ***Der Querschnitt versagt, wenn die massgebende Schubkraft grösser als der Schubwiderstand des Betonbalkens ist. z. Bsp:***

$$\boldsymbol{\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} > 1}$$

Balken-Längsbewehrung

Während der Bemessung von Stahlbetonbalken wird angenommen, dass die Bewehrung nachgibt und die Betondruckzone die Druckspannungsgrenze erreicht. Für die Betondruckzone wird eine rechtwinklige Spannungsverteilung berücksichtigt. (EC2 3.1.7. (3)).



AxisVM bemisst Längseisen unter Druck, wenn die Höhe der Druckzone eine Grenzhöhe erreicht. Oberhalb dieser Grenze erreichen die Spannungen nicht die Fliessgrenze in der Zugbewehrung und fliessen kann nicht angenommen werden.

Die erforderliche obere und untere Bewehrung und die Momentenverschiebung wird für jeden Lastfall gerechnet.

Aufgrund von geneigten Rissen wird die Zugbewehrung für eine grössere Schnittkraft als nach M/z bemessen.

Minimum *($M_{min} \leq 0$) und* Maximum *($M_{max} \geq 0$)* Werte des Momentendiagramms und der zugehörigen Bewehrung auf der Zug- und Druckseite sind bestimmt. Zugbewehrung wird blau dargestellt, Druckbewehrung rot und die Mindestbewehrung nach Norm wird grau dargestellt.

Im Fall der bemessenen Längseisen soll der Bügelabstand nicht grösser als 20mal dem Durchmesser der bemessenen Druckstäbe sein.

Rissberechnung

Rissbreite wir berechnet nach *6.5.7.1 Berechnung nach Eurocode 2*.

6.5.11.5. Balkenbemessung gemäß DIN 1045-1

Symbole, Materialeigenschaften, Sicherheitsbeiwerte	
f_{cd}	Charakteristischer Wert der Druckfestigkeit des Betons
f_{ctm}	Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Betons
α	= 0.85; Parameter womit die Dauerhaftigkeit der Belastungen und anderen - aus der Lastenwirkung entstehenden - ungünstigen Wirkungen berücksichtigt werden
γ_c	= 1.5; Sicherheitsbeiwert des Betons
f_{yd}	Charakteristischer Wert der Fliessgrenze (Streckgrenze) des Stahles
ε_{su}	Grenzdehnung des Betonstahles
E_s	(=200 kN/mm^2); Elastizitätsmodul des Bewehrungsstahles
γ_s	= 1.15; Sicherheitsbeiwert des Stahles

Schubbemessung mit Bügeln

Die Bemessung erfolgt anhand der drei Schubfestigkeitswerte (Schubbeanspruchbarkeit):

$V_{Rd,ct}$ die Schubbeanspruchbarkeit des Betonquerschnittes ohne Bewehrung.
$V_{Rd,max}$ die grösste Schubkraft, welche ohne Zerstörung den angenommenen Betondruckstäben aufgenommen werden kann.
$V_{Rd,sy}$ die Scherkraft, welche durch den Betonquerschnitt mit Schubbewehrung aufgenommen werden kann.

Ausreichende Größe des Balkenquerschnitts wenn: $V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$
Man braucht keine Bemessung für die Schubbewehrung, wenn $V_{Ed} \leq V_{Rd,ct}$ DIN 1045-1 10.3.1 (2)
Wenn $V_{Ed} > V_{Rd,ct}$, dann muss eine Querkraftbemessung durchgeführt werden DIN 1045-1 10.3.1 (3)

Der Bügelabstand wird berechnet nach $V_{Ed} \leq V_{Rd,sy}$.

Für Balken mit Schubbewehrung kann die vereinfachte Methode (45° Risse) die Methode mit veränderlichen Neigungen (VAT) berechnet werden. Wenn die Druckstreben in der vereinfachten Methode Reserven ($V_{Rd,max} > V_{Ed}$) aufweisen, dann führt die Methode veränderlicher Neigungen zu besseren Ergebnissen.

Durch die Methode der veränderlichen Neigung kann die Druckstrebenneigung der Schubbeanspruchung besser angepasst werden.
Das Programm berechnet den ctgΘ :

$$\operatorname{ctg}\Theta = \frac{1.2 - 1.4\frac{\sigma_{cd}}{f_{cd}} A_{sw}}{1 - \frac{V_{Rd,c}}{V_{Ed}}}$$

Für Normalbeton: $0.58 \le \cot\Theta \le 3.0$
Für Leichtbeton: $0.58 \le \cot\Theta \le 2.0$ DIN 1045-1 10.3.4 (3)

Die vereinfachte Methode geht von einem Risswinkel von 45° aus, so ist $\cot\Theta = 1$.

$V_{Rd,sy} = \frac{A_{sw}}{s_w} f_{yd} z \cot\Theta$ DIN 1045-1 10.3.4 (7)

Ist der Schubwiderstand aus der Schubbewehrung.

Im Falle von gleichzeitig auftretenden Schubkräften und Drillmomenten wird folgendes geprüft:

Wenn das Drillmoment beachtet wird, prüft AxisVM die folgende Bedingung:

$$\left[\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}}\right]^2 + \left[\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}}\right]^2 \le 1$$ DIN 1045-1 10.4.2 (5)

Ausreichend, wenn die Konstruktionsregeln berücksichtigt werden:

$$T_{Ed} \le V_{Ed} b_w / 4.5 \quad \text{und} \quad V_{Ed}\left[1 + \frac{4.5 T_{Ed}}{V_{Ed} b_w}\right] \le V_{Rd,ct}$$ DIN 1045-1 10.4.1 (6)

Bügelbewehrung aus Drillmomenten

Widerstandsdrillmoment basierend auf dem Ausfall des Betondrucks:

$$T_{Rd,sy} = \frac{2A_{sw}}{s_w} f_{yd} A_k \cot\Theta$$

Der Bügelabstand:

$$s_{w,T} = \frac{2A_{sw}}{T_{Ed}} f_{yd} A_k \cot\Theta$$

Längsbewehrung aus Drillmomenten $T_{Rd,sy} = \frac{2A_{sl}}{u_k} f_{yd} A_k \tan\Theta$,

$$A_{sl} = T_{Ed} u_k / 2 f_{yd} A_k \tan\Theta$$

sollte über den Querschnitt gleichmässig verteilt werden.

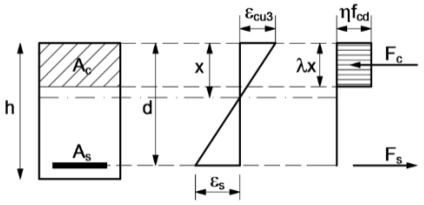
Der aktuelle Bügelabstand ergibt sich aus den Bügelabstände aus Torsion und Querkraft:

$$s_w = \frac{1}{\frac{1}{s_{w,V}} + \frac{1}{s_{w,T}}}$$

Längsbewehrung des Balkens nach SIA 262:2003

Während der Stahlbetonbemessung der Balken wird angenommen, dass die Bewehrung fliesst und die Betondruckzone die Druckspannungsgrenze erreicht.

Für die Betondruckzone wird eine rechtwinklige Spannungsverteilung berücksichtigt (SIA262 4.2.1.4).



Das Programm bemisst Druckstäbe, wenn die Höhe der Bruckzone die Grenzhöhe übersteigt. Oberhalb des Grenzwertes erreicht die Spannung nicht die Fliessgrenze in der Zugbewehrung und fliessen kann nicht angenommen werden.

Wegen den schrägen Rissen muss die Zugbewehrung auf eine höhere Kraft als *M/z* bemessen werden. Dies wird mit der Verschiebung der Momentenlinie berücksichtigt.

Auswahl der minimalen ($M_{min} \le 0$) und maximalen ($M_{max} \ge 0$) Momente und die dazugehörigen Druck- und Zugstahlmengen. Auf dem Bewehrungsdiagramm ist die Zugbewehrung mit Blau, die Druckbewehrung mit Rot und die in den Konstruktionsregeln bestimmten minimalen Zug- und Druckstahlmenge mit Grau dargestellt.

Im Fall der bemessenen Längseisen soll der Bügelabstand nicht grösser als 15mal dem Durchmesser der bemessenen Druckstäbe sein.

Rissbrechnung

Rissbreite wir berechnet nach *6.5.7.2 Berechnung nach DIN 1045-1*

Berücksichtigte Konstruktionsregeln

Verhältnis der Bügelbewehrung: $\rho_w = \frac{A_{sw}}{s} b_w$
Aus den Gleichungen: $s_{max,1} = A_{sw}/\rho_w b_w$ mit $\rho_w = 0.16 f_{ctm}/f_{yk}$
Der minimale Wert von ρ_w berechnet sich aus Tabelle 29. in DIN 1045-1 13.1.3
Der maximale Bügelabstand s_{max} richtet sich nach Tabelle 31. in DIN 1045-1 13.2.1
Der maximale Bügelabstand aus Drillmomenten beträgt $u_k/8$.

☞ ***Die Software sendet eine Warnmeldung und zeichnet in den folgenden Fällen kein Bewehrungsdiagramm:***

Meldung ***Der Querschnitt ist nicht ausreichend für Schub***
Ergebnis Die folgende Bedingung ist nicht erfüllt:

$$V_{Rd,max} > V_{Ed} \quad \text{oder} \quad \left[\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}}\right]^2 + \left[\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}}\right]^2 \leq 1$$

Lösung Ändern sie den Querschnitt, die Betongüte oder den Bügeldurchmesser.

Meldung ***Der Querschnitt ist nicht ausreichend für Biegung (As + As2 > 0.08 * Ac)***
Ergebnis Die Biegebewehrung beträgt mehr als 8% der Querschnitts
Lösung Ändern sie den Querschnitt, die Betongüte oder den Stahldurchmesser

6.5.11.6. Balkenbemessung gemäß SIA 262:2003

Symbole, Materialeigenschaften, Sicherheitsbeiwerte	
f_{cd}	Bemessungswert der Druckfestigkeit des Betons
f_{ctd}	Bemessungswert der Zugfestigkeit des Betons
γ_c	= 1.5; Widerstandsbeiwert des Betons
f_{sd}	Bemessungswert der Fliessgrenze des Stahles
ε_{su}	Bemessungswert der Dehnung des Stahles
E_s	Grenzdehnung des Betonstahles
γ_s	Widerstandsbeiwert des Betonstahles
k_c	=0.6; Reduktionsbeiwert für Betondruck in der gerissenen Zone.

Schubbemessung mit Bügeln

Die Bemessung erfolgt anhand der drei Schubfestigkeitswerte (Schubbeanspruchbarkeiten):

V_{Rd} Bemessungswert des Querkraftwiderstandes.
$V_{Rd,c}$ Bemessungswert des Widerstandes des Betondruckfeldes
$V_{Rd,s}$ Bemessungswert des Widerstandes der Bügelbewehrung

Es braucht keine Bemessung der Schubbewehrung, wenn $V_d \leq V_{Rd}$

$$V_{Rd} = k_d \tau_{cd} d b_w$$

mit

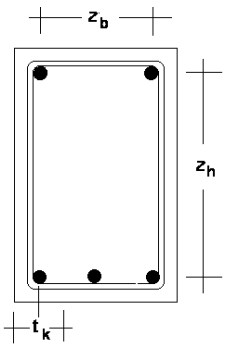
$$k_d = \frac{1}{1 + k_v d}$$

d in m, $k_v = 2.5$

Man braucht keine Bemessung für die Schubbewehrung, wenn $V_{Rd,c} \geq V_d$

$$V_{Rd,c} = b_w z k_c f_{cd} \sin\alpha \cos\alpha$$

Wenn $V_d \geq V_{Rd,c}$ muss eine Schubbemessung durchgeführt werden.
Der Bügelabstand berechnet sich aus $V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{sd} \cot\alpha$
Bügelabstand: $s_{w,V} = \frac{A_{sw}}{V_d} z f_{sd} \cot\alpha$
Längskraft aus Schub: $F_{td} = V_{Rd} \cot\alpha$
Zusätzliche Längsbewehrung: $\Delta A_{sl} = V_{Rd} \cot\alpha / f_{sd}$
Diese sollte jeweils zur Hälfte in der Druck- und Zugzone eingelegt werden.
Schub aus Torsion: $V_{d,i} = \frac{T_d}{2A_k} z_i$
Schubkraft in vertikaler Faser: $V_{d,h} = T_d/2z_b$
Schubkraft in horizontaler Faser: $V_{d,b} = T_d/2z_h$
Das Programm prüft folgende Bedingung $\frac{V_d}{V_{Rd,c}} + \frac{V_{di}}{V_{Rd,ci}} \leq 1$



mit $V_{Rd,ci} = t_k z_h k_c f_{cd} \sin\alpha \cos\alpha$

Bügelabstand au Torsion: $s_{w,T} = A_{sw} \frac{2 z_h z_b}{T_d} f_{sd} \cot\alpha$

Längsbewehrung aus Torsion:

$$A_{slT} = \frac{\sum V_{d,i} \cot\alpha}{f_{sd}} = \frac{\frac{T_d}{z_h z_b}(z_h + z_b)\cot\alpha}{f_{sd}}$$

Sollte über den Querschnitt gleichmässig verteilt werden.

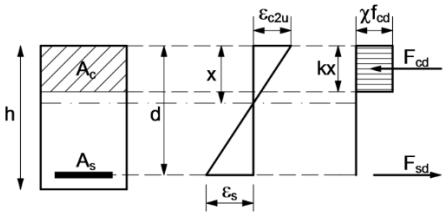
Der aktuelle Bügelabstand ergibt sich aus den Bügelabstände aus Torsion und Querkraft**:**

$$s_w = \frac{1}{\frac{1}{s_{w,V}} + \frac{1}{s_{w,T}}}$$

Längsbewehrung des Balkens nach DIN1045-1

Während der Bemessung von Stahlbetonbalken wird angenommen, dass die Bewehrung nachgibt und die Betondruckzone die Druckspannungsgrenze erreicht.

Für die Betondruckzone wird eine rechtwinklige Spannungsverteilung berücksichtigt. (DIN 1045-1 10.2.).



AxisVM bemisst Längseisen unter Druck, wenn die Höhe der Druckzone eine Grenzhöhe erreicht. Oberhalb dieser Grenze erreichen die Spannungen nicht die Fliessgrenze in der Zugbewehrung und fliessen kann nicht angenommen werden.

Wird von der Berechnung eine grössere Höhe als x0 ermittelt, wird Druckbewehrung erforderlich. Die Summe der Zug- und Druckbewehrung darf aber nicht grösser sein als 8% des Betonquerschnitts.

Die erforderliche obere und untere Bewehrung und die Momentenverschiebung wird für jeden Lastfall gerechnet.

Aufgrund von geneigten Rissen wird die Zugbewehrung für eine grössere Schnittkraft als nach M/z bemessen.

Minimum *($M_{min} \leq 0$) und* Maximum *($M_{max} \geq 0$)* Werte des Momentendiagramms und der zugehörigen Bewehrung auf der Zug- und Druckseite sind bestimmt. Zugbewehrung wird blau dargestellt, Druckbewehrung rot und die Mindestbewehrung nach Norm wird grau dargestellt.

Im Fall der bemessenen Längseisen soll der Bügelabstand nicht grösser als 12mal dem Durchmesser der bemessenen Druckstäbe sein.

Berücksichtigte Konstruktionsregel

Maximaler Bügelabstand:

$$s_{max} = \frac{A_{sw} f_{yk}}{0.2 \cdot b_w f_{ctm} \sin\alpha} \leq 400 \text{ mm}$$

☞ ***Die Software sendet eine Warnmeldung und zeichnet in den folgenden Fällen kein Bewehrungsdiagramm:***

Meldung ***Der Querschnitt ist nicht ausreichend für Schub/Torsion***

Ergebnis Die Ausnützung des Querschnitts ist > 1.

Lösung Ändern sie den Querschnitt, die Betongüte oder den Stahldurchmesser

6.5.12. Brandbemessung von Stahlbetonträgern und -stützen – RC8-B Modul

Die Brandbemessung von Stahlbetonstützen und -trägern kann nach den Richtlinien bzw. Bemessungsregeln gem. Eurocode 2 und SIA 262 durchgeführt werden, wenn das Modul RC8-B vorhanden ist. Die Brandbemessung basiert auf der konventionellen Bemessung (RC2 Modul), **daher ist das RC2-Modul eine Voraussetzung für die Verwendung des RC8-B-Moduls**. In der nachfolgenden Beschreibung wird nur auf die Teile, Regeln und Verfahren eingegangen, die sich im Bezug auf die herkömmlichen Bemessung unterscheiden.

Die Brandbemessung von Stahlbetonträgern und -stützen kann in AxisVM durchgeführt werden, wenn die ausgewählte Lastkombination einen Brandlastfall enthält *(4.10.1 Lastfälle, Lastfallgruppen)* und einem der ausgewählten Elemente für diesen Brandlastfall eine Brandwirkung zugewiesen wurde *(6.5.12 Brandbemessung von Stahlbetonträgern und -stützen – RC8-B Modul)*. Wenn den ausgewählten Elementen unterschiedliche Brandeinwirkungen zugewiesen wurden, erscheint eine Fehlermeldung und die Brandbemessung kann nicht durchgeführt werden.

Die Brandbemessung muss in der Maske der Bemessungsparameter aktiviert werden (siehe unten).

Bemessungsnormen

Die Berechnung kann nach Eurocode 2 und SIA 262 durchgeführt werden. Eine Liste der unterstützten nationalen Anhängen finden Sie im vorangegangenen Kapitel zur Definition von Brandeinwirkungen (**siehe...** *4.10.33 Brandeinwirkung auf Lienienelemente aus Beton – RC8-B module*).

Bauteilanalyse

EN 1992-1-2 behandelt verschiedene Methoden: Bauteilanalyse (Stabanalyse), Analyse eines Teils der Struktur und Analyse der gesamten Struktur. Die Bauteilanalyse ist aufgrund ihrer Einfachheit die am weitesten verbreitete Nachweismethode. Die Analyse einer Teilstruktur oder der gesamten Struktur erfordert normalerweise komplexe nichtlineare numerische Modelle und eine nichtlineare statische Analyse.

Grundsätze der Bauteilanalyse nach EN1992-1-2:

- Schnittgrößen von Bauteilen können mit einer linearen statischen Analyse berechnet werden;
- „Es müssen nur die Auswirkungen thermischer Verformungen infolge thermischer Gradienten über den Querschnitt berücksichtigt werden. Die Auswirkungen axialer oder Wärmeausdehnungen in der Ebene können vernachlässigt werden." (EN1992-1-2, 2.4.2 (4));
- „ Die zum Zeitpunkt t = 0 geltenden Randbedingungen an Auflagern und Stabenden werden während der gesamten Brandeinwirkung als unverändert angenommen." (EN1992-1-2, 2.4.2 (5)).

RC8-B führt eine Bauteilanalyse durch. Es ist zu prüfen, ob das vorhandene Tragwerk/Bauteil mit Stabnachweisen nach den Richtlinien der Bemessungsordnung nachgewiesen werden kann.

In bestimmten Fällen kann die Analyse einer Teilstruktur auch in AxisVM durchgeführt werden, wenn 1.) die Randbedingungen sorgfältig festgelegt werden, 2.) Brandeinwirkungen als thermische Belastung berücksichtigt werden und 3.) die Richtlinien in EN1992-1-2 Abschnitt 2.4.3 berücksichtigt werden.

Grundlage der Brandbemessung

Die Grundlage der Brandbemessung in AxisVM ist das vereinfachte Berechnungsverfahren aus EN 1992-1-2. Die vorgeschriebenen Methoden in Kombination mit der Bauteilanalyse ermöglichen die Brandbemessung von Bauteilen, die Standard- oder parametrischem Brand ausgesetzt sind.
Die vereinfachte Berechnung erfolgt nach der sogenannten 500°C-Isothermen-Methode, wobei Betonabschnitte mit Temperaturen über 500°C als beschädigte Stellen betrachtet und bei der Berechnung der Querschnittstragfähigkeit vernachlässigt werden. Der Betonkern unter 500°C wird mit der Festigkeit und Steifigkeit bei Normaltemperatur betrachtet. Die Steifigkeit und Festigkeit von Bewehrungsstahl werden aufgrund ihrer Temperatur reduziert.

Mögliche Fehler- und Warnmeldungen

Die Brandbemessung von Stahlbetonträgern und -stützen kann in AxisVM durchgeführt werden, wenn 1.) die ausgewählte Lastkombination einen Brandlastfall enthält und 2.) einem der ausgewählten Elemente in diesem Brandlastfall eine Brandeinwirkung zugewiesen wurde. Sind den Elementen allerdings unterschiedliche Brandwirkungen zugeordnet, kann keine Brandbemessung durchgeführt werden. Wird eines dieser Kriterien nicht erfüllt, erscheint eine Fehlermeldung.
Bei Stahlbetonstützen kann die Brandbemessung für den ursprünglichen Querschnitt des Bauteils geführt werden. Es führt auch zu einem Fehler, wenn die ausgewählten Kombinationen (Umhüllende oder massgebende Kombinationen) aus unterschiedlichen Bemessungssituationen (z. B. aussergewöhnlich, andauern/vorübergehend, seismisch) stammen, da ihre Teilsicherheiten unterschiedlich sind und die N-M-Interaktionsfläche nicht korrekt generiert werden kann.

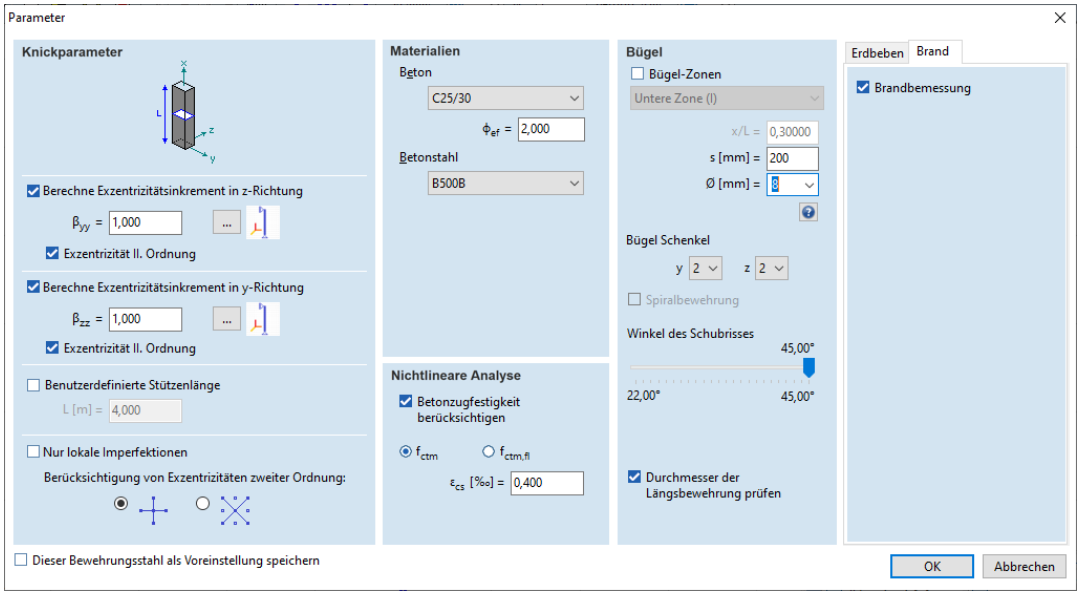
Bei Stahlbetonträgern gibt es zusätzliche Fälle, in denen die Brandbemessung nicht durchgeführt werden kann:

- umgekehrte T-Träger: Brandlast kann dieser Art von Querschnitten nicht zugeordnet werden,
- T-Träger: Wenn unter den Brandlastparametern keine T-förmige Exposition ausgewählt wurde,
- T-Träger und umgekehrte T-Träger: wenn die Bemessung für Vy-Mz-Schnittgrößen im Fenster *Riegelbewehrungsparameter* ausgewählt wurde.

Wenn die Brandbemessung nicht durchgeführt werden kann, löscht die Software aussergewöhnliche Kombinationen mit Brandlasten aus der Liste und führt die Bemessung der Stütze/des Trägers für die verbleibenden konventionellen Kombinationen (Umhüllende oder Massgebende) durch.
Wie bei Stahl- und Holzelementen muss die Brandbemessung im Bemessungsparameterdialog aktiviert werden. Die Software gibt eine Warnung, wenn die Brandbemessung nicht aktiviert ist und dem Element gleichzeitig eine Brandeinwirkung zugeordnet wurde.

Es gibt Nationale Anhänge, welche die Verwendung von Anhang D von EN 1992-1-2 nicht zulassen. Der Schub- und Torsionsnachweis ist für diese Nationalen Anhänge nicht verfügbar, da der Schub- und Torsionsnachweis auf den Empfehlungen und Richtlinien gem. Anhang D in EN 1992-1-2 basiert. Die Software zeigt in diesem Fall eine Warnmeldung an. Es ist wichtig anzumerken, dass dies nicht bedeutet, dass die Wirkung von Querkraft und Torsion vernachlässigbar ist.

Stahlbetonstützen



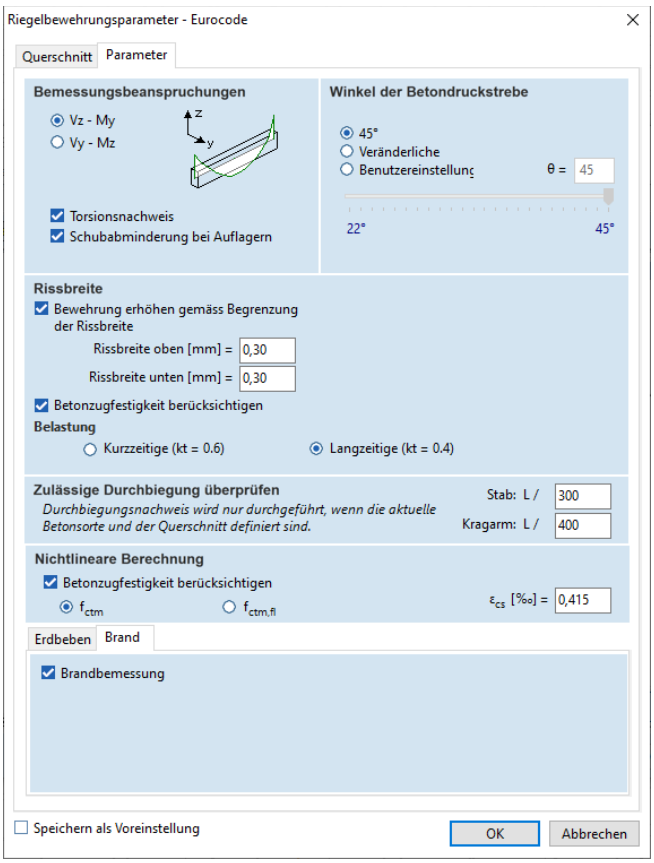
Nachweis gegen Biegung mit oder ohne Normalkraft

- Die Empfehlungen und Richtlinien des Anhangs B in EN 1992-1-2 werden bei der Berechnung der Nx-My-Mz-Interaktionsfläche berücksichtigt.
- Die Exzentrizitäten werden wie in EN 1992-1-1 und SIA 262 beschrieben berechnet, jedoch mit reduzierter Steifigkeit des Querschnitts infolge der geschädigten äusseren Betonschichten und der veränderten Eigenschaften von Beton und Stahl bei erhöhter Temperatur.

Schub- und Torsionsnachweis

- Schub- und Torsionsnachweis bei erhöhter Temperatur basieren auf EN 1992-1-2 Anhang D
- Die erhöhte Temperatur der Bügel wird berücksichtigt.
- Schub- und Torsionstragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung werden bei der Berechnung vernachlässigt (EN 1992-1-1: $V_{Rd,c}$ = 0 und $T_{Rd,c}$ = 0; SIA262: V_{Rd} = 0 und T_{Rd} = 0).

Stahlbetonträger



Nachweis gegen Biegung

- Die Empfehlungen und Richtlinien des Anhangs B in EN 1992-1-2 werden beim Nachweis oder der Bemessung der Längsbewehrung berücksichtigt.
- Die Bemessung basiert auf den in den vorherigen Abschnitten vorgestellten Gleichgewichtsgleichungen. Diese Gleichungen werden mit reduzierter Querschnittsfläche formuliert. Beschädigte Betonbereiche mit Temperaturen über 500°C werden bei der Berechnung vernachlässigt. Die geänderte Festigkeit jedes Bewehrungsstabs wird basierend auf der Temperatur der Bewehrung berücksichtigt.

Schub- und Torsionsnachweis

- Schub- und Torsionsnachweis bei erhöhter Temperatur basieren auf EN 1992-1-2 Anhang D
- Die erhöhte Temperatur der Bügel wird berücksichtigt.
- Schub- und Torsionstragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung werden bei der Berechnung vernachlässigt (EN 1992-1-1: $V_{Rd,c}$ = 0 und $T_{Rd,c}$ = 0; SIA262: V_{Rd} = 0 und T_{Rd} = 0).

6.5.13. Durchstanznachweis – RC3 Modul

Normen

Der Durchstanznachweis kann gemäss folgenden Normen erfolgen:
Eurocode: *EN 1992-1-1:2010*
Schweizer Norm: *SIA 262:2013*

Die folgenden Bemessungen sind enthalten:
- Stütze und Stahlbetonplatte (einschließlich Bodenplatten),
- Wandende/Ecke und Stahlbetondecke (einschließlich Bodenplatten).

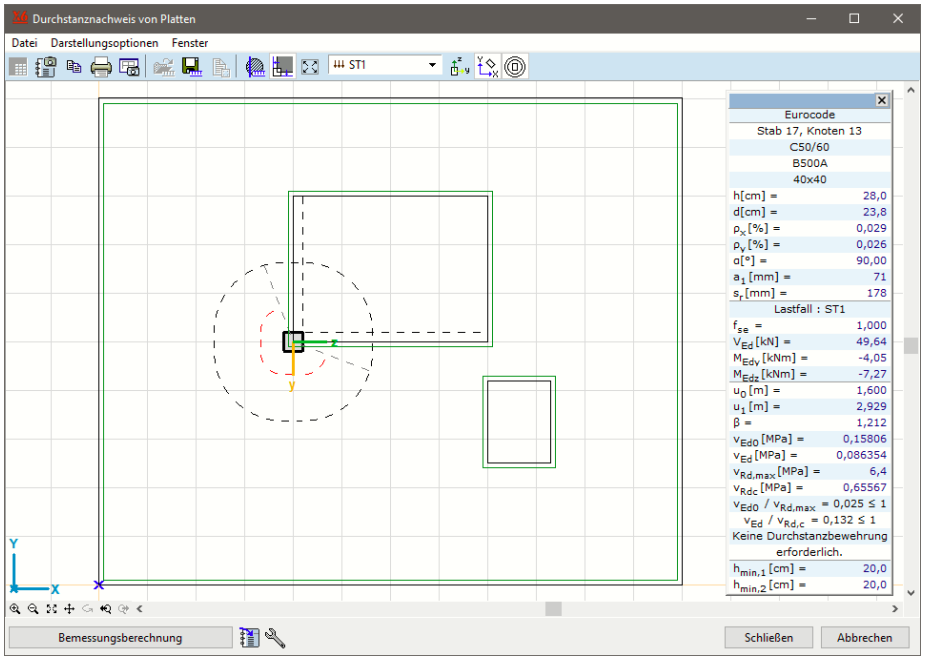
Der Nachweis der Druckdiagonalen und die Berechnung der erforderlichen Schubbewehrung sind integriert.
Dieses Feature ist bei den folgenden Bereichen verfügbar (**siehe...** *4.9.6 Bereich*):

- Normale Bereiche
- Gerippte Verbundbereiche
- Parametrisierte Verbundbereiche mit Rippen
- Bereiche mit benutzerdefinierter Steifigkeitsmatrix
- AIRDECK-Decken
- Trapezblechverbunddecken (wenn die Option *Trapezblech nur als Schalung verwendet* gewählt ist)

Öffnungen und Bereichskonturen

Das RC3 Modul erkennt automisch Bereiche, welche näher als *6d* zum ausgewählten Träger/Wandende sind. Für die Ermittlung des Druchstanzumrisses ist es wichtig einer Ausparung entweder als Ausparung oder, falls die Grösse es nötig macht, diese als Plattenrand zu definieren. Ränder von Ausparungen, welche grösser als 2 m^2 am Plattenrand und Ausparungen innerhalb der Platte grösser als 5 m^2 sinid als Plattenrand zu betrachten.

Wenn mehrere Bereiche mit der Stütze verbunden sind oder mehrere verbundene Bereiche ausgewählt wurden, wird derjenige mit der geringsten Dicke nachgewiesen. Wenn es nur einen ausgewählten Bereich gibt, wird dieser für die Durchstanzberechnung ausgewählt.



6.5.13.1. Durchstanzanalyse gemäss Eurocode

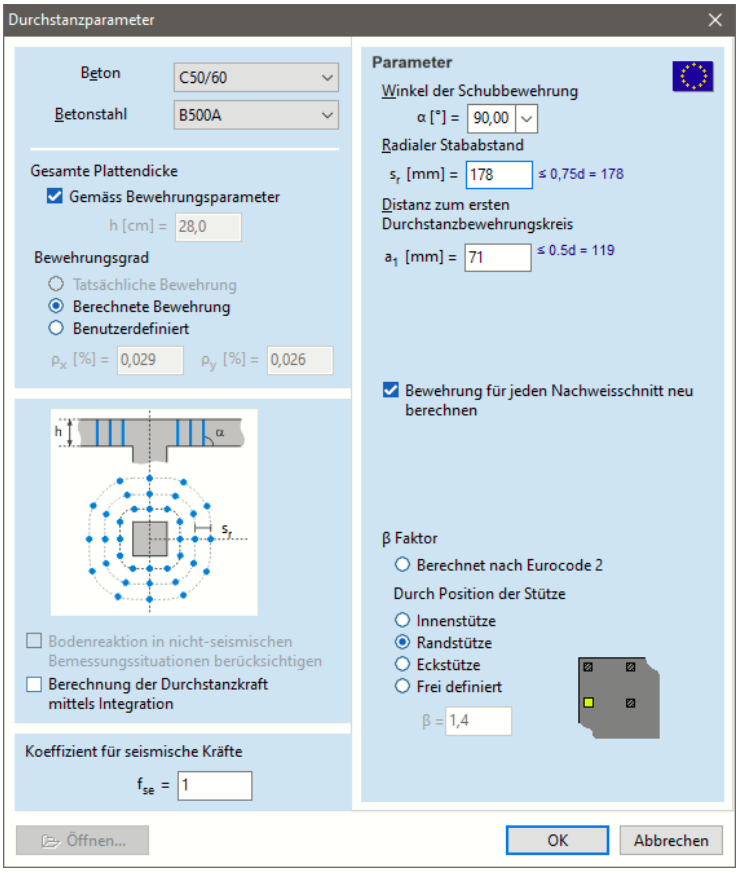
6.5.13.1.1 **Durchstanzanalyse von Stützen gemäss Eurocode**



Die Durchstanzparameter basieren auf der Querschnittsform der Stütze und der effektiven Plattendicke. Wandecken und Löcher werden berücksichtigt, wenn sie näher als das Sechsfache der effektiven Plattendicke an der Stützte liegen. Wenn die Stützte konkav ist wird stattdessen eine konvexe Form verwendet.

☞ ***Ist die Stütze mit einem Plattanbalken in der Deckenebene verbunden, kann der Nachweis nicht geführt werden.***

Um die Berechnung durchzuführen, sind die tatsächliche Bewehrung und die entsprechenden Bewehrungsparameter der Std.-Decke einzugeben. Nach Auswahl des Buttons wählen Sie bitte eine Stütze oder eine Lagerung der Sie vor der Berechnung eine Steifigkeit zugeordnet haben. Wenn Sie einen Plattenbalken mit einer Stütze in der Plattenebene verbunden haben kann der Nachweis nicht geführt werden.



Materialien

Beton, Stabstahl — Beton- und Stabstahlgüte, die beim Nachweis verwendet werden. Diese Parameter werden vom aktuellen Modell übernommen und können natürlich noch geändert werden.

Gesamtdicke der Platte (h) — Die Dicke der Platte wird standardmässig vom aktuellen Modell angenommen und kann hier geändert werden, wenn *Vom Bewehrungsparameter* ausgeschaltet ist.
Im Informationsfenster wird die kleinste Dicke des Flachrundkopfs als H1 dargestellt. Der kleinste Flachrundkopf ohne Stanzschubverstärkung wird als H2 dargestellt.

Bewehrungsgehalt — Die Bewehrungsgehalte (ρ_x, ρ_y) können aus der tatsächlichen oder berechneten Bewehrung entnommen oder auf *benutzerdefinierter Bewehrungsgehalt* eingestellt und manuell festgelegt werden.

Parameter

Schubverstärkungswinkel — Winkel zwischen der Plattenebene und der Durchstanzbewehrung (45°-90°).

Radialer Abstand der Bewehrungs-eisen — Der radiale Abstand der Bewehrungseisen ist der Abstand zwischen zwei benachbarten Bewehrungseisen. Die Schaltfläche OK ist erst verfügbar, wenn das grundlegende Konstruktionskriterium erfüllt ist: s_r≤0.75·d. (Abschnitt 9.4.3. (1))

Distanz zum ersten Durchstanzbewehrungskreis — Abstand des ersten Durchstanzbewehrungskreises von der konvexen Kante der Stütze.
EC2: $0.3d \le r \le 0.5d$ DIN: $r \le 0.5d$ SIA: $0.3d < r \le 0.5d$

β faktor

Berechnet (6.4.3. (3) (6.39))	$1 + k\frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1}$	
durch Position der Stütze (6.4.3. (6))*	*Innenstütze*	*1,15*
	Randstütze	*1,4*
	Eckstütze	*1,5*
Einzeln	*Benutzerangabe*	

*Bei Tragstrukturen wo die Seitenstabilität nicht auf eine Rahmenwirkung zwischen den Balken und Stützen basiert und wo die angrenzende Spannweite nicht um mehr als 25% in der Länge variiert.

Korndurchmesser (SIA 262)

v_{Rd} ist abhängig von der maximalen Korngrösse

Maximale Spannweite (SIA 262)

v_{Rd} ist abhängig von der maximalen Spanweite

Bodenreaktion soll berücksichtigt werden

Wenn diese Option aktiviert ist wird die Bettung bei der Berechnung des Durchstanzkegels berücksichtigt. Dies führt zu einer Erhöhung der Durchstanzkraft und kann die notwendige Bewehrung verringern. Die Werte werden für jeden Stanzkegel mit ausgegeben. Das Programm berechnet den Durchstanzwiderstand nach EN 2992-1-1 6.4.4. (2) entlang dem Nachweisschnitt im Abstand 2d vom Stützenrand.

Der Koeffizient von Erdbebenlasten ist ersichtlich unter *4.10.24 Erdbebenbemessung – SE1 Modul*

Lade...

Laden von zuvor gespeicherten Durchstanzparametern.

Nach Eingabe der Parameter werden die Umkreise angezeigt und die benötigte Anzahl der Bewehrungsstäbe in Informationsfenster angezeigt.

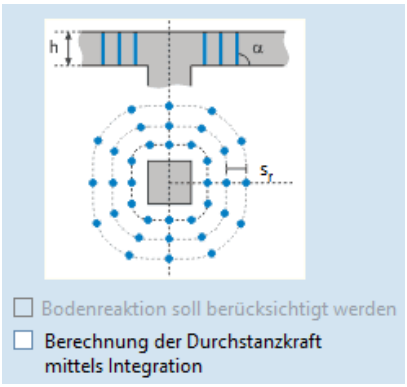
AxisVM berechnet die effektiven Teile des Kontrollperimeters basierend auf Blechkanten und Löchern. Durchgehende Linien zeigen, dass eine Verstärkung erforderlich ist. AxisVM zeigt das erforderliche Ausmass der Verstärkung für jede Linie an. Das Informationsfenster zeigt das Ausmass der kritischen Stanzverstärkung an.
Beim Berechnen der Länge des kritischen Perimeters wird vorausgesetzt, dass der Abstand des Betonrippenstahls nicht grösser als 2d ist, aber die Einhaltung dieser Anforderung wurde nicht überprüft. Wenn diese Anforderung nicht erfüllt ist, sollte der Benutzer einen kleineren Durchmesser wählen oder zusätzlichen Betonrippenstahl platzieren.

Berechnung der Bewehrung für jeden Kontroll-perimeter

Wenn diese Option aktiviert ist, wird die Bewehrung für Kontrollperimeter weiter weg als 2d aus der tatsächlichen Länge des Perimeters berechnet. Für Kontrollperimeter, die näher als 2d sind, wird die für den kritischen Perimeter berechnete Bewehrung angewendet.
Wenn diese Option nicht aktiviert ist, wird die für den kritischen Perimeter berechnete Bewehrung für alle Perimeter verwendet.

Berechnung der Durchstanzkraft

Die Durchstanzkraft wird standardmässig durch die Differenz der Axialkraft der verbudnenen Trägern ermittelt.
Setzen Sie den Haken bei *Berechnen der Durchstanzkraft durch Integration* um die Durchstanzkraft durch Integration der Querkräfte zu ermitteln. Die Integrationslinie ist 2d von dem konvexen Umriss des Trägers entfernt.
Im Falle von Bodenplatten wird die Durchstanzkraft in einem Abstand von 0.5d vom konvexen Umriss des Trägers ($V_{Ed,0}$) integriert. Dieser Wert wird benutzt um den Betonwiderstand von Druckstützen zu überprüfen (verglichen zu dem Bemessungswert des maximalen Durchstanzwiderstandes).



Berechnung

Die erforderliche Durchstanzbewehrung wird wie folgt ermittelt:
Die Verbindung zwischen Platte und Stütze ist sicher, wenn die Schubkraft kleiner oder gleich dem Designwert des maximalen Durchstanzwiderstandes und der Designwert kleiner oder gleich dem Durchstanzwiderstandes der Platte mit Durchstanzbewehrung ist:

$$v_{Ed} \le v_{Rd,max} \text{ und } v_{Ed} \le v_{Rd,cs}$$

v_{Ed} Designwert der Schubspannung
$v_{Rd,max}$ Designwert des maximalen Durchstanzwiderstandes
$v_{Rd,cs}$ Designwert des Durchstanzwiderstandes der Platte mit Durchstanzbewehrung

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i \cdot d}$$

mit u_i Durchmesser des Umkreises, d effektive Plattendicke.
β Faktor zur Berücksichtigung zusätzlicher Spannungen aus ausmittigen Lasten:

$$\beta = 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_i}{W_1}$$

Der Eurocode geht davon aus, das der kritische Schnitt bei einem Abstand von
2d von der Kante des Stützenquerschnitts ist. Der Abstand des kritischen Schnitts und des statischen Momentes wird unter Berücksichtigung von Wänden und Löchern berechnet.
Der Designwert des Schubwiderstandes ohne Durchstanzbewehrung berechnet sich zu:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c}k(100\rho_1 f_{ck})^{1/3} + k_1\sigma_{cp} \geq v_{min} + k_1\sigma_{cp}$$

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_x \rho_y}\ (\rho_1 = \sqrt{\rho_\xi \rho_\eta}\ \textit{im Falle von schiefer Bewehrung})$$

Wenn $v_{Ed} > v_{Rd,c}$, dann wird die erforderliche Durchstanzbewehrung entlang des kritischen Schnittes bestimmt.

$$v_{Rd,cs} = 0.75 \cdot v_{Rd,c} + 1.5 \cdot \frac{d}{s_r} \cdot \frac{A_{sw} f_{ywd,ef}}{u_1 d} \sin\alpha\,;\ \ v_{Ed} \leq v_{Rd,cs}$$

Die Bewehrung für jeden Durchstanzkreis und der Durchstanzkreis bei dem keine Durchstanzbewehrung mehr erforderlich ist berechnet sich nach:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i d} \leq v_{Rd,c}$$

Die Ergebnisse für die kritischen Perimeter werden zuerst berechnet (diese werden im Dialogfenster Ergebnisse der Stanzanalyse angezeigt). Dann wird das erforderliche Ausmass der Verstärkung für Verstärkungskreise festgelegt, die im Parameterdialog definiert werden. Der kritische Perimeter ist rot, Verstärkungskreise sind schwarz dargestellt.
Eine gestrichelte Linie zeigt den Perimeter, wo der Abstand der Punkte von der Spalte das sechsfache der effektiven Plattendicke beträgt.
Eine dünne blaue Linie zeigt den Perimeter, bei dem keine Stanzverstärkung erforderlich ist. Dies entspricht auch dem Abriss des Halbrundkopfs, der mit der Dicke H2 und ohne Stanzverstärkung aufgebaut werden kann.
Eine dicke blaue Linie zeigt den Perimeter, bei dem die kritische Stanzkraft die Kompressionskraft des Betons übersteigt, so dass die Platte mit der ursprünglichen Dicke nicht richtig verstärkt werden kann. Dies entspricht dem Abriss des Halbrundkopfs, der mit der Dicke H1 und mit Stanzverstärkung aufgebaut werden kann.
Die Stanzkapazität kann erhöht werden, indem die Platte dicker eingesetzt, ein Beton besserer Qualität oder Stützen mit einem grösseren Querschnitt verwendet werden.


Speichert das Diagramm in der Zeichnungsbibliothek.


Laden von zuvor gespeicherten Durchstanzparametern.

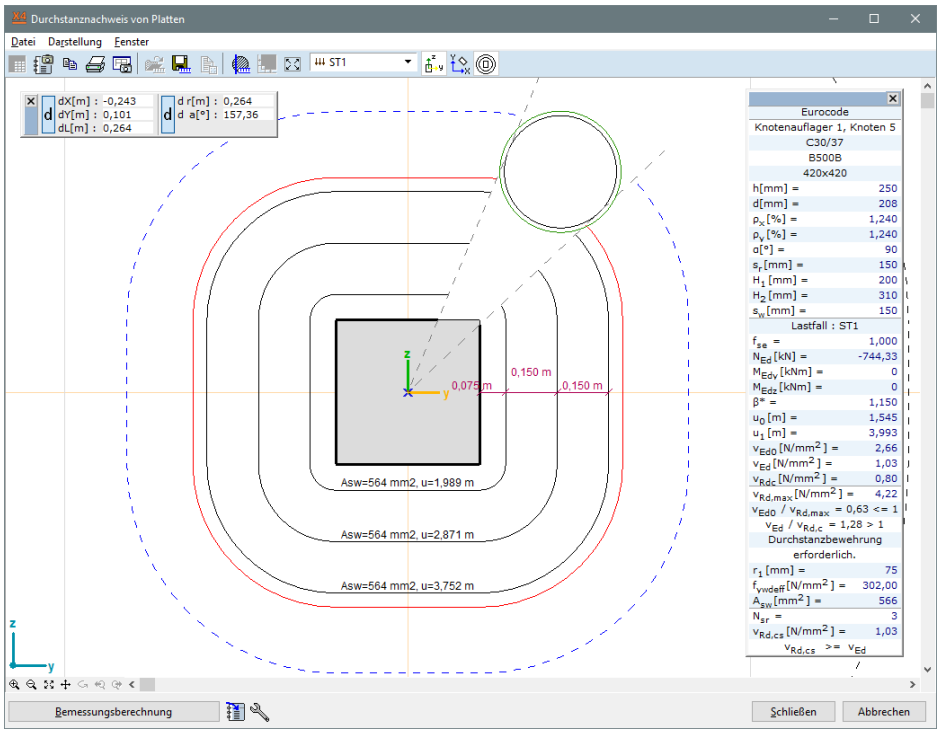

Speichern der aktuell verwendeten Durchstanzparameter.


Dialog für den Durchstanznachweis öffnen. Sie können die gespeicherten Parameter wieder laden indem Sie auf den Knopf ***Lade...*** (in der linken unteren Ecke des Parameterdialogs) klicken


Verschiebt den Plattenrand, so das der Stützenquerschnitt vollständig innerhalb der Platte liegt.

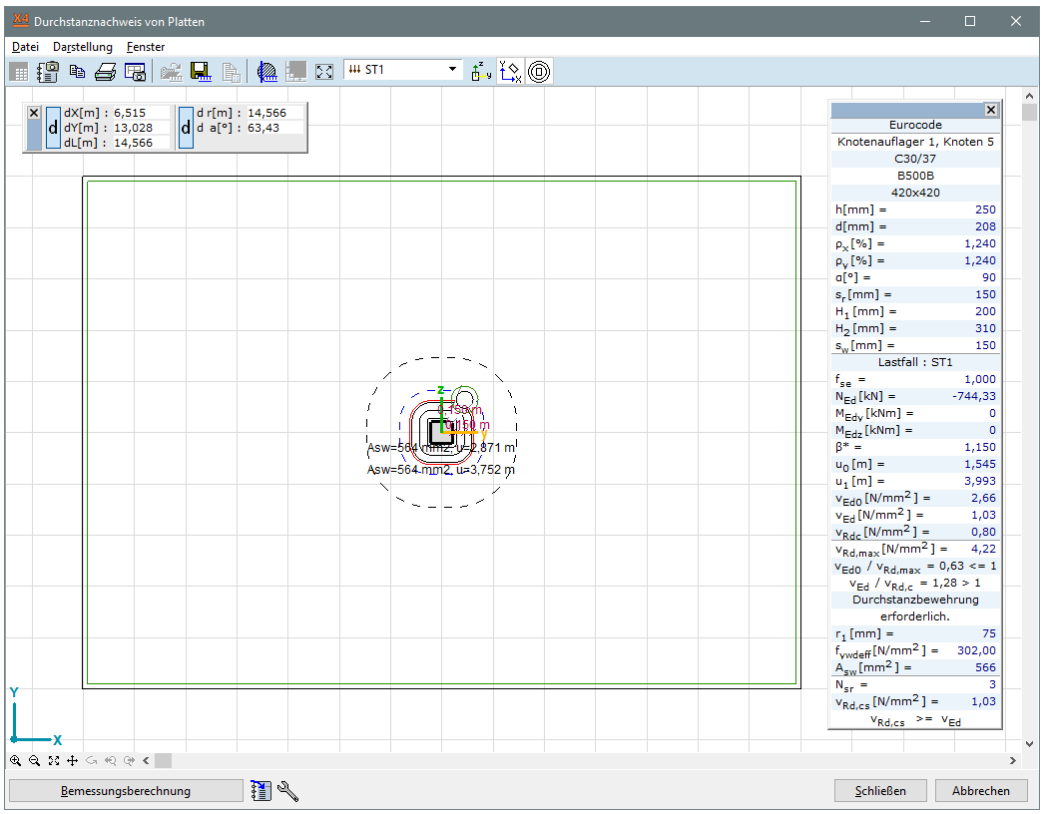

Bildschirmfüllend zeigen.


Lokales Stützen-Koordinatensystem verwenden



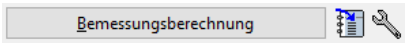


Globales Koordinatensystem verwenden.

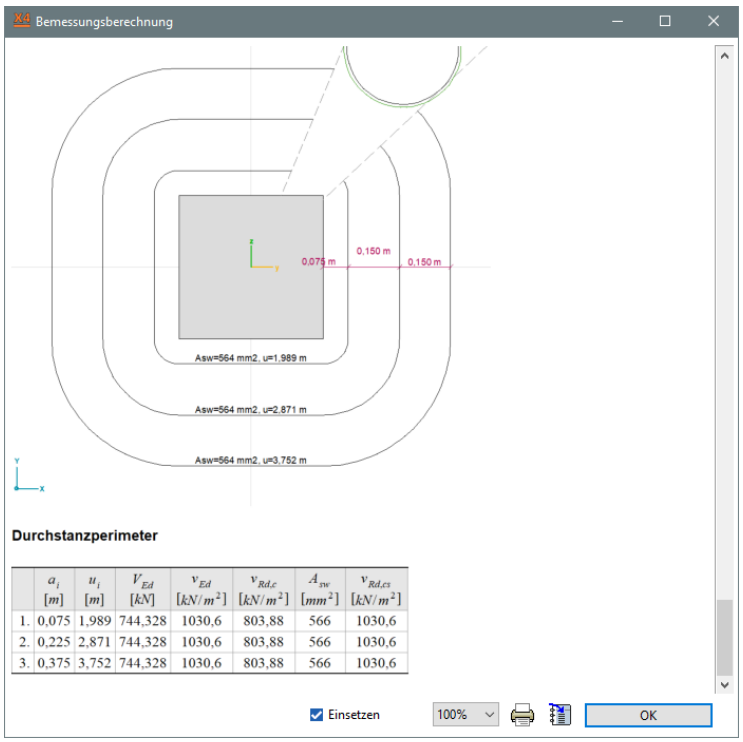




Ein- und ausschalten der Darstellung der Durchstanzbewehrungskreise.



Um die Bemessungsberechnung im Detail nachzuvollziehen, kann der Button "Bemessungsberechnung" angeklickt werden. **Siehe...** *6.6 Stahlbemessung* und *6.6.1.3 Diagramme und Bemessungsberechnungen*



	a_i [m]	u_i [m]	V_{Ed} [kN]	v_{Ed} [kN/m²]	$v_{Rd,c}$ [kN/m²]	A_{sw} [mm²]	$v_{Rd,cs}$ [kN/m²]
1.	0,075	1,989	744,328	1030,6	803,88	566	1030,6
2.	0,225	2,871	744,328	1030,6	803,88	566	1030,6
3.	0,375	3,752	744,328	1030,6	803,88	566	1030,6



Das anklicken dieses Symbols fügt den Durchstanznachweis in die aktuelle Ausgabe ein.



Das anklicken des Symbols “Einstellungen” neben dem Symbol Bemessung, ermöglichst die Einheiten für Kräfte und Längen zu verändern.

Informationsfenster Gemäß dem Aufbaucode, Elementidentifikator und den Materialien werden die folgenden Parameter angezeigt.

h	Plattendicke
d	Effektive Plattendicke
ρ_x, ρ_y	Bewehrungsgehalt der Längsbewehrung in x- bzw. y-Richtung
α	Winkel zwischen der Platte und der Stanzverstärkung
a_1	Abstand des ersten Umfangs der Schubbewehrung von der konvexen Kante der Stütze
s_r	Entfernung der Verstärkungskreise
f_{se}	Faktor skaliert nur die Schnittgrößen aus seismischer Belastung
v_{Ed}	Bemessungswert der Durchstanzkraft
$V_{Ed,0}$	Bemessungswert der Durchstanzlast integriert in einem Abstand von 0.5d von der konvexen Umrisslinie der Stütze (nur für Bodenplatten)
M_{Edy}, M_{Edz}:	Konstruktionswert des Moments
u_0:	Kontrollperimeter auf dem Stützenperimeter
u_1:	Kritischer Kontrollperimeter bei *2d*
$\beta*$:	Berechneter Exzentrizitätsfaktor
v_{Ed0}	Bemessungswert der Druchstanzkraft integriert in einem Abstand von 0.5d vom konvexen Umriss des Trägers (nur für Bodenplatten).
v_{Rdmax}:	Maximale Schubspannung
v_{Rdc}:	Schubspannung ohne Verstärkung
v_{Ed}/v_{Rdmax} :	Effizienz auf dem kritischen Kontrollperimeter
v_{Ed0}/v_{Rdmax} :	Effizienz auf dem u_0 Perimeter
v_{Ed}/v_{Rdc} :	Effizienz (Spannung im Beton)
f_{ywdeff}:	Zugspannung in der Stanzverstärkung
A_{sw}:	Stanzverstärkungsbereich auf dem kritischen Kontrollperimeter
$v_{Rd,cs}$	der Bemessungswert des Durchstanz-Widerstandes der Platte mit Durchstanzbewehrung

Eurocode	
Stab 2, Knoten 10	
C30/37	
B500A	
PCA_2 0x20	
h[mm] =	180
d[mm] =	138
ρ_y [%] =	0,985
ρ_z [%] =	1,520
α[°] =	90
a_1 [mm] =	69
s_r [mm] =	103
β =	1,150
Lastfall : ST1	
f_{se} =	1,000
V_{Ed} [kN] =	-265,63
M_{Edy} [kNm] =	-6,18
M_{Edz} [kNm] =	17,01
u_0 [m] =	0,800
u_1 [m] =	2,533
v_{Ed0} [N/mm²] =	2,767
v_{Ed} [N/mm²] =	0,87392
$v_{Rd,max}$ [N/mm²] =	4,224
v_{Rdc} [N/mm²] =	0,79748
v_{Ed0} / $v_{Rd,max}$ =	0,655 ≤ 1
v_{Ed} / $v_{Rd,c}$ =	1,096 > 1
Durchstanzbewehrung erforderlich.	
$f_{ywd,ef}$ [N/mm²] =	284,5
A_{sw} [mm²] =	169
$v_{Rd,cs}$ [N/mm²] =	0,87393
v_{Ed} / $v_{Rd,cs}$ =	1,000 ≤ 1
N_{sr} =	3
$h_{min,1}$ [mm] =	200
$h_{min,2}$ [mm] =	200

r_1: Abstand zwischen dem ersten Betonrippenstahlkreis und der konvexen Stützenkante
N_{sr}: Anzahl der Verstärkungskreise
$h_{min,1}$ Mindestplattenstärke erforderlich mit Durchstanzbewehrung
$h_{min,2}$ Mindestplattenstärke erforderlich ohne Durchstanzbewehrung

6.5.13.1.2 Durchstanzanalyse von Wandenden und Wandecken nach Eurocode

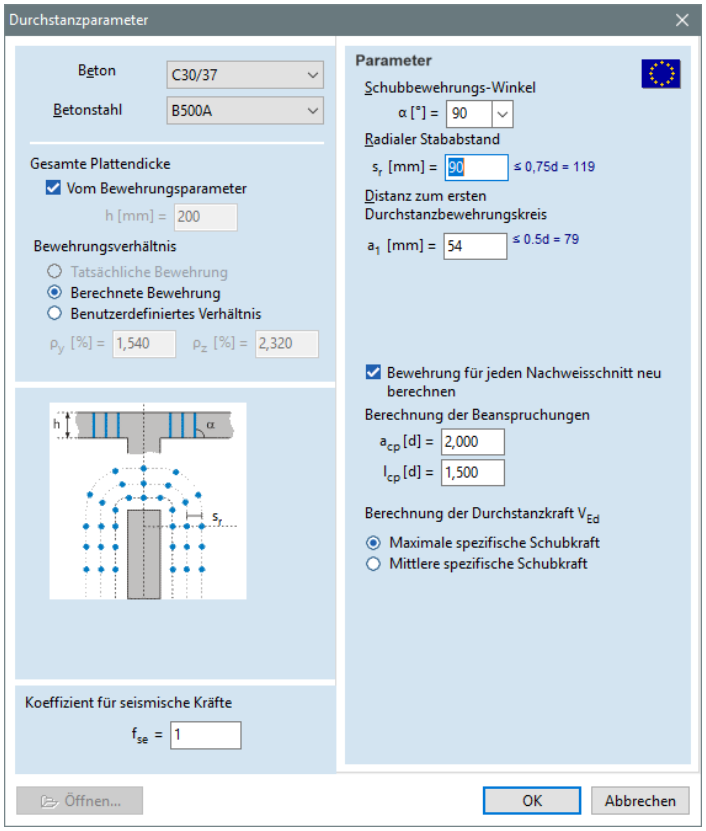
Die Durchstanzanalyse von Wandenden und Wandecken kann mit dem RC3-Modul durchgeführt werden, gegebenenfalls einschließlich der Berechnung der erforderlichen Bewehrung. Die Software generiert die Perimeter des Durchstanznachweises entsprechend der relativen Position der Wände. Plattenkanten und Aussparungen werden berücksichtigt, wenn sie näher als das Sechsfache der effektiven Plattendicke liegen.

Nach dem Anklicken der oben gezeigten Schaltfläche muss ein Knoten ausgewählt werden, der das Wandende oder die Wandecke identifiziert. Das Programm identifiziert automatisch die Wände, die mit dem Knoten verbunden sind. Wände können durch vertikale Bereiche oder Linienauflager mit Querschnitt (mit aus Wandparametern berechneten Steifigkeiten) dargestellt werden (**siehe...** *4.9.12 Linienauflager*). Die Software ist in der Lage, beide Elemente zu identifizieren.

☞ ***Wenn ein Plattenbalkenelement mit dem Wandende resp. der Wandecke innerhalb der Plattenebene verbunden ist, kann keine Berechnung durchgeführt werden.***

Die Durchstanzparameter können im folgenden Fenster definiert werden:

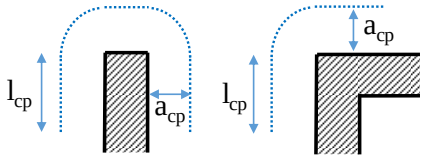
Durchstanzparameter



Die meisten der Parameter können im Dialog eingestellt werden und wurden bereits in den vorherigen Abschnitten vorgestellt. (**siehe...** *6.5.13.1.1 Durchstanzanalyse von Stützen gemäss Eurocode*).

Die Durchstanzlast wird im Allgemeinen bei Wandenden und -ecken nach einer der folgenden Methoden berechnet:

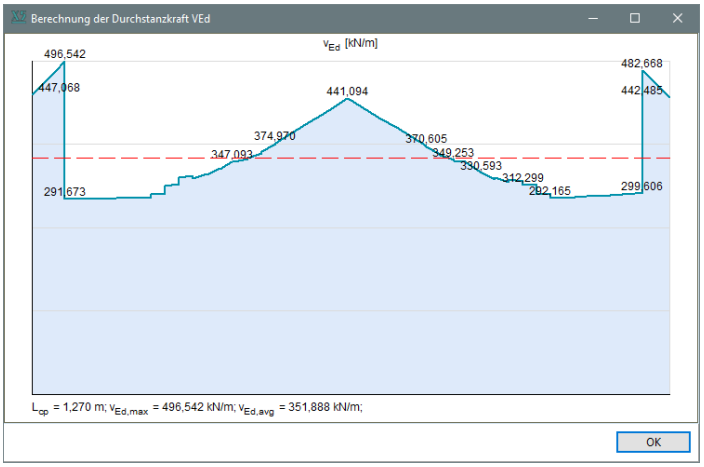
- durch Integration der Reaktionskraft entlang der Wand/Wände;
- durch Integration von Querkräften entlang eines Deckensegments um die Wandenden/Ecke herum.



Die zweite Methode ist in der Software implementiert. Die Parameter a_{cp} und l_{cp} (für die Definition des Nachweisschnitts) können durch den Nutzer definiert werden. Die Durchstanzkraft wird aus den Querkräften entlang der Linie auf dem nachfolgend dargestellten Weg berechnet.
Die Parameter a_{cp} und l_{cp} können in Abhängigkeit von d (effektiver Höhe) im Fenster *Parameter der Durchstanzberechnung* angegeben werden. Im Fall von a_{cp}=2 and l_{cp}=2 liegt die Integrationslinie 2d von der Aussenkante der Wand entfernt und die Enden der Integrationslinie haben einen Abstand von 2d von den Wandecken.

☞ ***Im Falle von Bodenplatten wird die Durchstanzkraft in einem Abstand von 0.5d vom Umriss des Wandendes/Wandeckes ($V_{Ed,0}$) integriert. Dieser Wert wird dann benutzt um den Betonwiderstand von Druckstützen zu überprüfen (verglichen mit dem Bemessungswert der maximalen Durchstanzquerkraft.***

Die Verteilung der Querkräfte entlang der Integrationslinie wird durch Anklicken dieser Werkzeugschaltfläche dargestellt:



☞ ***Es ist zu beachten, dass die durch die Parameter a_{cp} und l_{cp} vorgegebene Linie ein Werkzeug zur Berechnung der Durchstanzkraft ist und nicht als Durchstanzperimeter betrachtet wird. Der Durchtanzumfang wird entsprechend der Norm ausgewählt (siehe…*** *6.5.13.1.1 Durchstanzanalyse von Stützen gemäss Eurocode* ***und*** *6.5.13.2.1 Durchstanzbemessung von Stützen gemäss SIA 262****).***

Berechnung der Durchstanzlast VEd

Berechnet aus der maximalen Querkraft:

$$V_{Ed} = v_{Ed,max} \cdot L$$

wobei

- $v_{Ed,max}$ die maximale Querkraft entlang der Integrationslinie ist;
- L die Länge der Integrationslinie ist.

Berechnet aus der durchschnittlichen Querkraft:

$$V_{Ed} = \beta \cdot v_{Ed,avg} \cdot L$$

wobei

- β der Koeffizient ist, der den Effekt der Biegung berücksichtigt;
- $v_{Ed,avg}$ die durchschnittliche Querkraft entlang der Integrationslinie ist;

v_{Ed} wird folgendermassen berechnet:

$$v_{Ed} = \sqrt{v_{xz}^2 + v_{yz}^2}$$

Bodenreaktion

Im Falle von Durchstanzberechnungen bei Wandenden/Wandecken wird die Bodenreaktionskraft ignoriert, da der Durchstanzperimeter keine geschlossenen Polygoene sind und die Durchstanzkraft typischerweise bei 2d von dem Wandumriss integriert wrid. Deshalb wird die meiste Bodenreaktion bereits ignoriert.

Grafische Oberfläche und Ergebnisse

Die grafische Benutzeroberfläche und die Schaltflächen werden im vorherigen Abschnitt ausführlich beschrieben und dargestellt (**siehe...** *6.5.13.1.1 Durchstanzanalyse von Stützen gemäss Eurocode*). Die Bemessungswerte werden in einem Infofenster aufgelistet und im Fenster Durchstanzanalyse für Platten grafisch dargestellt. Wenn eine Durchstanzbewehrung erforderlich ist, werden die berechneten Bewehrungen auf den Nachweisschnitt geschrieben. Nach dem Anklicken der Schaltfläche Berechnungen wird ein Bericht mit den Berechnungsdetails angezeigt. Bemessungsberechnungen und Darstellungen können in der Dokumentation gespeichert werden.

6.5.13.2. Durchstanzanalyse gemäss SIA 262

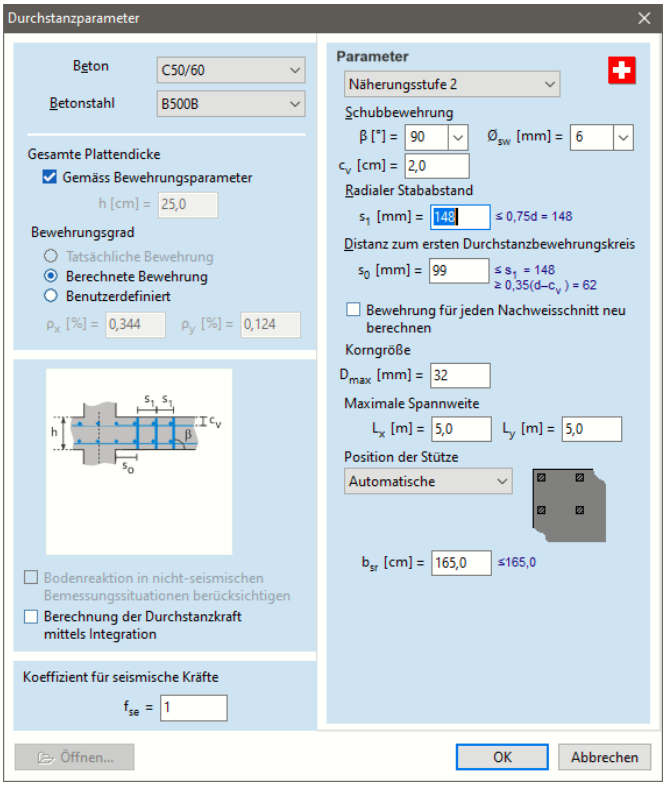
6.5.13.2.1 **Durchstanzbemessung von Stützen gemäss SIA 262**



Die Durchstanzanalyse ist möglich, wenn Bewehrungsparameter und tatsächliche Bewehrung definiert und der Stahlbetondecke zugeordnet sind.
Nach dem Anklicken der Werkzeugschaltfläche wählen Sie bitte eine Stütze oder einen Träger mit Steifigkeiten aus, die aus den Stützenparametern zur Analyse berechnet wurden.
Einige Details der Berechnung werden im Abschnitt *6.5.13.1.1 Durchstanzanalyse von Stützen gemäss Eurocode* aufgezeigt und hier nicht wiederholt.

☞ ***Wenn ein Rippenelement mit der Stütze in der Ebene der Platte verbunden ist, kann keine Analyse durchgeführt werden!***

Parameter, die sich auf die Durchstanzbemessung beziehen, können im folgenden Fenster ähnlich wie bei der Eurocode-konformen Bemessung angegeben werden.



Material

Beton, Betonstahl Für die Berechnung verwendete Beton- und Stahlqualität. Zunächst werden diese Parameter anhand der Modelleinstellungen automatisch ausgewählt, können aber im Fenster geändert werden.

Plattendicke (h) Die Plattendicke wird automatisch ausgewählt, kann aber in diesem Fenster geändert werden, wenn *Vom Bewehrungsparameter* deaktiviert ist.

Bewehrungs-verhältnis Der Bewehrungsgehalt (ρ_x, ρ_y) kann entweder aus der tatsächlichen oder berechneten Bewehrung übernommen werden oder es kann eine manuelle Eingabe erfolgen.

Parameter

Näherungsstufe Die Näherungsstufe kann gemäß SIA 262:2013 gewählt werden (Abschnitt 4.3.6.4.2). Die Näherungsstufen 1 oder 2 können ausgewählt werden.

β Winkel zwischen der Platte und der Durchstanzbewehrung (45°-90°).

Φ_{sw} Durchmesser der Durchstanzbewehrung

c_v Betonüberdeckung der Durchstanzbewehrung auf der Druckseite.

Radialer Stababstand s_1 Der radiale Bewehrungsabstand ist die Differenz zwischen den Radien von zwei benachbarten Durchstanzbewehrungskreisen.

Distanz zum ersten Durchstanz-bewehrungskreis s_0 Abstand des ersten Durchstanzbewehrungskreises von der konvexen Kante der Stütze.

D_{max} Grösstkorndurchmesser

l_x, l_y Spannweite der Decke in x- bzw. y-Richtung (Abschnitte 4.3.6.4.2 und 4.3.6.4.4)

Position der Stütze Der Reduktionsfaktor k_e kann gemäss Abschnitt 3.6.2.4 der SIA 262: 2013 definiert werden. Wenn die automatische Positionierung ausgewählt ist, wird k_e folgendermassen berechnet:

$$k_e = \frac{1}{1 + \frac{e}{b}}$$

b_{sr} Grenzwert für die Breite der Stützenstreifen zur Bestimmung der Biegewiderstände.

Berechnung der Durchstanzkraft Die Durchstanzkraft kann durch die Differenz in der Axialkraft der verbundenen Stützen oder durch Integrationd er Querkräfte in der Platte berechnete werden. (**siehe...** *6.5.13.1.1 Durchstanzanalyse von Stützen gemäss Eurocode*).

Bemessungs-grundlagen Die Software bestimmt den Durchstanzumfang im Abstand von $0{,}5d_v$ (Abschnitt 4.3.6.2.2) von der konvexen Aussenkante der Stütze, wo der Durchstanzwiderstand überprüft werden muss. Der Widerstand der Druckdiagonalen wird gemäss Abschnitt 4.3.6.5.7 berechnet:

$$V_{Rd,max} = 2 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d_v \cdot u$$

Wenn $V_d > V_{Rd,max}$, ist der Widerstand der Druckdiagonalen nicht ausreichend. In diesem Fall muss die Plattendicke oder die Betonqualität erhöht werden.
Der Durchstanzwiderstand ohne Schubbewehrung wird wie folgt berechnet (Abschnitt 4.3.6.3.1):

$$V_{Rd,c} = k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d_v \cdot u$$

Wenn $V_d \leq V_{Rd,c}$, ist keine Durchstanzbewehrung notwendig, im umgekehrten Fall wird die benötigte Bewehrung folgendermassen berechnet (Abschnitt 4.3.6.5.2 (65) und 4.3.6.5.3 (66)):

$$\Sigma A_{sw} = \frac{V_d}{k_e \cdot \sigma_{sd} \cdot sin\beta},$$

wobei

$$\sigma_{sd} = \frac{E_s \cdot \psi}{6} \cdot \left(1 + \frac{f_{bd}}{f_{sd}} \cdot \frac{d}{\phi_{sw}}\right)$$

$$\psi = 1{,}5 \cdot \frac{r_s}{d} \cdot \frac{f_{sd}}{E_s} \cdot \left(\frac{m_{sd}}{m_{Rd}}\right)^{3/2} \text{ und } f_{bd} = \frac{1{,}4 \cdot f_{ctm}}{\gamma_c}$$

Diese erforderliche Bewehrung muss eingebracht werden zwischen $0{,}35 \cdot d_v$ und d_v gemäss Norm. Ausgehend von den angegebenen Bemessungsparametern kann die Anzahl der Durchstanzbewehrungskreise berechnet werden zwischen $0{,}35 \cdot d_v$uand d_v. Die erforderliche Bewehrung für einen Kreis wird berechnet durch ΣA_{sw} dividiert durch die Anzahl Bewehrungskeise. Diese benötigte Bewehrung A_{sw} wird in jedem Bewehrungskreis (ab einer Distanz d_v) eingelegt bis sie nicht mehr benötigt wird.

Informations-fenster

Gemäß dem Aufbaucode, Elementidentifikator und den Materialien werden die folgenden Parameter angezeigt.

SIA 26x (Schweiz)	
Stab 10, Knoten 315	
C50/60	
B500B	
40x60	
h[cm] =	25,0
d[cm] =	19,8
ρ_x[%] =	0,344
ρ_y[%] =	0,124
β[°] =	90
s_0[mm] =	99
s_1[mm] =	148
Ø[mm] =	6
d_v[cm] =	17,8
l_x[m] =	5,0
l_y[m] =	5,0
Lastfall : ST1	
f_{se} =	1,000
V_d[kN] =	306,84
M_y[kNm] =	-0,61
M_z[kNm] =	-20,36
u[m] =	2,547
k_e =	0,919
u'=k_e·u[m] =	2,340
$V_{Rd,max}$[kN] =	495,65
$V_{Rd,c}$[kN] =	247,82
V_d / $V_{Rd,max}$ = 0,619 ≤ 1	
V_d / $V_{Rd,c}$ = 1,238 > 1	
Durchstanzbewehrung erforderlich.	
$V_{d,s}$[kN] =	153,42
σ_{sd}[MPa] =	434,78
Σ A_{sw}[cm²] =	3,84
A_{sw}[cm²] =	4,87
$V_{Rd,s}$[kN] =	153,42
N_{sr} =	2

h Plattendicke

d Effektive Plattendicke

ρ_x, ρ_y *Bewehrungsgehalt* der Längsbewehrung in x- bzw. y-Richtung

β *Winkel zwischen der Platte und der Durchstanzbewehrung*

s_0 Distanz zum ersten Durchstanzbewehrungskreis von der konvexen Kante der Stütze.

s_1 Distanz zwischen den Durchstanzbewehrungskreisen

$\varnothing_{sw}$ Bewehrungsdurchmesser

d_v effektive Plattendicke

l_x, l_y Spannweite in x-, y-directions

f_{se} Faktor für die inneren Kräfte aus Erdebenenlasten

V_d Bemessungswert der Durchstanzlast

$V_{d,0}$ Bemessungswert der Durchstanzkraft integriert in einem Abstand von 0.5d des konvexen Stützenumriss (nur bei Bodenplatten).

M_{dy}, M_{dz} Bemessungswert des Biegemoments

k_e Reduktionsfaktor für den Nachweisschnitt

u Länge des Nachweisschnittes

u' $u' = k_{e\,u} \cdot u$

$V_{Rd,max}$ Bemessungswert des maximalen Durchstanzwiderstands

$V_{Rd,c}$ Bemessungswert des Durchstanzwiderstands der Platte ohne Durchstanzbewehrung

$V_{Ed}/V_{Rd,max}$ Ausnutzung $V_{Rd,max}$

$V_{Ed}/V_{Rd,c}$ Ausnutzung $V_{Rd,c}$

$V_{d,s}$ Durchstanzlast für die Bewehrungsberechnung

σ_{sd} Bemessungswert der Zugspannung in der Schubbewehrung

ΣA_{sw} benötigte Schubbewehrung

A_{sw} Durchstanzbewehrungsquerschnitt im kritischen Bemessungsbereich

$V_{Rd,s}$ Bemessungswert des Durchstanzwiderstands der Bewehrung

N_{sr} Anzahl Durchstanzbewehrungskreise

Warnungen und Fehlermeldungen

Meldung ***Druckkraft in der Platte ist zu hoch.***

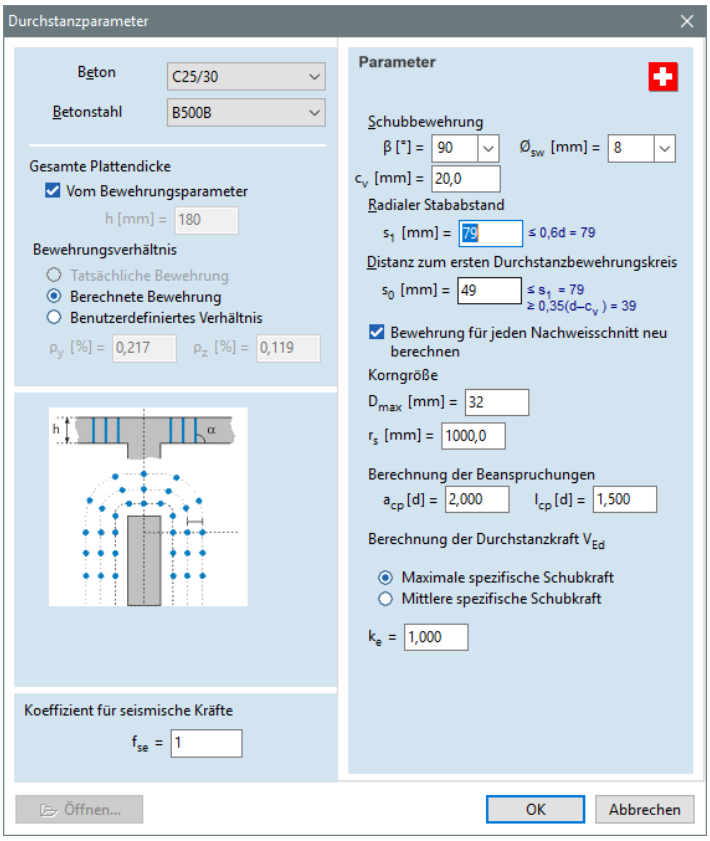
Grund Die Druckkraft ist so hoch, das die Platte unabhängig von der Bewehrung diese nicht aufnehmen kann.

Lösung Die beste Möglichkeit ist, die Plattendicke zu erhöhen.
Der kritische Schnitt kann durch eine Erhöhung der Plattendicke oder einen grösseren Stützenquerschnitt erhöht werden.
Auswahl einer höheren Betongüte.

6.5.13.2.2 Durchstanzbemessung von Wandenden und -ecken gemäss SIA 262

Die Software bestimmt die Druchstanzlast wie sie beschrieben wird unter *6.5.13.1.2 Durchstanzanalyse von Wandenden und Wandecken nach Eurocode*. Im Falle einer SIA-konformen Bemessung wird der Faktor β nicht verwendet. Der Reduktionsfaktor für den Umfang (k_e) kann vom Benutzer festgelegt werden.
Nach dem Anklicken der oben gezeigten Werkzeugschalfläche muss ein Knoten ausgewählt werden, der das Wandende oder die Wandecke identifiziert. Das Programm identifiziert automatisch die Wände, die mit dem Knoten verbunden sind. Die Wände können durch vertikale Bereiche oder Linienlager mit Querschnitt dargestellt werden (mit Steifigkeiten, die aus den Wandparametern berechnet werden), **siehe...** *4.9.12 Linienauflager*. Die Software ist in der Lage, beide Elemente zu identifizieren.
Einige Details zur Bemessung werden im Abschnitt *Durchstanzanalyse von Wandenden und Wandecken nach Eurocode* beschrieben und hier nicht wiederholt.

☞ ***Ist das Wandende, die Wandecke mit einem Plattenbalken in der Deckenebene verbunden, kann der Nachweis nicht geführt werden.***



Einzelheiten zu den Bemessungsgrundlagen und Gleichungen werden im vorherigen Abschnitt erläutert. **siehe...** *6.5.13.2.1 Durchstanzbemessung von Stützen gemäss SIA 262*. Bei Wandenden und -ecken kann die Näherungsstufe nicht gewählt werden (Abschnitt 4.3.6.4.4.2. von SIA 262:2013), die Software verwendet die Näherungsstufe 1, daher wird davon ausgegangen, dass $m_{sd}/m_{Rd} \cong 1.0$ und der Abstand r_s vom Benutzer angegeben werden kann.

6.5.13.3. Durchstanzbewehrung nach DIN 1045-1

Die erforderliche Durchstanzbewehrung wird wie folgt ermittelt:
Die Verbindung zwischen Platte und Stütze ist sicher, wenn die Schubspannnung kleiner oder gleich dem Designwert des maximalen Durchstanzwiderstandes und der Designwert kleiner oder gleich dem Durchstanzwiderstandes der Platte mit Durchstanzbewehrung ist: $v_{sd} \leq v_{Rd}$
Der Designwert der Schubspannung ist $v_{sd} = \beta \frac{V_{sd}}{u \cdot d}$, mit β =Faktor zur Berücksichtigung zusätzlicher Spannungen aus ausmittigen Lasten. DIN 1045-1 geht davon aus, das der kritische Schnitt bei einem Abstand von *1,5d* von der Kante des Stützenquerschnitts ist.

Der Designwert des Schubwiderstandes ohne Durchstanzbewehrung berechnet sich zu:

$$v_{Rd} = f\left(v_{Rd,ct}, v_{Rd,cta}, v_{Rd,max}, v_{Rd,sy}\right).$$
$$v_{Rd,ct} = \left(0.14 \cdot \eta_1 \kappa (100 \cdot \rho_1 f_{ck})^{1/3} + 0.12\sigma_{cd}\right) \cdot d,$$
$$v_{Rd,cta} = \kappa_a v_{Rd,ct}$$

Der Designwert des maximalen Durchstanzwiderstandes ist $v_{Rd,max} = 1.7 \cdot v_{Rd,ct}$
Auf dem ersten Perimeter in einem Abstand von $r_0 = 0.5 \cdot d$ der Kante des Querschnitts wird das erforderliche Ausmass der Stanzschubverstärkung mit folgender Formel berechnet

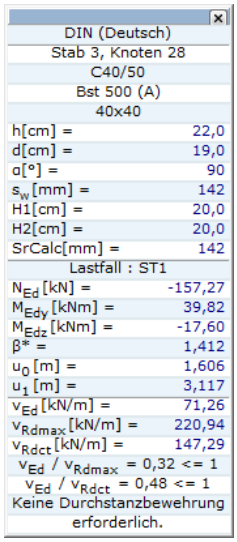
$$v_{Rd,sy0} = v_{Rd,c} + \frac{\kappa_s A_{sw0} f_{yd}}{u_0}$$

Der Designwert des Durchstanzwiderstandes mit Durchstanzbewehrung ist

$$v_{Rd,sy} = v_{Rd,c} + \frac{\kappa_s A_{sw} f_{yd} d}{u_i s_w}$$
$$\rho_1 = \sqrt{\rho_x \rho_y}\ (\rho_1 = \sqrt{\rho_\xi \rho_\eta}\ \textit{im Falle von schiefer Bewehrung})$$

Wenn $v_{sd} > V_{Rd,ct}$, dann wird die notwendige Durchstanzbewehrung entlang des kritischen Schnittes unter der Annahme das $v_{sd} \leq v_{Rd,sy}$ ist berechnet.

Informationsfenster Gemäß dem Aufbaucode, Elementidentifikator und den Materialien werden die folgenden Parameter angezeigt.



h: Plattendicke

d: Effektive Plattendicke

α: Winkel zwischen der Platte und der Stanzverstärkung

s_w: Durchstanzbewehrung: Abstand der konzentrischen Kreise für die Bewehrungsanordnung

H1: Mindestplattendicke, die mit Stanzverstärkung erforderlich ist

H2: Mindestplattendicke, die ohne Stanzverstärkung erforderlich ist

N_{Ed}: Konstruktionswert der Stanzkraft

M_{Edy}, M_{Edz}: Konstruktionswert des Moments

β:* Exzentrizitätsfaktor

u_0: Kontrollperimeter auf dem Stützenperimeter

u_1: Kritischer Kontrollperimeter bei *2d*

v_{Ed}: Schubspannung entlang dem u_1 Perimeter

v_{Rdmax}: Maximale Schubspannung

v_{Rdct}: Schubspannung ohne Verstärkung

v_{Ed} / v_{Rdmax} : Effizienz auf dem kritischen Kontrollperimeter

v_{Ed} / v_{Rdct} : Effizienz (Spannung im Beton)

κ_s Korrekturfaktor: $1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2$

r_1: Abstand zwischen dem ersten Betonrippen-Stahlkreis und der konvexen Stützenkante

A_{sw}: Stanzverstärkungsbereich auf dem kritischen Kontrollperimeter

N_{sr}: Anzahl der Verstärkungskreise

Warnungen und Fehlermeldungen

Meldung ***Kompressionskraft in der Platte ist zu hoch.***

Ereignis Die angesetzte Kraft ist so gross, dass die Betonplatte ungeachtet der Verstärkung versagt.

Lösung Die effizienteste Lösung besteht darin, die Dicke der Platte zu erhöhen.
Der kritische Stanzbereich kann ausgeweitet werden, indem die Dicke der Platte und/oder die Stützen vergrößert werden (auf diese Weise wird er Konstruktionswert der bestimmten Schubkraft reduziert).
Wählen Sie einen höherwertigeren Beton.

6.5.13.4. Durchstanzbewehrung nach SIA 262:2003

Die erforderliche Durchstanzbewehrung wird wie folgt ermittelt:
Die Verbindung zwischen Platte und Stütze ist sicher, wenn die Schubspannung kleiner oder gleich dem Designwert des maximalen Durchstanzwiderstandes und der Designwert kleiner oder gleich dem Durchstanzwiderstandes der Platte mit Durchstanzbewehrung ist $v_d \leq v_{Rd}$
Der Designwert der Schubspannung ist $v_d = V_d/u$
Der Einfluss der Exzentrizität der Kraft wird berücksichtigt durch den Reduktionsfaktor k_e des Perimeters.

$$k_e = 1/\left(1 + \frac{e}{b}\right)$$

Wobei e die Exzentrizität und b der Durchmesser des flächengleichen Kreises ist.
SIA 262 geht davon aus, das der kritische Schnitt bei einem Abstand von *0,5d* von der Kante des Stützenquerschnitts ist. Der Abstand des kritischen Schnitts und das statischen Momentes wird unter Berücksichtigung von Wänden und Löchern berechnet.

Der Designwert des Schubwiderstandes ohne Durchstanzbewehrung berechnet sich zu: $v_{Rd} = k_r \tau_{cd} d$
Der Designwert des maximalen Durchstanzwiderstandes ist $v_{Rd,max} = 2k_r \tau_{cd} d$

Der Designwert des Durchstanzwiderstandes mit Durchstanzbewehrung ist

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s_r} z f_{zd} (1 + \operatorname{ctg} \alpha) \sin \alpha$$

Wenn $v_d > v_{Rd}$ dann wird die notwendige Durchstanzbewehrung entlang des kritischen Schnittes unter der Annahme das $v_d \leq v_{Rd}$ ist berechnet.
Die minimale Anzahl der Stabstähle wird ebenfalls ermittelt.

Bei der Berechnung des kritischen Schnittes wird angenommen, das der Bewehrungsabstand nicht grösser ist als *2d* aber diese Annahme wird nicht kontrolliert. Ist die Anforderung nicht erfüllt, sollte ein kleinerer Durchstanzbewehrungskreis oder eine höhere Anzahl von Stabstählen gewählt werden.
Die Bewehrung für jeden Durchstanzkreis und der Durchstanzkreis bei dem keine Durchstanzbewehrung mehr erforderlich wird berechnet.
Die notwendige Bewehrung und die Anzahl der Stabstähle mit angegebenem Durchmesser werden in jedem Umkreis dargestellt.

6.5.14. Fundamentbemessung – RC4 Modul

6.5.14.1. Bemessung Einzelfundament



AxisVM kann die erforderliche Fundamentgrösse und Bewehrung der rechteckigen oder runden Flachgründung mit oder ohne Sockel ermitteln und kann die Fundamente auf Gleitsicherheit und Durchstanzen nach Eurocode7 überprüfen. Hier kann auch Fundamentsetzung berechnet werden.

Fundamentgrösse

Die Dimensionen des Fundamentes können entweder von dem Benutzer oder durch das Programm angegeben werden. (in diesen Fall sind nur die obere Grenzwerte anzugeben) Unter Beachtung des Sohlenprofils und der Belastung ermittelt dieses Modul die erforderliche Fundamentgröße in einem iterativen Prozess. Danach berechnet es die wirksame Fundamentfläche für die Lastfälle und Lastkombinationen [SLS] sowie die Bemessungsschnittkräfte, Momente, Widerstände, und Setzung, Ausnützung und die Schubbewehrung, falls erforderlich. Das Modul überprüft außerdem die Kippsicherheit des Fundamentes.
Die Seiten des Vorsprungs dürfen nicht größer sein als die entsprechende Seite des Fundamentes.

☞ ***Das für das Fundament benutzte Koordinatensystem ist das gleiche wie das des Auflagers. Exzentrizitäten werden jedoch vom Fundamentzentrum aus ermittelt.***

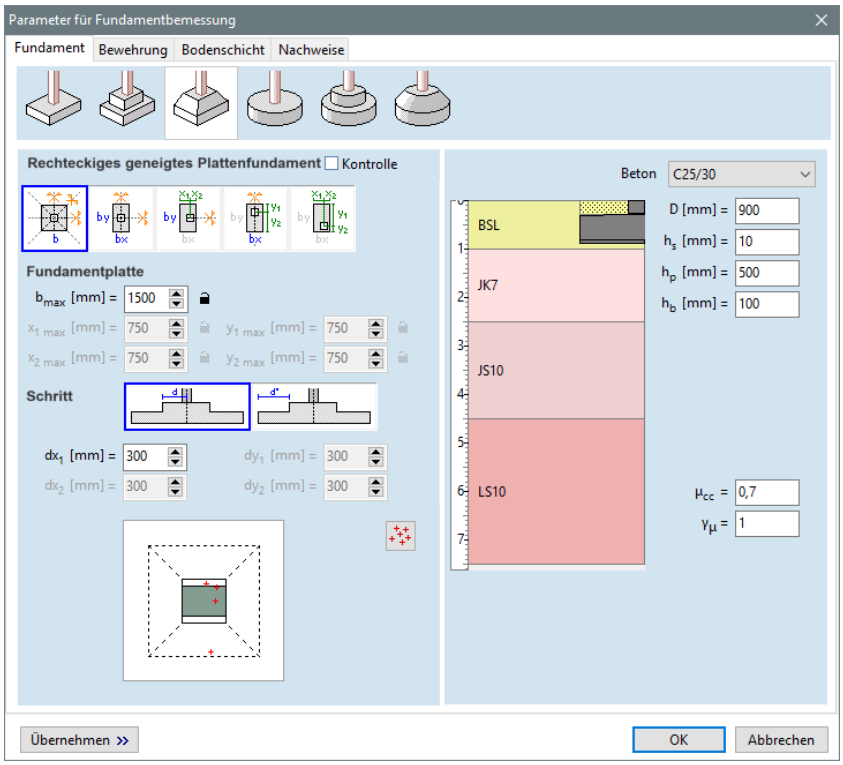
Parameter der Fundamentbemessung gemäß EC



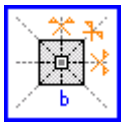
Man klickt auf das *Fundament* Icon und wählt ein oder mehrere weitere Auflagerknoten von vertikalen oder geneigten Stützen (falls schon Auflager ausgewählt wurden, wird die Dialogbox beim ersten Klick geöffnet).
Die Eingaben für das Fundament erfolgen in der folgenden Dialogbox.

Fundament

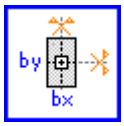
Wählen Sie auf der Registerkarte *Fundament* den Fundamenttyp (einfache Platte / gestuft / geneigt / rechteckig oder rund) und stellen Sie die Geometrieparameter und den Reibungskoeffizienten zwischen Fundament und Magerbeton sowie den Partialfaktor für den Reibungskoeffizienten ein.



Symmetrieeinschränkungen und geometrische Parameter für einen Rechteckfundament:



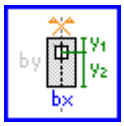
Quadratisches Fundament
b ist Seitenlänge des Quadrats,
die Stütze steht in der Mitte des Quadrats
Wert oder Obergrenze von *b* muss angegeben werden



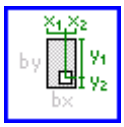
Rechteckiges Fundament
bx und *by* sind die Seitenlänge des Rechtecks
die Stütze steht in der Mitte des Rechtecks
Wert oder Obergrenze von *bx* und *by* muss angegeben werden



Rechteckiges, einmal exzentrisches Fundament
in Richtung *x* steht die Stütze exzentrisch, in Richtung *y* in der Mitte des Fundaments Stützenachsabstand von Fundamentenseiten in Richtung *x* sind *x1* und *x2*
Wert oder Obergrenze von *x1*, *x2* und *by* muss angegeben werden

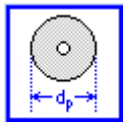


Rechteckiges, einmal exzentrisches Fundament
in Richtung *y* steht die Stütze exzentrisch, in Richtung *x* in der Mitte des Fundaments Stützenachsabstand von Fundamentenseiten in Richtung *y* sind y*1* und *y2*
Wert oder Obergrenze von *y1*, *y2* und *bx* muss angegeben werden



Rechteckiges, zweimal exzentrisches Fundament
In Richtung *x* und *y* steht die Stütze exzentrisch
Stützenachsabstand von Fundamentenseiten in Richtung *x* sind x_1 und x_2
Stützenachsabstand von Fundamentenseiten in Richtung *y* sind y_1 und y_2
Wert oder Obergrenze von x1, x2, *y1*, *y2* muss angegeben werden

Parameter für ein Kreisfundament:



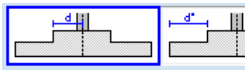
Kreisfundament
Die Stütze ist konzentrisch
d_p ist der Fundamentdurchmesser
d_p oder der obere Grenzwert ($d_{p,max}$) müssen eingestellt werden



Wenn die Taste Schloss neben der Zelle eingeschaltet ist, sind die angegebenen Werte fix (Kontrolle). Wenn sie nicht eingeschaltet ist (das Schloss ist geöffnet), sind die angegebenen Werte die Obergrenze für die Berechnung. Wenn das Kästchen „Kontrolle" eingeschaltet ist, werden alle Werte fixiert und können nur wieder freigegeben werden, wenn die Kontrollfunktion ausgeschaltet ist.

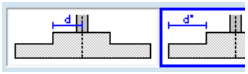
Gestufte und geneigte Fundamente

Es gibt zwei Möglichkeiten, die Stufengrösse zu definieren.



dx_1 und dx_2 sind die Abstände der Kanten von der Stützenachse in x-Richtung. dy_1 und dy_2 sind die gleichen Abstände in y-Richtung. Diese Werte sind immer vorgegeben.

Für kreisförmige Fundamente: d_s ist der Durchmesser der konzentrischen zylindrischen Stufe oder der oberen Grundfläche des Kegelstumpfes. Der Wert des Radius $d_s / 2$ muss eingegeben werden.



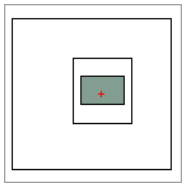
dx^*_1 und dx^*_2 sind die Abstände der Kanten vom Rand des Fundaments in x-Richtung. dy_1 und dy_2 sind die gleichen Abstände in y-Richtung.

Für kreisförmige Fundamente: d_s ist der Durchmesser der konzentrischen zylindrischen Stufe oder der oberen Grundfläche des Kegelstumpfes. Der Wert des Radius $d_s / 2$ muss eingegeben werden.

Im ersten Fall ist die Stufengrösse immer fest vorgegeben. Im zweiten Fall wächst oder schrumpft die Stufengrösse mit der Fundamentgrösse, wenn diese nicht fixiert ist.

Fundamentparameter

Beton	Material des Fundaments
t	Fundamenttiefe (Abstand zwischen dem Boden der Sohlplatte)
h_s	Sockelhöhe
h_p	Sohlplattendicke
h_b	Sauberkeitsschichtdicke
μ_{cc}	Reibungsbeiwert zwischen Fundament und Unterbeton
$\gamma\mu$	Teilsicherheitsbeiwert für den Reibungsbeiwert



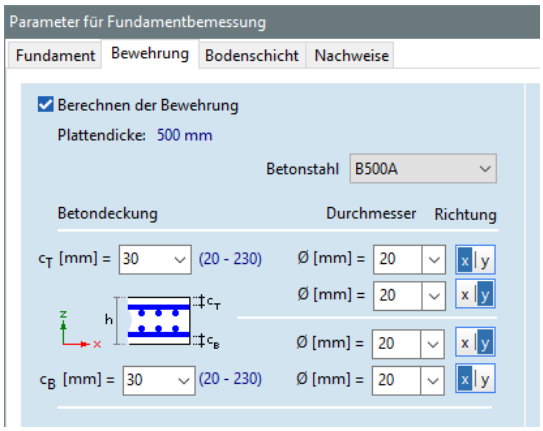
Unter den Eingabefeldern wird das Fundament und die Stütze massstäblich dargestellt. Die Fixwerte sind mit ausgezogenen, die Maximalwerte mit gestrichelten Linien dargestellt. Die berücksichtigten Beanspruchungen werden entsprechend ihren Exzentrizitäten als rote Kreuze dargestellt. Diese Darstellung ist nur als Orientierungshilfe zu verstehen, denn bei der effektiven Exzentrizitätsberechnung werden auch das Fundamenteigengewicht und Auffüllungsgewicht berücksichtigt, was die Exzentrizität vermindert.



Wenn der Schalter *Alle Auflagerbeanspruchung darstellen* eingeschaltet ist, wird die Darstellung so skaliert, dass alle Beanspruchungen sichtbar sind, andernfalls sind nur die Punkte, die innerhalb der Fundamentgrenzen liegen sichtbar. Diese Kräfte wirken an der Oberkante des Fundaments und beinhalten nicht das Gewicht der Auffüllung, des Fundaments und des Unterbetons.

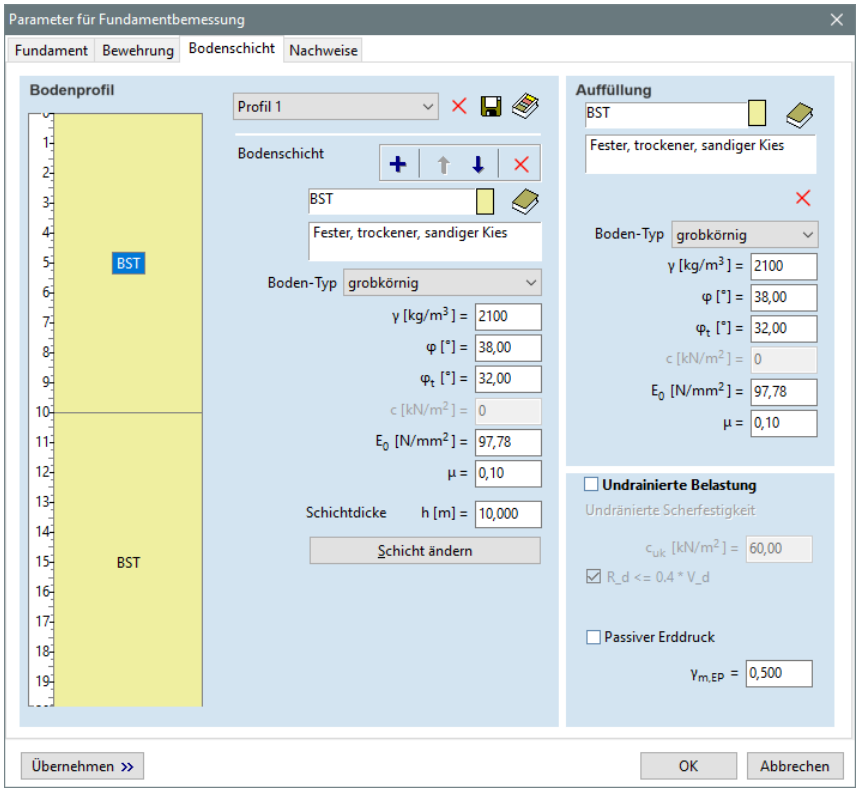
Bewehrung

Im Register *Bewehrung* kann die Berechnung für eine Bewehrung aktiviert werden.
Auswahl *Stabstahl*, *cT* und *cB* obere und untere Betondeckung können definiert werden. Die oberen zwei Eingabefelder unter dem Wort Durchmesser und Richtung stehen für die obere Bewehrung (1. und 2. Lage). Die unteren zwei Felder stehen für die untere Bewehrung (2. Lage und 1. Lage).
Das aktuelle Schema wird augenblicklich in der lokalen x-z Ansicht angezeigt.
Berechnung der *Durchstanzbewehrung* kann für einfache Fundamenttypen aktiviert werden..
Für die Einstellungen **siehe...** *6.5.13 Durchstanznachweis – RC3 Modul.*



Bodenschicht

Auf der Registerkarte *Bodenschicht* können Sie das Bodenprofil und die Eigenschaften der Hinterfüllung festlegen. Das Bodenprofil kann aus der Liste der im Modell definierten Profile ausgewählt, aus einer modellunabhängigen Bodenschichtenbibliothek *(6.5.14.4 Bodenschichtenbibliothek)* importiert oder von Grund auf neu erstellt werden *(6.5.14.3 Bodenschichten-Editor)*.
Das ausgewählte Bodenprofil wird links angezeigt.
Die Eigenschaften der Hinterfüllung werden im Feld *Hinterfüllung* angezeigt.



Neue Bodenschicht hinzufügen
Zeigt den *Bodenschichten-Editor* an, in dem das Bodenprofil eingegeben und den im Modell verfügbaren Profilen bzw. Bodenschichten hinzugefügt werden kann.

Bodenschichten-Editor
Zeigt den *Bodenschichten-Editor* mit dem aktuellen Bodenprofil zur Bearbeitung an. Das vorhandene Bodenprofil kann überschrieben oder das geänderte Bodenprofil der Liste hinzugefügt werden.



Bodenschichtenprofil speichern

Das ausgewählte Bodenprofil wird in der modellunabhängigen Bodenschichtenbibliothek gespeichert. Wenn in der Bibliothek bereits ein Bodenprofil mit diesem Namen vorhanden ist, (1), (2), ... wird es entsprechend hinzugefügt.



Bodenschichtenbibliothek

Diese Bibliothek ist für jedes Modell verfügbar. Es können mehrere Bodenprofile ausgewählt und importiert werden.

Wenn in der Bibliothek bereits ein Bodenprofil mit diesem Namen vorhanden ist, (1), (2), ... wird das neue entsprechend hinzugefügt.

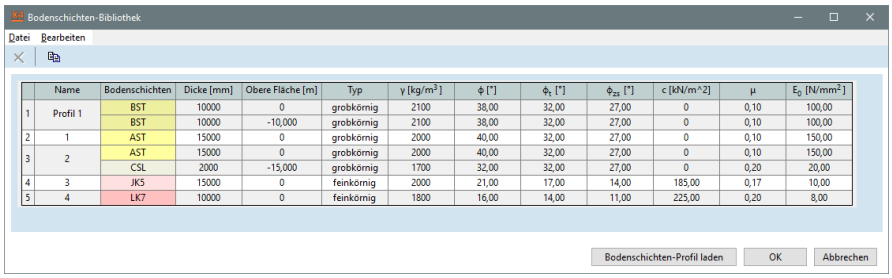
Bodenprofile können im *Tabellenbrowser* gelöscht werden. Wählen Sie Bodenprofile aus, um die im Modell definierten Bodenprofile anzuzeigen. Da beim Löschen von Bodenprofilen Winkler-Federn und/oder Fundamente gelöscht werden können, wird der Name der verwendeten Bodenprofile fett dargestellt. Das Löschen eines verwendeten Bodenprofils löst eine Warnmeldung aus.

Hinterfüllung

Geben Sie die Parameter des Bodens ein, der als Hinterfüllung verwendet werden soll.



Öffnet die Bodenbibliothek, um ein vordefiniertes Bodenmaterial auszuwählen.



	Name	Bodenschichten	Dicke [mm]	Obere Fläche [m]	Typ	γ [kg/m³]	ϕ [°]	ϕ_s [°]	ϕ_{ss} [°]	c [kN/m^2]	μ	E_0 [N/mm²]
1	Profil 1	BST	10000	0	grobkörnig	2100	38,00	32,00	27,00	0	0,10	100,00
		BST	10000	-10,000	grobkörnig	2100	38,00	32,00	27,00	0	0,10	100,00
2	1	AST	15000	0	grobkörnig	2000	40,00	32,00	27,00	0	0,10	150,00
3	2	AST	15000	0	grobkörnig	2000	40,00	32,00	27,00	0	0,10	150,00
		CSL	2000	-15,000	grobkörnig	1700	32,00	32,00	27,00	0	0,20	20,00
4	3	JK5	15000	0	feinkörnig	2000	21,00	17,00	14,00	185,00	0,17	10,00
5	4	LK7	10000	0	feinkörnig	1800	16,00	14,00	11,00	225,00	0,20	8,00

Undrainierte Belastung

Unter undrainierter Belastung wird das Volumen nicht verändert, wenn das Wasser nicht entweichen kann. Die Sohlschicht ist dann vollständig gesättigt und die Schubfestigkeit ist als konstanter Wert über Bodenuntersuchungen zu ermitteln. In diesem Fall ist der c_{uk} Schubfestigkeit eingegeben werden.

Passiver Erddruck

Ist diese Option aktiv, wird der erhöhte Gleitwiderstand beim passiven Erddruck berücksichtigt. Der aktive Erddruck erhöht die horizontalen Kräfte. Dieser Effekt wird in der Regel vernachlässigt, um auf der sicheren Seite zu sein. Wird die Funktion aktiviert, sollte zusätzliche Aufmerksamkeit an den Tag gelegt werden.
$\gamma_{m,EP}$ ist der Aktivierungsfaktor für den passiven Erddruck.

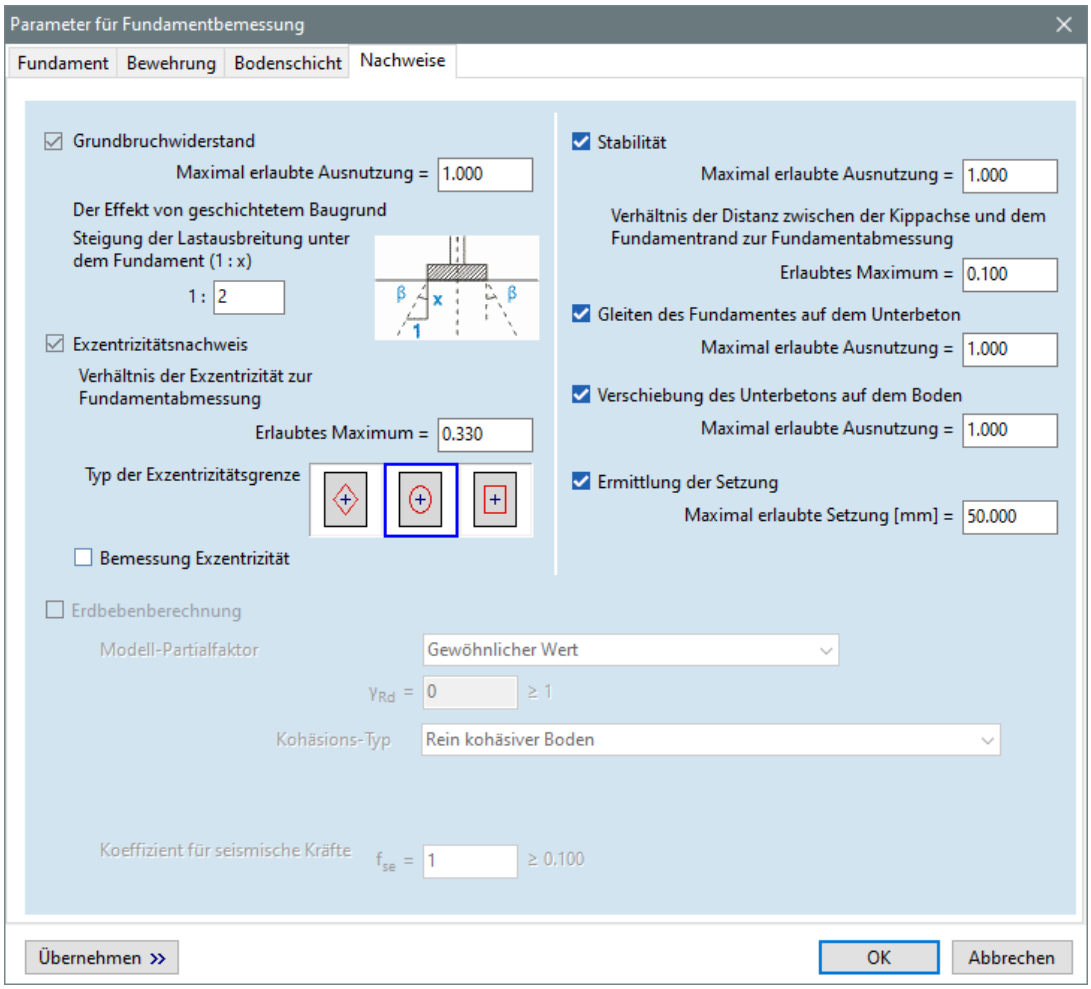
Nachweise

Im Register *Nachweise* können die zu einzelnen Nachweise und die maximal erlaubte Ausnützung definiert werden.

Wenn *Ermittlund der Setzung* aktiv ist, überprüft das Programm, ob die maximal erlaubte Setzung eingehalten wird, vergrößert aber nicht die Fundamentgrösse.

Bemessung Exzentrizität ermöglicht dem Anwender ein maximal erlaubtes Verhältnis der Exzentrizität zur Fundamentbemessung zu definieren. Dadurch soll sichergestellt werden, dass der Boden unterhalb des Fundaments auch komprimiert und umkippen verhindert wird.

Der Nachweis der Tragfähigkeit und der Exzentrizität kann nicht deaktiviert werden..



Tragfähigkeit

Die Tragfähigkeit wird nach EN 1997-1 Anhang D berechnet.

Drainiert:

$$R_{V,d} = \left(c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0{,}5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma\right) \cdot A'$$

Undrainiert:

$$R_{V,d} = \left((\pi + 2)c_u \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q\right) \cdot A'$$

Einfluss von geschichteten Böden: falls mehrere verschiedene Schichten unter dem Fundament eingegeben werden, ist die massgebende Schicht nicht immer die oberste, falls ihre Festigkeit geringer ist. Die Ausnutzung wird an der Oberkante der jeweiligen Schicht berechnet unter Ansatz der Lastausbreitung unter dem Fundament und der folgenden Formel:

$$q_{E,d,i} = \frac{V_d}{A_i'} + (q_i' - q')$$

mit

$A_i' = B_i' \cdot L_i'$

mit $B_i' = B' + 2 \cdot Cot\beta \cdot (|z_i| - D)$ und $L_i' = L' + 2 \cdot Cot\beta \cdot (|z_i| - D)$

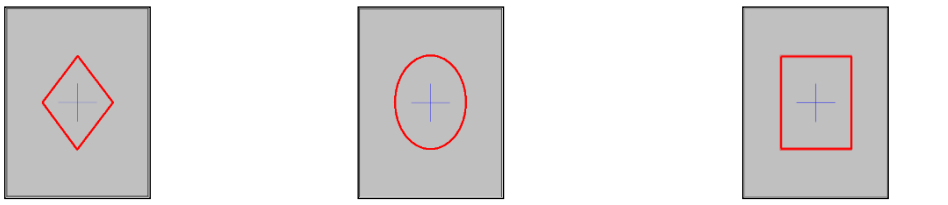
$|z_i| - D$ ist der Abstand zwischen der Fundamentsohle und der Oberkante der Schicht

Exzentrizität

Bemessungsverfahren: die Fundamentabmessungen werden erhöht, bis der Exzentrizitätsfaktor (γ_{ecc}) berechnet aus den Extrentrizitäten der Lastkombinationen unter den zulässigen Grenzwert fällt: $\gamma_{ecc} \leq \gamma_{ecc,lim}$

Für rechteckige Fundamente $\gamma_{ecc} = 0.5$ bedeutet, dass das umhüllende Rechteck der Kurve der Grenzexzentrizität die Abmessungen $b_x/2$ und $b_y/2$, wobei b_x und b_y die Fundamentabmessungen bezeichnen. Der Exzentrizitätsfaktor wird abhängig vom Typ der Grenzexzentrizität berechnet:

Linear (Raute), *Quadratisch* (Ellipse) *Rotationsachsse* (Rechteck)



$$\gamma_{ecc} = \left|\frac{e_x}{b_x}\right| + \left|\frac{e_y}{b_y}\right| \qquad \gamma_{ecc} = \sqrt{\left(\frac{e_x}{b_x}\right)^2 + \left(\frac{e_y}{b_y}\right)^2} \qquad \gamma_{ecc} = \max\left(\frac{|e_x|}{b_x}; \frac{|e_y|}{b_y}\right)$$

Für runde Fundamente die Kurve der Grenzexzentrizität ist ein Kreis, $\gamma_{ecc} = e/r$, mit $r = d_p/2$

Stabilität

AxisVM berechnet das einwirkende Moment um die Kippachse und summiert die stabilisierenden und destabilisierenden Momente um folgenden Nachweis zu führen.

$$\Delta_{EQU} = \left|\frac{M_{dst}}{M_{stb}}\right| \leq \Delta_{EQU,lim}$$

Gleiten des Fundaments (oder des Unterbetons)

Der Nachweis gegen Gleiten unter der Fundamentsohle wird nach folgender Formel geführt:

$$H_d \leq R_{d,Hs} + R_{p,d}$$

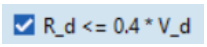
Der Gleitwiderstand wird dabei folgendermassen berechnet

Drainiert: $R_{d,Hs} = V_d tan\delta_d$

Für Ortbetonfundamente kann der Reibungswinkel zwischen Fundament und Boden gleich dem inneren Reibungswinkel des Bodens gesetzt werden: $\delta_d = \varphi_{cv,d}$

Undrainiert: $R_{d,Hs} = A' c_{u,d}$ and $R_{d,Hs} \leq 0{,}4 V_d{}^*$

* im Fall einer klaffenden Sohlfuge wird nach EN 1997-1 6.5.3 (12)P ein weiterer Nachweis gefordert. Dieser kann im Register Bodenschicht mit folgender Option aktiviert werden.



Gleiten des Unterbetons

Der Nachweis gegen Gleiten in der Fuge zwischen Fundament und Unterbeton wird nach folgender Formel geführt:

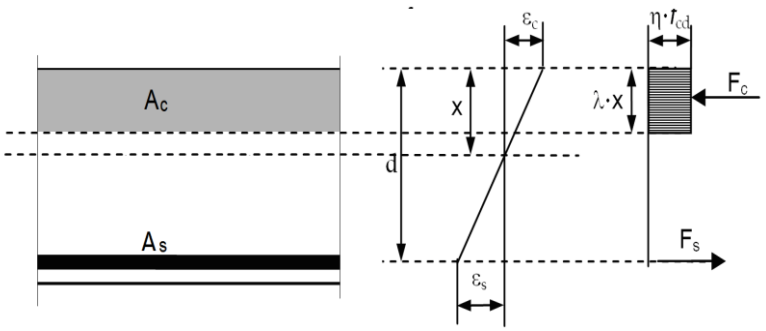
$$H_d \leq R_{d,Hb} + R_{p,d}$$

Der Gleitwiderstand ist dabei $R_{d,Hb} = V_d \frac{\mu_{cc}}{\gamma_\mu}$

mit μ_{cc} Reibungsbeiwert zwischen Fundament und Unterbeton, γ_μ Partialfaktor für den Reibungsbeiwert.

Bewehrung der Fundamentplatte

Wenn Lage und Durchmesser der Eisen angegeben wurde, ermittelt das Programm die erforderliche Anzahl oberer und unterer Bewehrungsstäbe in x und y Richtung entsprechend dem folgenden Bemessungsdiagramm. Dabei wird immer die Mindestbewehrung berücksichtigt.



Der erforderliche Bewehrungsabstand wird entsprechend dem angegebenen Eisendurchmesser ermittelt.

Warnungen und Fehlermeldungen:

Das Programm gibt einen Warnhinweis, wenn Druckbewehrung erforderlich wird oder wenn die ermittelte Bewehrung größer ist als maximal zulässig ($A_s > 0.04 A_c$).

Kontrolle der Gleitsicherheit

Das Programm untersucht, ob die Gleitspannung durch Horizontalbelastung unter dem zulässigen Gleitwiderstand liegt für die Gleitflächen zwischen 1) Boden und Sauberkeitsschicht und zwischen 2) Sauberkeitsschicht und der mittragenden Fläche des Fundamentes. $\tau_{Ed} \leq \tau_{Rd}$ und $\tau_{Ed2} \leq \tau_{Rd2}$

Berechnung gemäß EC7

Nach Eurocode 7 gibt es verschiedene Bemessungsvarianten (Design Approaches DA). Dieses sind bestimmte Kombinationen der Teilsicherheitsbeiwerte für Belastung, Materialeigenschaften und Widerstände. Die Teilsicherheitsbeiwerte der Belastung werden mit A1, A2, die des Materials mit M1, M2, und die des Widerstandes mit R1, R2, R3 bezeichnet (siehe *EN 1997-1:2004, Anhang A*).

Jede Bemessungsvariante besteht aus folgender Kombination von Teilsicherheitsbeiwerten:

Bemessungsmethode		*Kombination*	*Belastung*	*Materialeigenschaften*	*Widerstand*
DA1	Kombination 1	ULS	A1	M1	R1
	Kombination 2	SLS	A2	M2	R1
DA2		ULS	A1	M1	R2
DA3		SLS	A2	M2	R3

Das Programm prüft A1+M1+R1 (DA1 / 1) und A1+M1+R2 (DA 2) für kritische ULS Kombinationen, sowie A2+M2+R1 (DA1 / 2) und A2+M2+R3 (DA3) für kritische SLS Kombinationen. Das heißt für jede kritische Kombination werden zwei Fälle untersucht.
Falls die Bemessung für eine vom Benutzer definierte Lastkombination erfolgen soll, sollte diese zu ULS oder SLS gesetzt werden, da andernfalls das Fundament überdimensioniert sein könnte.
Der Tragwiderstand ist: $q_{Rd} = s_\gamma \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot 0.5 + s_q \cdot q \cdot N_q \cdot i_q \cdot b_q + s_c \cdot c \cdot N_c \cdot i_c \cdot b_c$

Beim Gleitsicherheitsnachweis prüft das Programm, ob die folgende Bedingung zwischen Fundamentbeton und Sauberkeitsschicht sowie zwischen Sauberkeitsschicht und Boden erfüllt ist:

$$H_d \leq R_d + R_{p,d}$$

wobei H_d die einwirkende Horizontalkraft ist und R_d der Reibwiderstand. $R_{p,d}$ ist der passive Erdwiderstand an der eingebundenen Fundamentkante.
Den Schubwiderstand erhält man aus der Gleichung: $R_d = V_d \operatorname{tg} \delta_d$
wobei V_d ist die einwirkende Vertikalkraft und δ_d ist der Reibungswinkel: $\delta_d = \operatorname{arctg}\left(\frac{\operatorname{tg}\varphi}{\gamma_\varphi}\right)$
wobei φ der Winkel der inneren Reibung und γ_φ der Sicherheitsfaktor des Reibungswiderstandes entsprechend der Bemessungsvariante ist.

Durchstanznachweis

Der Schubwiderstand ($v_{Rd,max}$) des Fundamentes am Rande der Stütze wird ermittelt und es wird die erforderliche Schubbewehrung berechnet.
Dabei wird die Stanzkraft durch die Bodenreaktion der mittragenden Fläche, die innerhalb des kritischen Stanzkegels liegt, reduziert.
Der Stanznachweis gelingt, wenn $v_{Ed} \leq v_{Rd}$
Ohne Durchstanzbewehrung

$$v_{Rd} = \min\begin{Bmatrix} v_{Rd,c} \\ v_{Rd,max} \end{Bmatrix}$$

Mit Durchstanzbewehrung

$$v_{Rd} = \min\begin{Bmatrix} v_{Rd,cs} \\ v_{Rd,max} \end{Bmatrix}$$

Warnungen und Fehlermeldungen:

Wenn $v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$, ist keine Durchstanzbewehrung erforderlich.
Wenn $v_{Rd,max} > v_{Ed} > v_{Rd,c}$, Durchstanzbewehrung ist erforderlich.
Wenn $v_{Ed} > v_{Rd,max}$, versagt die Fundamentplatte auf Durchstanzen;
die Plattendicke oder der Stützenquerschnitt muss vergrößert werden.

Für abgetreppte oder gevoutete Fundamente wird die Größe des Sockels aus dem Durchstanznachweis ohne Berücksichtigung der speziellen Form ermittelt.

Definition Fundament-setzung

Die elastische Deformation der Bodenschichten wird aus der Zusatzspannung die aus der Belastung kommt, berechnet. Die aus der Belastung stammende Spannung in Tiefe z unter der Mitte des mittig belasteteten Fundamentes (nach *Boussinesq-Steinbrenner*)

$$\sigma_z = \frac{4\sigma_0}{2\pi}\left\{\arctan\left[\frac{b}{z}\cdot\frac{a(a^2+b^2)-2az(R-z)}{(a^2+b^2)(R-z)-z(R-z)^2}\right]+\frac{bz}{b^2+z^2}\cdot\frac{a(R^2+z^2)}{(a^2+z^2)R}\right\}$$

indem
der Abstand zwischen dem charakteristischem Punkts un den Mittelachsen sind *0.37B*' und *0.37L*'.
a und *b* sind die Größen der vier Teile eines belasteten Rechtecks nach folgender Tabelle:

a	b

I.	$(0.5 - 0.37) \cdot L'$	$(0.5 - 0.37) \cdot B'$
II.	$(0.5 + 0.37) \cdot L'$	$(0.5 - 0.37) \cdot B'$
III.	$(0.5 + 0.37) \cdot L'$	$(0.5 + 0.37) \cdot B'$
IV.	$(0.5 - 0.37) \cdot L'$	$(0.5 + 0.37) \cdot B'$

Wenn $a < b$, werden die Werte getauscht.

σ_0 Bodenspannung auf der Fundamentunterseite aus der Belastung (inklusive des Fundament- und Auffüllungsgewichts), abzüglich des Gewichtes des enfernten Bodens überhalb der Fundamentunterseite und $R = \sqrt{a^2 + b^2 + z^2}$.
Diese Spannungberechnung ist gültig für den homogenen Halbraum
Im Fall von geschichtetem Boden müssen die wirksamen Bodenschichtdicken berechnet werden.

$$h_{i,eq} = h_i \cdot \left(\frac{E_{s,i}}{E_{s,ref}} \cdot \frac{\rho_{s,ref}}{\rho_{s,i}} \right)^{2/5}$$

wobei

$h_{i,eq}$ die wirksame Dicke der Bodenschicht *i.*
h_i die Dicke der Bodenschicht *i.*
$E_{s,ref}$ Elastizitätsmodul der Basisschicht
E_{si} Elastizitätsmoduls der Bodenschicht *i.*
$\rho_{s,ref}$ Raumgewicht der Basisschicht
$\rho_{s,i}$ Raumgewicht der Bodenschicht *i.*

Das Programm unterteilt die von dem Benutzer angegebenen Bodenschichte in Unterschichten mit Dicke 10 cm. Auf den unteren Ebenen dieser Schichten werden die aus dem Bodengewicht stammende Spannungen, sowie aus der Belastung hervorgerufenen Zusatsspannungen berechnet.
Die Dickenänderung der Unterschichten wird gemäß den nachstehenden Formeln brechnet

$$\Delta h_i = h_i \frac{\sigma_{ai}}{E_{si}}; \;\; \sigma_{ai} = \frac{\sigma_{i-1} + \sigma_i}{2}$$

wobei

σ_{ai} Durchschnittliche Zusatzspannung aus der Belastung in der Unterschicht i.
σ_{i-1} Zusatzspannung aus der Belastung auf der oberen Ebene der Unterschicht i.
σ_i Zusatzspannung aus der Belastung auf der unteren Ebene der Unterschicht i.
E_{si} Elastizitätsmoduls der Unterschicht i.

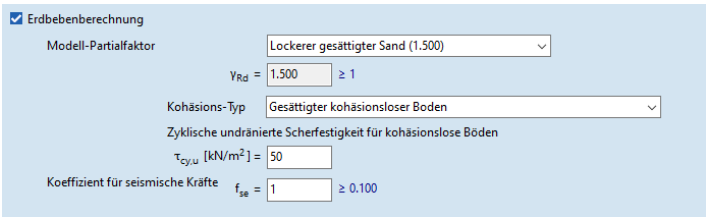
Die Setzung in bestimmter Tiefe wird als Summe der elastischen Deformation der über dieser Tiefe liegenden Unterschichten berechnet.

$$s_m = \sum_{i=0}^{m} \Delta h_i$$

Das Programm berechnet die Grenztiefe aus der Bedingung $\sigma = 0.2 \cdot \sigma_{ob}$ (das ist die Tiefe wo die aus Belastung entstehende Zusatzspannung unter 20% der Spannung aus Bodeneigengewicht fällt). Falls die Grenztiefe tiefer als das untere Ende des Schichtaufbaus zu liegen kommt, wird die Setzung an diesem untersten Punkt des Schichtaufbaus berechnet.
Falls die durch Belastung verursachte Spannung auf der Fundamentunterseite kleiner als die Spannung aus den gewachsenen Bodenschichten ist, wird keine Setzungsberechnung durchgeführt.
AxisVM berechnet die Setzung für alle Lastfälle uns alle SLS Kombinationen. Spannungs- und Setzungsfunktionen werden für den gewählten Lastfall angezeigt. Setzungsfunktion s(z) ist ist die Gesamtsetzung der Schichten oberhalb der Tiefe z.

Erdbebennachweis

Wenn die Schwingungsanalyse abgeschlossen ist und die Erdbebenlasten erzeugt werden, kann ein Erdbebennachweis der Fundamente durchgeführt werden. Geben Sie folgende Parameter ein



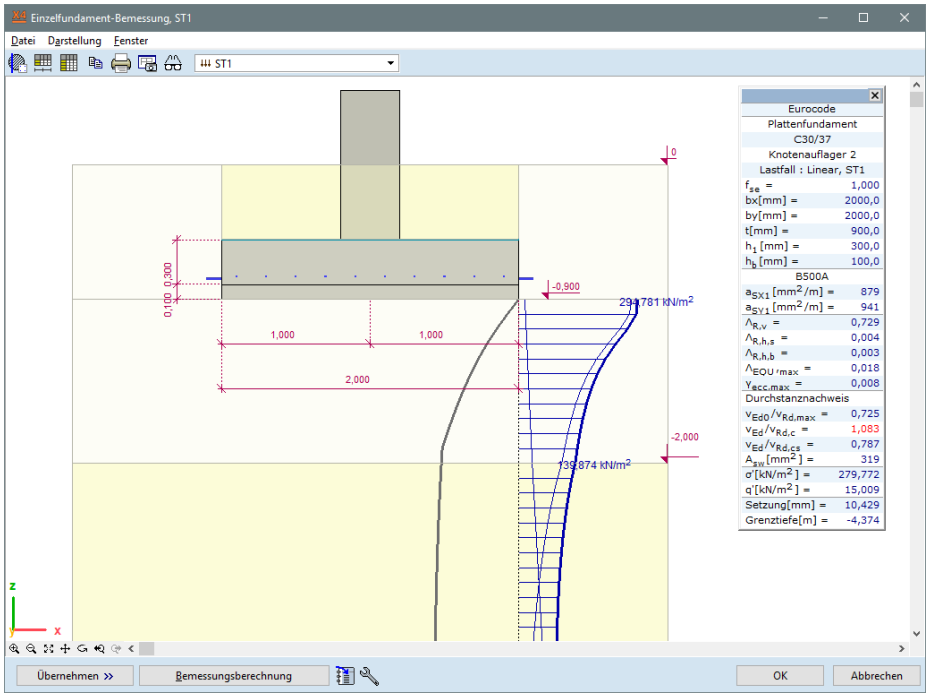
Die Erdbebensicherheit des Fundaments wird nach EN 1998-5 Anhang F nachgewiesen. Insbesondere die undrainierte zyklische Scherfestigkeit von kohäsionslosen Böden (τcy,u) muss sorgfältig bestimmt werden.

SIA

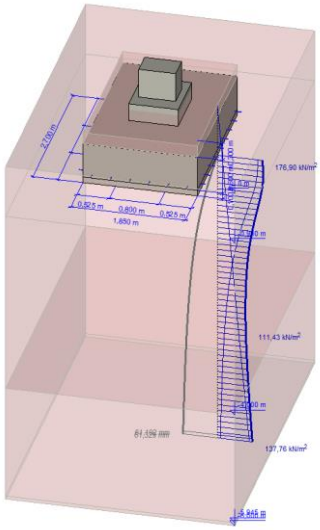
Geotechnische Nachweise werden nach EN 1997-1 geführt unter Verwendung der Teilsicherheitsbeiwerte nach SIA. Die Bewehrungsbemessung erfolgt nach SIA 262, der Durchstanznachweis wird geführt wie unter *6.5.13 Durchstanznachweis – RC3 Modul* beschrieben.

Fundamentbemessung

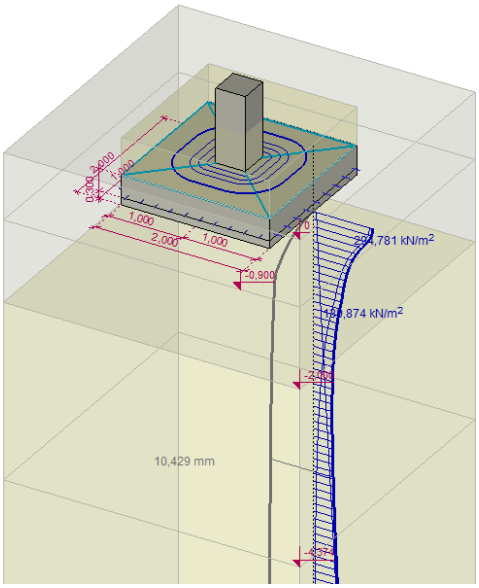
Das berechnete Fundament wird in der Draufsicht mit Bodenschichten, Stanzkegel und Maßketten automatisch dreidimensional dargestellt. Man kann das Fundamentmodell genauso wie das Gesamtmodell zoomen, drehen und verschieben.

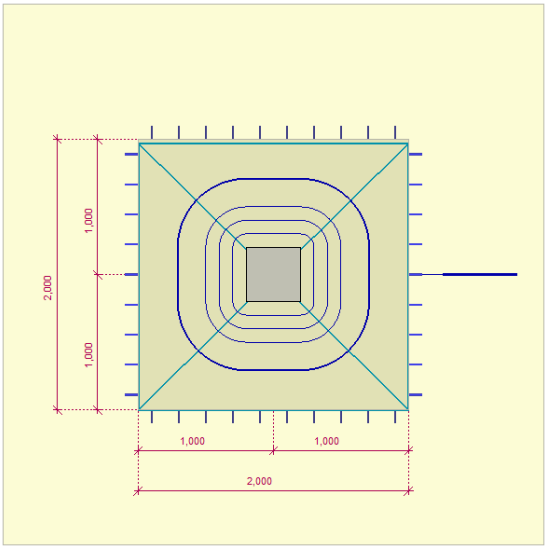


Falls die Anzeige der Fundamentsetzung eingeschaltet ist (s. Anzeigeparameter) , zeigt ein dickes blaues Diagramm die Gesamtspannung in Funktion der Tiefe. Das dünne Diagramm zeigt die Spannung infolge Belastung und Bodeneigengewicht.



Das erste nimmt mit der Tief ab, das zweite zu. Die horizontalen Linien sind die Begrenzungen der Unterschichten. Das graue Diagramm auf der anderen Seite der Achse ist die Setzungskurve.
Die Setzung, welche im Infofenster angezeigt wird, ist der Wert der Setzungskurve in der Grenztiefe (das ist die Tiefe wo die aus Belastung entstehende Zusatzspannung unter 10% der Spannung aus Bodeneigengewicht fällt). Falls die Grenztiefe tiefer als das untere Ende des Schichtaufbaus zu liegen kommt, wird die Setzung an diesem untersten Punkt des Schichtaufbaus berechnet.





Falls die Spannung infolge Belastung am untersten Ende des Schichtaufbaus immer noch grösser ist als 10% der Spannung aus Bodeneigengewicht, kann die Grenztiefe nicht bestimmt werden, da der dazu benötigte weitere Schichtaufbau nicht bekannt ist. In einem solchen Fall wird als Setzungswert derjenige für das unterste Ende des Schichtaufbaus angezeigt.
Um die Setzungsabschätzung zu verbessern, sollte der Schichtaufbau noch weiter in die Tiefe definiert werden.

Fundament Schnittkräfte



Diese Tabelle listet die Fundamentschnittkräfte und Reaktionskräfte einschließlich der errechneten Geometrieabmessungen auf.
Da die Auflagerkräfte im lokalen System des Auflagers berechnet werden, sind die x- und y-Richtungen die lokalen x- und y-Richtungen des Auflagers. Wenn die Auflager global sind, sind dies die globalen x- und y-Richtungen. Symbole:

Rx, Ry, Rz, Rxx, Ryy, Rzz	Auflagerkräfte
q_{Ed}	Bodenpressung Einwirkung
q_{Rd}	Bodenpressung Widerstand
q_{Ed}/q_{Rd}	Ausnützungsgrad des Bodens
ax(u)	Untere Bewehrung in lokaler *x* Richtung (falls berechnet)
ay(u)	Untere Bewehrung in lokaler y Richtung (falls berechnet)
ax(o)	Obere Bewehrung in lokaler *x* Richtung (falls berechnet)
ay(o)	Obere Bewehrung in lokaler y Richtung (falls berechnet)
τ_{Ed}/τ_{Rd}	Ausnützungsgrad der Gleitsicherheit zwischen Fundament und Sauberkeitsschicht.
τ_{Ed2}/τ_{Rd2}	Ausnützungsgrad der Gleitsicherheit zwischen Sauberkeitsschicht und Boden.
v_{Ed}/v_{Rd}	Durchstanz-Ausnützungsgrad (für einfache Plattenfundamente)
Setzung	Die berechnete Fundamentsetzung
bx, by	Fundamentplattengrösse in *x* und *y* Richtung
dx, dy**	Köchergröße in *x* und *y* Richtung
ex, ey**	Exzentrizität des Köcherschwerpunktes in *x* und *y* Richtung

Detaillierte Schnittkräfte

Es werden in der Tabelle die Schnittkräfte des Fundamentes angezeigt und die folgenden Ergebnisse:

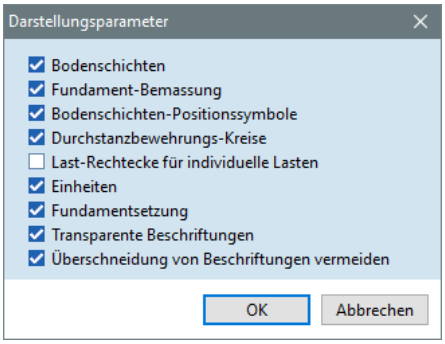
Ausführungsvariante	Ausführungsvariante des berechneten Ergebnisses
c_x, c_y	*x* und *y* Länge des effektiven Rechtecks
e_x, e_y	Exzentrizität der Belastung in *x* und *y* Richtung
Rebars xb	Bewehrung unten in *x* Richtung (falls berechnet)
Rebars yb	Bewehrung unten in *y* Richtung (falls berechnet)
Rebars xt	Bewehrung oben in *x* Richtung (falls berechnet)
Rebars yt	Bewehrung oben in *y* Richtung (falls berechnet)
τ_{Ed}	Reibungskraft der Einwirkung zwischen Fundament und Sauberkeitsschicht
τ_{Rd}	Reibungswiderstand zwischen Fundament und Sauberkeitsschicht
τ_{Ed2}	Reibungskraft der Einwirkung zwischen Boden und Sauberkeitsschicht
τ_{Rd2}	Reibungswiderstand zwischen Boden und Sauberkeitsschicht
V_{Rdc}	Kleinster Schubwiderstand ohne Schubbewehrung
V_{Rdmax}	Größter Schubwiderstand ohne Schubbewehrung
V_{Rdcs}	Schubwiderstand mit Schubbewehrung
u_1	Länge der kritischen Linie des Stanzkegels
A_{sw}	Erforderliche Schubbewehrung im Stanzbereich
Spannungsverhältnis	Quotient der aus der Belastung stammenden Zusatzspannung und aus dem Bodengewicht stammenden Spannung (wenn die Bodenschichtsordnung die Grenztiefe noch nicht erreicht hat, ist es > 0,1)
Grenztiefe	die Tiefe, in der das Spannungsverhältnis den Wert 0,1 erreicht (wenn die Grenztiefe nicht im angegebenen Bodenschichtaufbau liegt, wird hier ein ? erscheinen)

Kopieren der Abbildung in die Zwischenablage

Drucken der Abbildung

Speichern der Abbildung in der Bildbibliothek

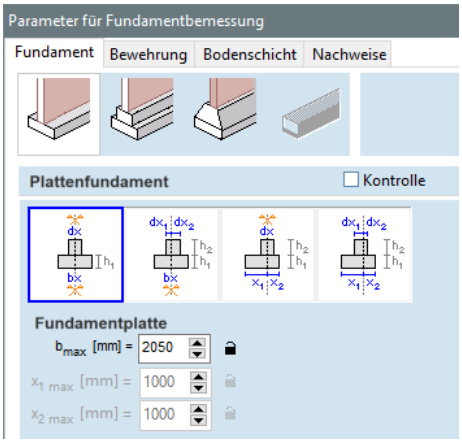
Anzeigeparameter:
Ein- und Ausschalten von Einzelheiten in der Abbildung



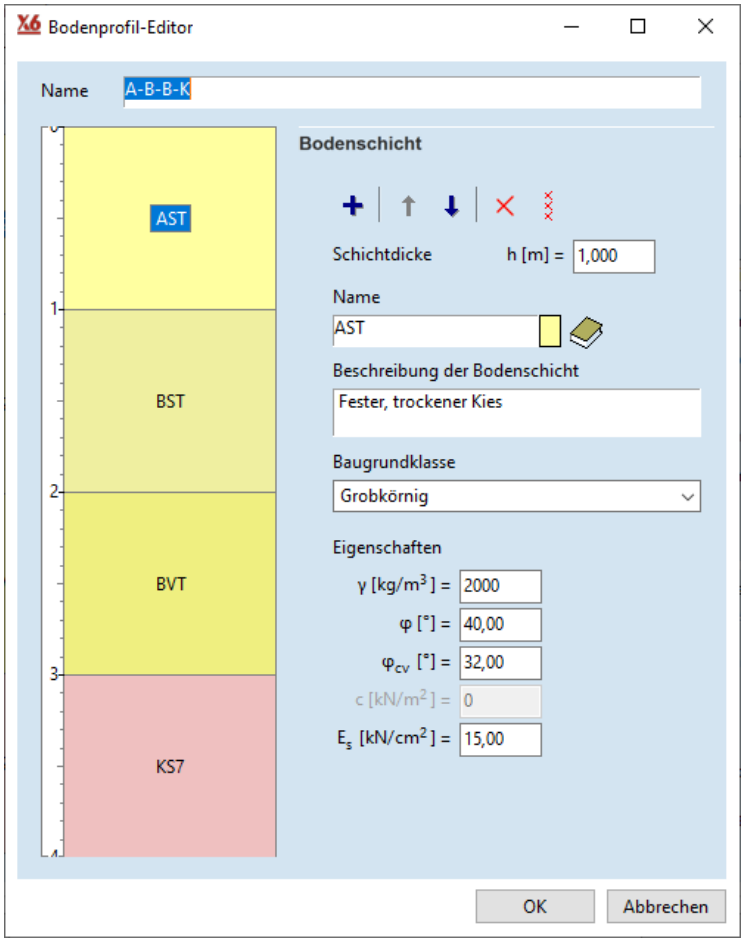
6.5.14.2. Bemessung Streifenfundament



AxisVM kann die erforderlichen Abmessungen und Bewehrungen von Streifenfundamenten ermitteln und kontrolliert das Fundament bezüglich Gleitsicherheit und Durchstanzen gemäß Eurocode7 und MSz. Auch die Setzung des Fundamentes wird ermittelt.
Die Bemessung von Streifen-fundamenten verläuft analog wie diejenige für Einzelfundamente. Es müssen zwingend die Geometrie-parameter eingegeben werden.



6.5.14.3. Bodenschichten-Editor



Mit dem Editor kann ein Bodenprofil bearbeitet oder neu erstellt werden.
Das Feld *Name* kann auch verwendet werden, um ein vorhandenes Bodenprofil umzubenennen. Nachdem Sie ein Bodenprofil des Modells (oder der Bibliothek) bearbeitet haben, können Sie das ursprüngliche Profil überschreiben oder dem Modell (bzw. der Bibliothek) ein neues hinzufügen. Klicken Sie links auf das Bodendiagramm, um eine Schicht auszuwählen (oder verwenden Sie die Pfeiltasten oben/unten). Die Parameter der ausgewählten Schicht können rechts bearbeitet werden.



Neue Bodenschicht hinzufügen
Fügt unten eine neue Bodenschicht mit der aktuellen Dicke und den aktuellen Parametern hinzu. Die Position der Schicht kann mit den Pfeilen eingestellt werden



Nach oben
Verschiebt die Schicht über die darüberliegende Schicht



Nach unten
Verschiebt die Schicht über die darunterliegende Schicht



Bodenschicht löschen
Löscht die ausgewählte Bodenschicht vom Bodenprofil



Alle löschen
Löscht alles Bodenschichten

Eigenschaften er Bodenschicht

Geben Sie die *Schichtdicke (h),* einen kurzen Schichtnamen, die Schichtfarbe (zum Bearbeiten auf das farbige Rechteck klicken) und eine Beschreibung des Bodens ein. Das Bodenprofildiagramm zeigt nur den Kurznamen an.

Die in den Berechnungen verwendeten Bodenparameter sind:

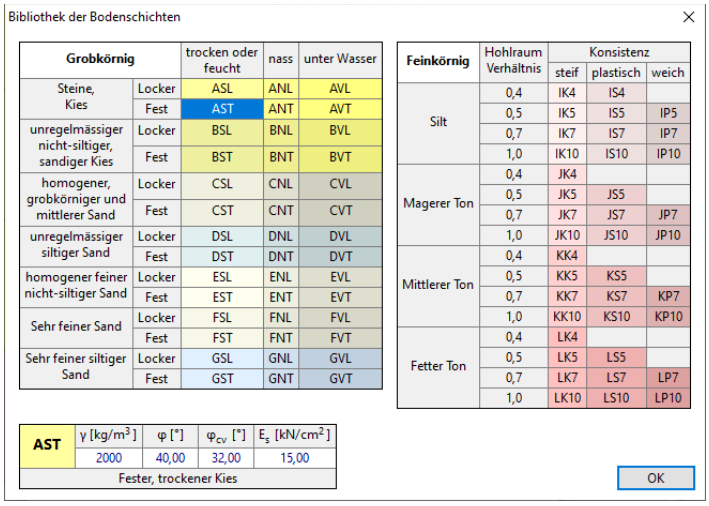
Bodentyp	*Grobkörnig, Grobkörnig im Grundwasser* oder *Feinkörnig*
γ [kg/m3]	Wichte
φ [°]	Innerer Reibungswinkel
φ cv [°]	Kritischer Sohlreibungswinkel
c [kN/m2]	Kohäsion (nur für feinkörnige Böden)
Es	Zusammendrückungsmodul

Bodenprofilbibliothek

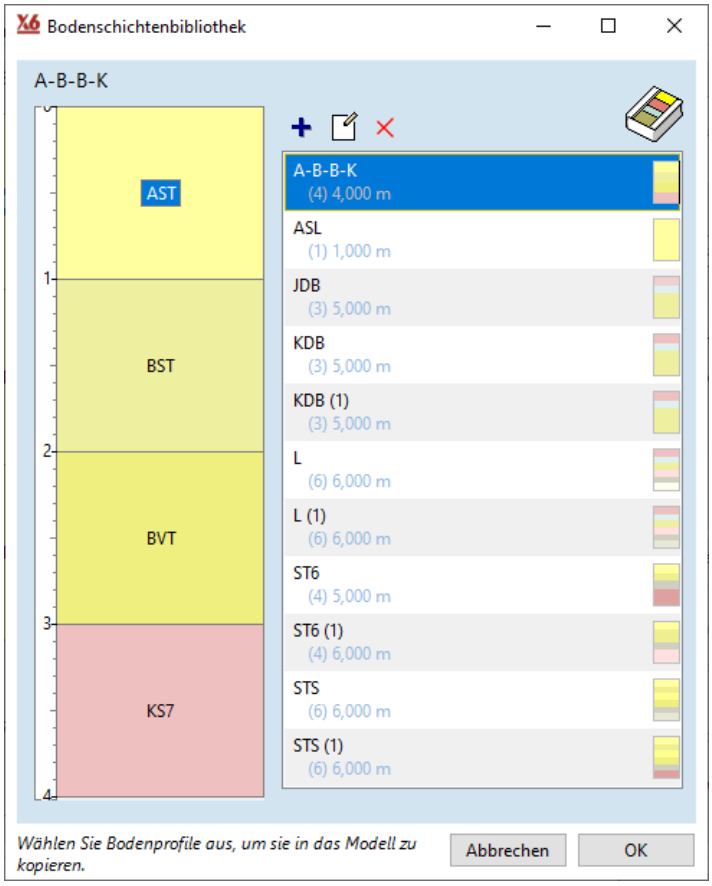


Ein Klick auf die Schaltfläche *Bodenprofilbibliothek* öffnet einen Dialog zur Auswahl eines vordefinierten Materials. Unten werden die Eigenschaften des ausgewählten Materials angezeigt.

Ein Klick auf OK oder ein Doppelklick auf eine Zelle *kopiert die Parameter des ausgewählten Bodens in die aktuelle Schicht.*



6.5.14.4. Bodenschichtenbibliothek



In der Bodenprofilbibliothek gespeicherte Bodenprofile sind für jedes Modell verfügbar.
Die Liste ist in alphabetischer Reihenfolge. Die Anzahl der Schichten wird in Klammern unter dem Namen des Profils angezeigt, gefolgt von der Tiefe des Bodenprofils. Rechts wird eine Vorschau des Profils angezeigt.
Die Mehrfachauswahl ist auf die übliche Weise verfügbar (Ctrl + Klicken, um einzelne Elemente zur Auswahl hinzuzufügen, Umschalt + Klicken, um alles aus dem ausgewählten Element auszuwählen).

Bodenprofil hinzufügen
Der Bodenprofil-Editr wird gestartet und die dort erstellten Schichtprofile können in der Bibliothek gespeichert werden.

Bodenprofil bearbeiten
Ermöglicht die Bearbeitung im Bodenprofil-Editor. Das vorhandene Profil kann überschrieben oder das geänderte Profil der Bibliothek hinzugefügt werden.

Bodenprofil aus der Bibliothek löschen
Entfernt die ausgewählten Profile aus der Bibliothek.

6.5.15. Bemessung von Stahlbetonkernen und -wänden – RC5 modul

RC5 bietet Werkzeuge zur Zuordnung von Bewehrung zu bewehrten Kernen und Wänden und zur Durchführung von Bemessungen von Kernen/Wänden, die Biege- und Axialkräften ausgesetzt sind.

Eine andere Bewehrung als die glatte Flächenbewehrung (**siehe...** *6.5.1 Parameter der Flächenbewehrung und Bewehrungsberechnung - RC1 Modul*) kann virtuellen Trägern oder Streifen zugeordnet werden (**siehe...** *2.16.16 Virtuelle Stäbe*) durch Anklicken des Symbols in der Stahlbetonbemessungs-Symbolleiste oder durch Anklicken der Achse eines virtuellen Trägers/Strangs. Das Symbol ist nur verfügbar, wenn 1) das Modell einen Stahlbetonbereich enthält, 2) mindestens einen virtuellen Träger/Streifen enthält und 3) statische oder dynamische Ergebnisse berechnet wurden.

Wählen Sie zunächst einen vorhandenen virtuellen Träger oder Streifen aus. Die Auswahl ist nicht richtig, wenn

- weder ein virtueller Träger noch ein virtueller Streifen ausgewählt wurde.
- Mehr als ein virtueller Träger/Streifen ausgewählt wurde.
- Der ausgwählte virtuelle Träger/Streifen nicht-Beton-Bereiche aufweist.
- Der ausgewählte virtuelle Träger/Streifen nicht kontinuierlich ist.
- Der Querschnitt des virtuellen Trägers / Streifens nicht unterstützt wird (z.B. variabler Querschnitt).
- Der ausgewählte virtuelle Träger/Streifen nicht vertikal ist (max. 15° Abweichung ist zulässig).
- Der ausgewählte virtuelle Träger/Streifen einen automatischen Querschnitt hat, aber eine mit einem der Bereiche verbundene Rippe nicht aus Beton ist.

Nach Abschluss der Auswahl erscheint der Dialog Stahlbetonkerne und -wände. In diesem Dialog sollen den Kernen und Wänden Geschosse und Bewehrungen zugeordnet und die Bemessung durchgeführt werden.
Der Dialog hat drei Register: *Virtuelle Träger, Virtuelle Streifen, Ausnutzung.*

Virtuelle Träger

Für die Bemessung von Stahlbetonkernen können virtuelle Balken verwendet werden, unter der Annahme, dass die Querschnitte vor und nach der Belastung etwa eben bleiben. Diese Annahme kann bei grossen und kurzen Kernen und bei Vorhandensein eines erheblichen Wölbtorsionsmoments falsch sein, wenn der Querschnitt empfindlich gegenüber Wölbungseffekten ist.
Mit diesem Modul können Stahlbetonwände (virtuelle Streifen) oder -kerne (virtuelle Balken) unter Biegung und Normalkraft (M-N-Interaktion) untersucht werden. Die Überprüfung des Schubwiderstandes steht nur für virtuelle Streifen zur Verfügung. Die Ausnutzung auf Querkraft kann der M-N-Ausnutzung aufaddiert werden. Im Fall von komplexen Kernen kann die Überprüfung des Schubnachweises nur für einzelne virtuelle Streifen durchgeführt werden.
Für exzentrische Schnittkräfte (M-N) wird die Bemessung von Stahlbeonkernen ähnlich zur Bemessung von Stahlbetonstützen durchgeführt.
Das N_x–M_y–M_z Interaktionsdiagramm des Querschnitts wird berechnet und es wird überprüft, ob der Punkt, welcher $N_{x,Ed}$, $M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$ repräsentiert, innerhalb des Diagramms liegt. Die Bemessung der Bewehrung erlaubt keine Festlegung eines Knickbeiwerts, da moderne Bemessungsregeln (z.B. EN 1992-1-1-1) Verfahren zur Berücksichtigung der Auswirkungen von **Imperfektionen** und **Auswirkungen zweiter Ordnung** auf die strukturelle Ebene beinhalten. **Bei Stahlbetonkernen wird davon ausgegangen, dass die integrierten Bemessungs-Schnittgrössen den Einfluss von Imperfektionen und Effekten zweiter Ordnung beinhalten.**

Virtuelle Streifen

Virtuelle Streifen können bei der Bemessung von Wandenden oder Wandelementen unter Berücksichtigung möglicher Knickversagen der Wand zwischen den Böden verwendet werden. Das Programm ist in der Lage, die zusätzlichen Exzentrizitäten aus Imperfektionen und Effekten zweiter Ordnung für ein Stockwerk zu berechnen. Addiert man sie zu den anfänglichen Exzentrizitäten (berechnet aus den integrierten Schnittgrössen), berechnet das Programm die Schnittgrössen $N_{x,Ed}$, $M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$. **Es wird davon ausgegangen, dass die integrierten Bemessungsschnittgrössen den Einfluss von Imperfektionen und Effekten zweiter Ordnung auf die strukturelle Ebene beinhalten.**
Die Bemessung erfolgt gleich wie bei Stahlbetonkernen. Das N_x–M_y–M_z Interaktionsdiagramm des Querschnitts wird berechnet und es wird überprüft, ob der Punkt, welcher $N_{x,Ed}$, $M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$ repräsentiert, innerhalb des Diagramms liegt.

Ausnutzung

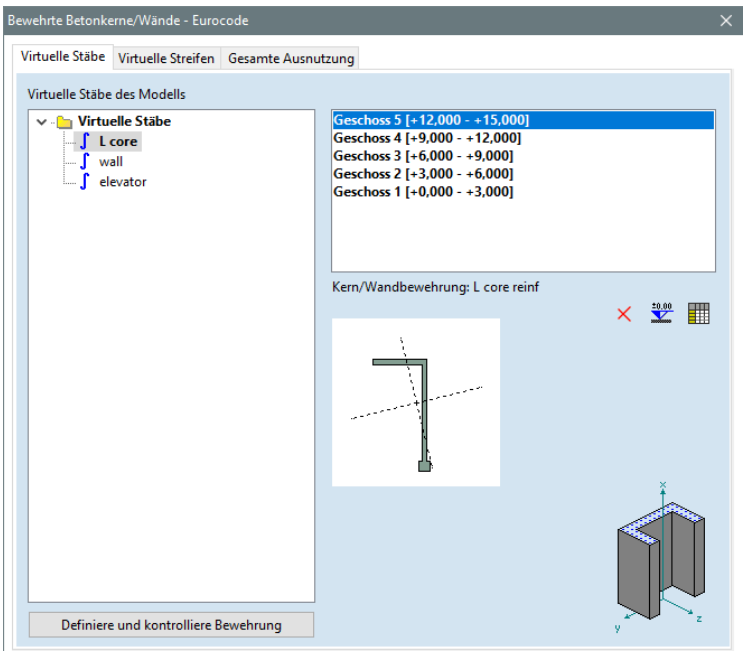
Die Gesamtausnutzung besteht darin, die Ausnutzung aus den Bemessungsergebnissen von Stahlbetonkernen, die mit virtuellen Trägern berechnet wurden, und die Ausnutzung aus den Bemessungsergebnissen von Wandenden/Segmenten, die mit virtuellen Streifen berechnet wurden, zu kombinieren. Die Kombination der beiden Nutzungswerte ist notwendig, da das N_x-M_y-M_z Interaktionsdiagramm der Kerne erstellt wird, ohne einen möglichen Stabilitätsverlust (und Festigkeitsverlust) der zusammengedrückten Wandenden und Innenwandsegmente zu berücksichtigen.
Um einen Stahlbetonkern zu modellieren, definieren Sie einen virtuellen Träger und eine Bewehrung für den gesamten Kern und berechnen Sie dessen Auslastung. Anschliessend werden für einzelne Kernabschnitte virtuelle Streifen definiert und deren Auslastung hinsichtlich des Stabilitätsverlustes berechnet. Das Programm unterstützt die Verwendung verschiedener Summierungsregeln (siehe unten).

Bei wöbungsempfindlichen Kernen und dem Vorhandensein erheblicher Torsionsmomente verformt sich das Profil und bleibt nach der Belastung nicht eben. Es wird empfohlen, in solchen Fällen die Bemessung der Wandelemente des Kerns separat durchzuführen, da das Profil nicht als Ganzes ausgelegt werden kann.

Virtuelle Träger

Virtuelle Träger des Modells

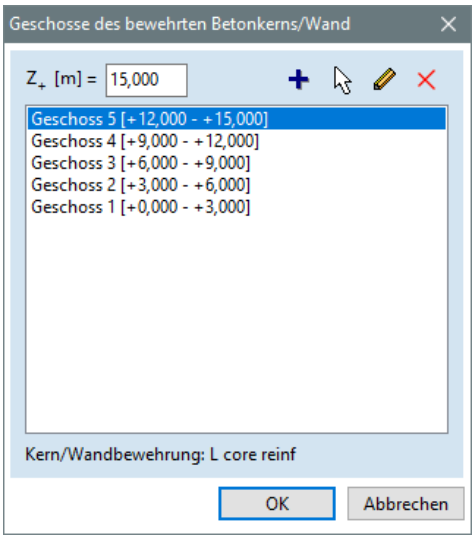
Der Baum auf der linken Seite zeigt die virtuellen Träger des Modells. Wenn dem virtuellen Träger Wandverstärkungen zugeordnet wurden, erscheint sein Name fettgedruckt. Wenn ein solcher virtueller Träger ausgewählt ist, werden die zugeordneten Stockwerke rechts aufgelistet. Geschosse mit tatsächlicher Bewehrung werden fett gedruckt.



Wird ein virtueller Träger ohne Stockwerke ausgewählt, bleibt die Liste leer und nur die mittlere Schaltfläche ist verfügbar. Klicken Sie auf diese Schaltfläche, um dem virtuellen Träger Geschosse zuzuordnen.



Bevor die Bewehrung definiert werden kann, müssen den virtuellen Trägern/Streifen Geschosse zugeordnet werden. Die Aufteilung des virtuellen Trägers in Stockwerke macht die Bewehrung wirtschaftlicher und effizienter, da sie Veränderungen der Schnittgrössen folgen kann.
Ein Stockwerk muss die Achse des ausgewählten virtuellen Trägers / Streifens schneiden. Bestehende Geschosse, die dieses Kriterium erfüllen, werden automatisch in die Liste aufgenommen (**siehe...** *3.3.4 Stockwerke*), aber die Geschosse, die einem virtuellen Träger oder Streifen zugeordnet sind, müssen nicht mit den Geschossen des Modells identisch sein.



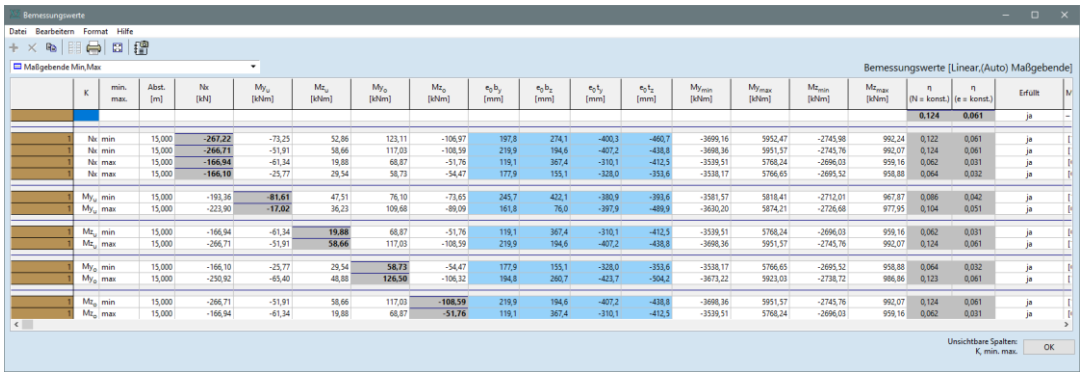
Geschosse können gelöscht (Löschsymbol), geändert (Bleistift) und neue Geschosse hinzugefügt werden (+ und Pfeil). Geschosse werden auf dem virtuellen Träger/Streifen gespeichert. Wenn dem virtuellen Träger/Streifen Geschosse zugeordnet sind, wird sein Querschnitt mit Kreisen auf der Achse des virtuellen Trägers/Streifens angezeigt, die Etagenbegrenzungen anzeigen.



Mit dieser Schaltfläche kann die Bewehrung aus dem ausgewählten Stockwerk gelöscht werden. Sie ist nur verfügbar, wenn dem Stockwerk eine Bewehrung zugeordnet ist.



Die Konstruktionsergebnisse der ausgewählten Etage des ausgewählten virtuellen Trägers sind in einer Tabelle zusammengefasst (siehe unten). Diese Schaltfläche ist nur verfügbar, wenn dem Stockwerk eine Bewehrung zugeordnet ist.



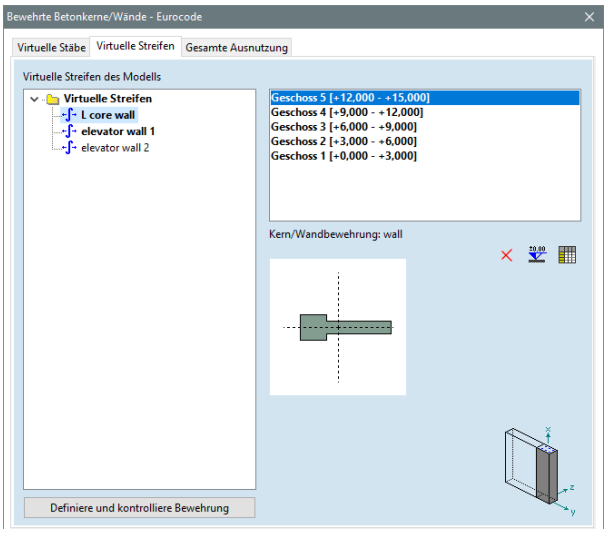
Definition und Nachweis der Bewehrung

Nach dem Klicken auf die Schaltfläche Bewehrung definieren und prüfen (oder auf ein Stockwerk doppelklicken) öffnet sich ein neuer Dialog (**siehe...** *6.5.15.1 Definition der Wand-/Kernbewehrung*) wo dem Stockwerk eine neue Bewehrung zugeordnet oder eine bestehende Bewehrung geändert werden kann.

☞ ***Anstatt auf die Schaltfläche Bewehrung definieren und überprüfen zu klicken, kann das Fenster auch geöffnet werden, indem ein Doppelklick auf das gewählte Stockwerk ausgeführt wird.***

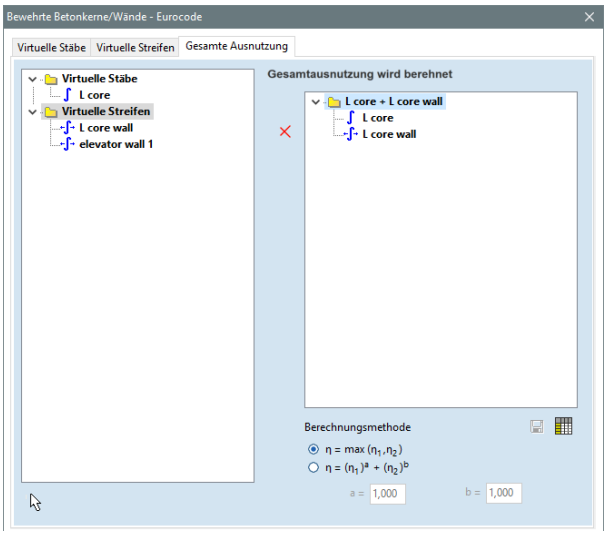
Virtuelle Streifen

Auf der Registerkarte Virtuelle Streifen stehen Ihnen die gleichen Funktionen und Schaltflächen zur Verfügung wie auf der Registerkarte Virtuelle Balken. Geschosse und Bewehrungen können virtuellen Streifen zugeordnet werden, mit denen Wandenden und Segmente modelliert und bemessen werden können.



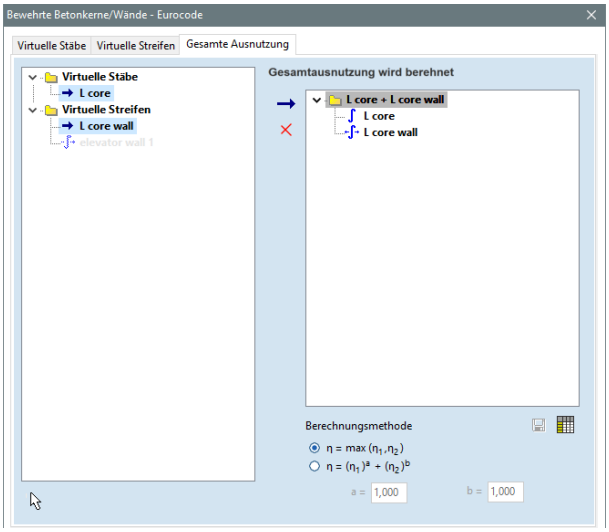
Ausnutzung

Auf der Registerkarte *Gesamtausnutzung* können virtuelle Träger-Streifen-Paare erstellt, gelöscht und geändert werden, die zur Berechnung der Gesamtauslastung von bewehrten Kernen und Wänden verwendet werden.



Virtuelle Träger und virtuelle Streifen im Modell

Der Baum auf der linken Seite zeigt virtuelle Träger und virtuelle Streifen, denen Wandbewehrungsstufen zugeordnet sind. Virtuelle Träger und Streifen mit fehlender tatsächlicher Bewehrung auf einem oder mehreren Stockwerken erscheinen rot. In diesem Fall kann die Gesamtausnutzung nicht für jedes Stockwerk berechnet werden.
Der linke Baum unterstützt die Mehrfachauswahl. Halten Sie die Strg-Taste gedrückt und klicken Sie auf Elemente, um sie der Auswahl hinzuzufügen. Ein virtueller Träger und ein virtueller Streifen können nur zugeordnet werden, wenn der ausgewählte virtuelle Träger und der virtuelle Streifen kompatibel sind. Wenn ein virtueller Träger ausgewählt wird, werden alle inkompatiblen virtuellen Streifen hellgrau markiert.



☞ ***Ein virtueller Träger und ein virtueller Streifen sind kompatibel, wenn sie die gleiche Anzahl Geschosse haben und ihre Geschosse identisch sind.***

Berechnung der Ausnutzung

Alle erstellten virtuellen Träger-Streifen-Paare sind auf der rechten Seite aufgelistet.



Diese Schaltfläche ist nur verfügbar, wenn auf der linken Seite ein virtueller Träger und ein kompatibler virtueller Streifen ausgewählt sind. Klicken Sie auf diese Schaltfläche, um ein neues virtuelles Träger-Streifen-Paar zur Liste hinzuzufügen. Der Name des Paares setzt sich aus den Namen des virtuellen Trägers und des virtuellen Streifens zusammen.



Mit dieser Schaltfläche kann ein virtuelles Träger-Streifen-Paar aus der Liste gelöscht werden.



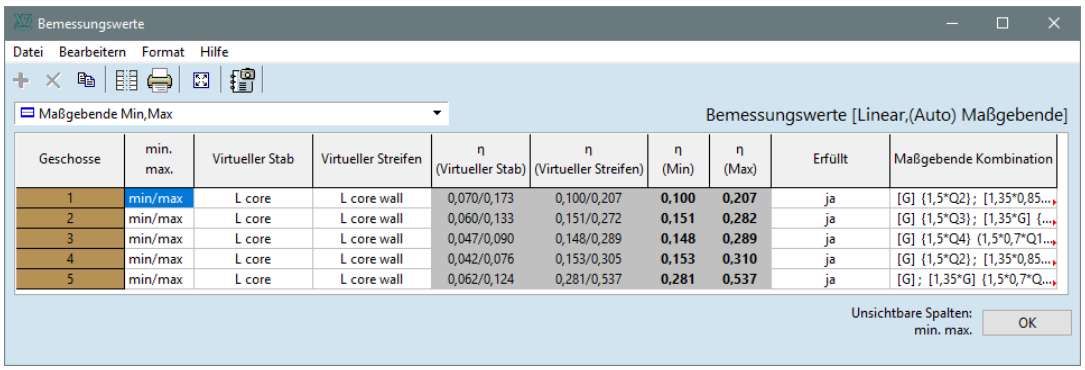
Die Kombinationsregel zur Berechnung der Ausnutzung des ausgewählten virtuellen Träger-Streifen-Paares kann unterhalb der Liste definiert werden. Es stehen zwei verschiedene Kombinationsregeln zur Verfügung.

$$\eta = \max(\eta_1, \eta_2) \quad \text{oder} \quad \eta = \eta_1^a + \eta_2^b$$

Die Standardregel ist die erste. Klicken Sie auf die Schaltfläche Speichern, um die Kombinationsregel des ausgewählten virtuellen Träger-Streifen-Paares zu ändern.



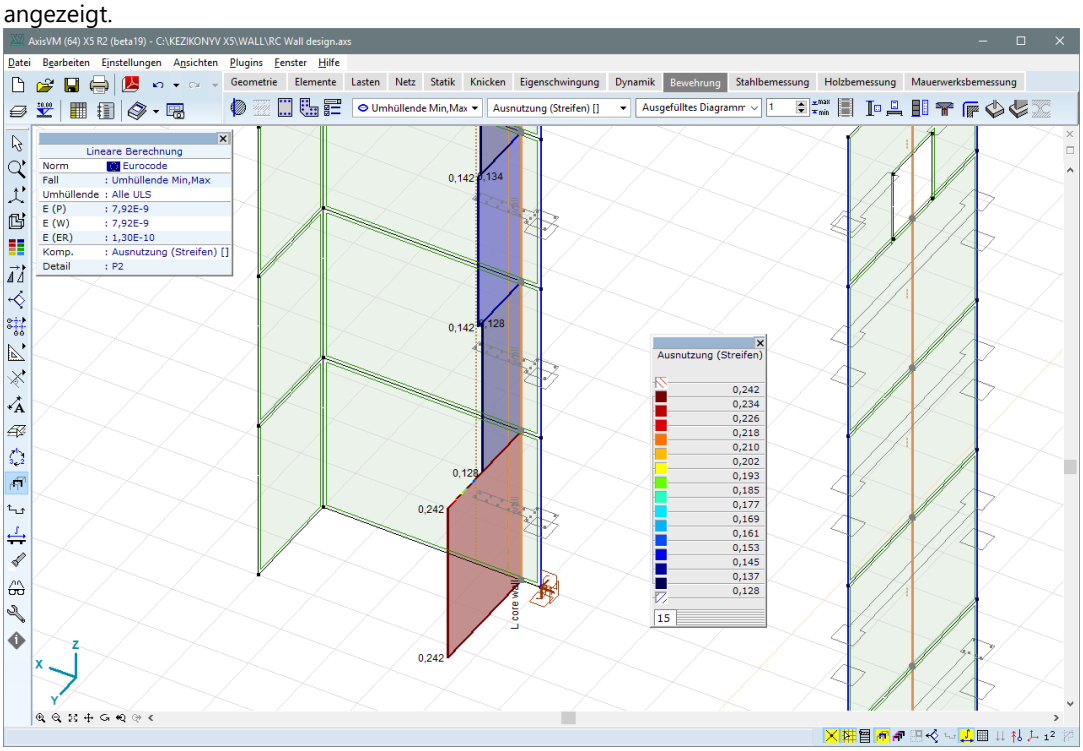
Klicken Sie auf die Schaltfläche Tabelle, um die Konstruktionsergebnisse des ausgewählten virtuellen Träger-Streifen-Paares zusammenzufassen, die in einer Tabelle dargestellt sind (siehe unten).



Geschosse	min. max.	Virtueller Stab	Virtueller Streifen	η (Virtueller Stab)	η (Virtueller Streifen)	η (Min)	η (Max)	Erfüllt	Maßgebende Kombination
1	min/max	L core	L core wall	0,070/0,173	0,100/0,207	**0,100**	**0,207**	ja	[G] {1,5*Q2}; [1,35*0,85...
2	min/max	L core	L core wall	0,060/0,133	0,151/0,272	**0,151**	**0,282**	ja	[G] {1,5*Q3}; [1,35*G] {...
3	min/max	L core	L core wall	0,047/0,090	0,148/0,289	**0,148**	**0,289**	ja	[G] {1,5*Q4} {1,5*0,7*Q1...
4	min/max	L core	L core wall	0,042/0,076	0,153/0,305	**0,153**	**0,310**	ja	[G] {1,5*Q2}; [1,35*0,85...
5	min/max	L core	L core wall	0,062/0,124	0,281/0,537	**0,281**	**0,537**	ja	[G]; [1,35*G] {1,5*0,7*Q...

Ansicht

Wenn dem virtuellen Träger/Streifen Geschosse und die tatsächliche Bewehrung zugeordnet sind, wird der Querschnitt mit Bewehrung mit Kreisen auf der Achse des virtuellen Trägers/Streifens dargestellt, die die Grenzen der Wandbewehrung angeben. Der Name der dem Stockwerk zugeordneten Bewehrung wird in der Nähe der Mitte des Stockwerks auf der Achse des virtuellen Trägers / Streifens angezeigt.



☞ ***Mit der Zuordnung von Geschossen und tatsächlicher Bewehrung zu virtuellen Trägern und Streifen weisen wir praktisch Bewehrung nicht vorhandenen Elementen (virtueller Träger und virtueller Streifen) zu, um die Spannungen in Bereiche und Oberflächen zu integrieren und eine Bemessung für die integrierten Schnittgrössen durchzuführen. Die angegebene Breite der virtuellen Streifen oder des definierten Geschosses entspricht nicht unbedingt den Grenzen der Bereiche oder des Finite-Elemente-Netzes. Aus diesem Grund sind Bewehrungsparameter und die Bewehrung unabhängig von Bewehrungsparametern (siehe…*** *6.5.1 Parameter der Flächenbewehrung und Bewehrungsberechnung - RC1 Modul****) und der einer Fläche zugeordneten Bewehrung (siehe…*** *6.5.2 Vorhandene Bewehrung****). Bewehrungsstatistik im Gewichtsbericht (siehe…*** *3.2.13 Gewichtsanalyse****) beinhaltet nicht die tatsächliche Bewehrung, die virtuellen Trägern und Streifen zugeordnet ist.***

6.5.15.1. Definition der Wand-/Kernbewehrung

Klicken Sie auf der Registerkarte Virtuelle Balken oder Virtuelle Streifen auf die Schaltfläche Bewehrung definieren und überprüfen, um die Parameter der Wand-/Kernbewehrung und der tatsächlichen Bewehrung im folgenden Dialog zu definieren (Beemssungvon Stahlbetonkern/Wand). Der Dialog ist dem Dialog zur Stützenbewehrung sehr ähnlich. **Siehe…** *6.5.4 Tatsächliche Bewehrung gegen zweiachsige Biegung (Stütze)* und *6.5.9 Bemessung der Stützenbewehrung RC2 Modul*.

Bewehrungs-stäbe

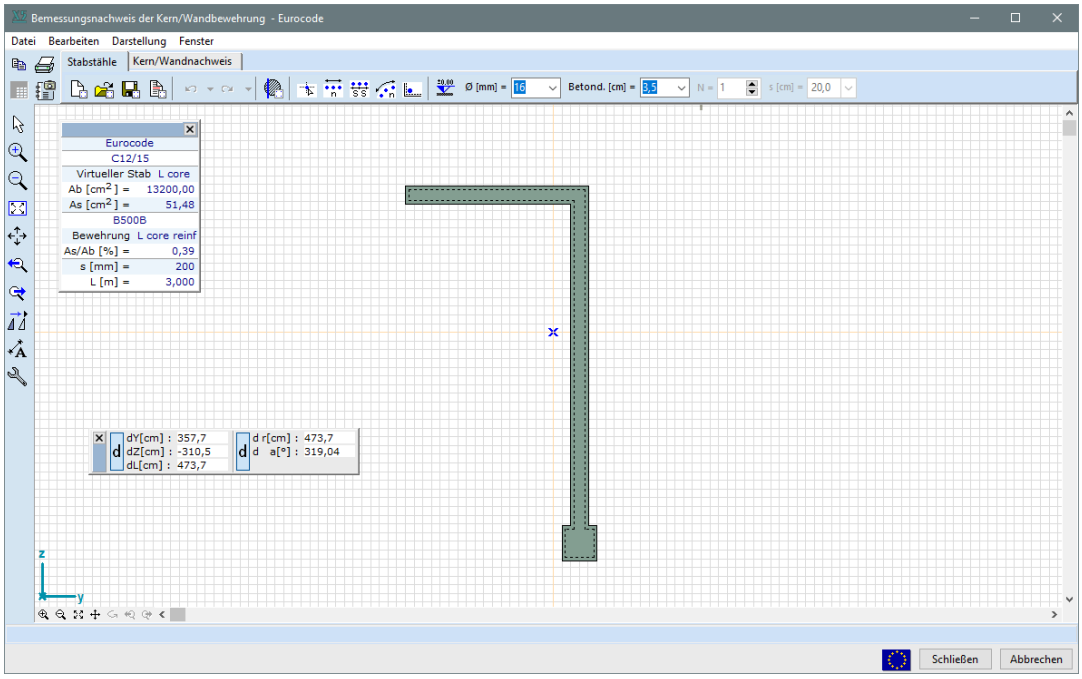
In dieser Registerkarte werden die Bewehrungsstahl- und Betonqualität, die Knickparameter (aus der Ebene, nur bei virtuellen Streifen) eingestellt und die Bewehrungsstäbe innerhalb des Wandquerschnitts platziert.

Querschnitt

Das Hauptfenster zeigt den Konstruktionsquerschnitt, der vom virtuellen Träger/Streifen übernommen wurde. Der Querschnitt virtueller Träger und Streifen kann automatisch aus den sich überschneidenden Flächenelementen erstellt oder vom Anwender definiert werden. Der Querschnitt kann hier nicht verändert werden, da er eine Eigenschaft des virtuellen Trägers/Streifens ist. Der Querschnitt kann nur im Fenster Virtuelle Träger geändert werden (**siehe…** *2.16.16 Virtuelle Stäbe*).

Lokales Koordinaten-system

Das lokale Koordinatensystem des virtuellen Trägers / Streifens spielt bei der Bemessung eine wichtige Rolle, da die Schnittgrössen aus den Spannungen in diesem Koordinatensystem integriert werden. Die Ausrichtung des bei der Bemessung des Stahlbetonkerns/Wandfensters dargestellten Querschnitts stimmt auch mit diesem lokalen Koordinatensystem überein.



Darstellung der Zeichnungs-bibliothek hinzufügen



Speichert die aktuelle Darstellung in der Zeichnungsbibliothek.

Neue Bewehrung



Eine neue Bewehrung definieren.

Zuletzt verwendete



Lädt zuvor definierte Bewehrungen.

Speichern



Speichert die Bewehrung.

Bewehrungs-liste



Liste der vorhandenen Bewehrungen.

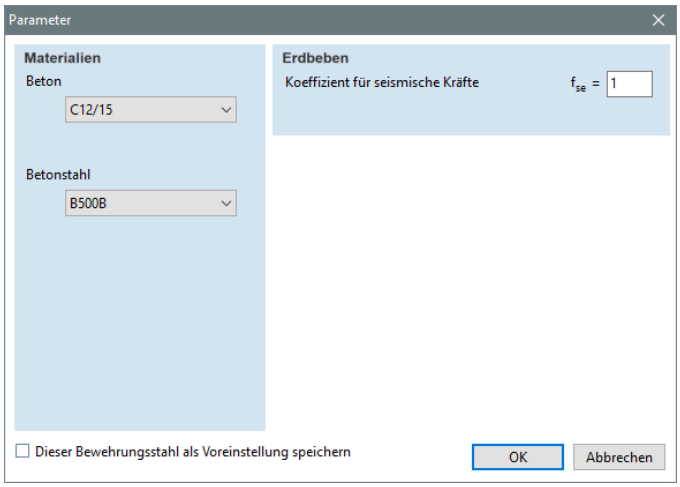
Parameter



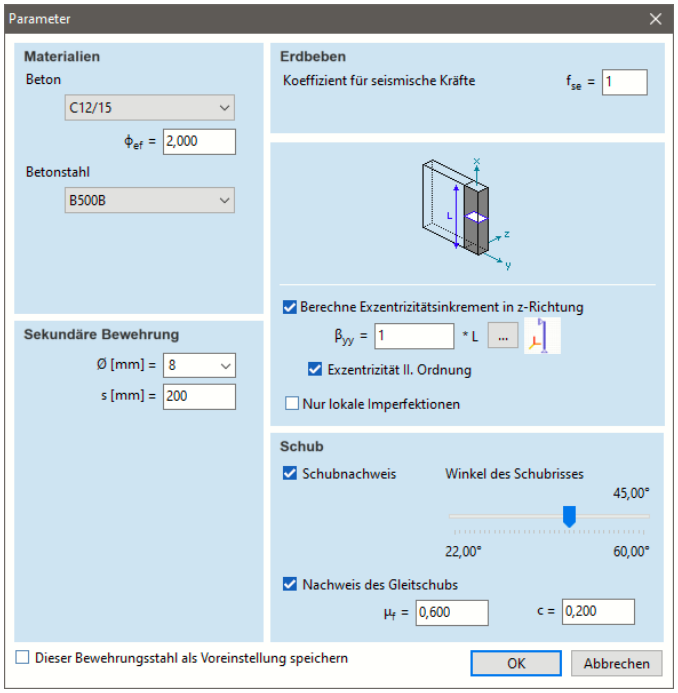
Hier können Sie die Parameter angeben, die bei der Bemessung verwendet werden.
Für virtuelle streifen kann ein Knicklängenfaktor β_{yy} definiert werden. (β_{yy} bezogen auf das Knicken in der x-z-Ebene). Es ist auch möglich, die Knickform zu wählen. Die Knicklänge errechnet sich aus der Höhe der Wand im gewählten Stockwerk multipliziert mit dem Knicklängenfaktor. Die für die Berechnung verwendete Betonsorte kann sich von der dem Bauteil zugeordneten Betonsorte unterscheiden. Dies ermöglicht dem Anwender, die Tragsicherheit mit verschiedenen Betonqualitäten ohne neue statische Berechnung zu bewerten. ϕ_{ef} ist die effektive Kriechzahl gemäss 5.8.4 EN 1992-1-1.
Den Koeffizienten der Erdbebenlasten finden Sie unter *4.10.24 Erdbebenbemessung – SE1 Modul.*

Zusätzlich zu den obigen Einstellungen kann im Fall von virtuellen Streifen der Durchmesser und der Abstand der sekundären Bewehrung eingestellt und die Überprüfung des Schubwiderstandes angefordert werden. Zusätzlich kann ein Nachweis auf Gleiten durchgeführt werden. Der Winkel des Schubrisses kann eingestellt werden. Bein Nachweis auf Gleiten müssen zwei Parameter angegeben werden, welche von der Rauigkeit der Schnittstelle abhängen: μ_f und c.

Virtueller Träger



Virtueller Streifen

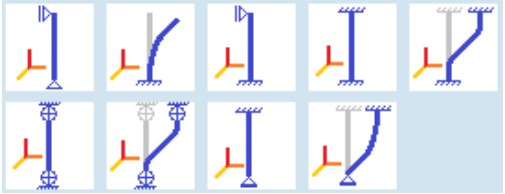


Werden globale Imperfektionen durch zusätzliche Belastungen der Konstruktion berücksichtigt, so sind sie bei der Bewehrungsberechnung zu ignorieren. Um dies zu erreichen, prüfen Sie nur lokale Imperfektionen. Wenn eine Pendelknickform gewählt wird, wird nur eine konstante lokale geometrische Imperfektion berücksichtigt. (**siehe...** *6.5.15.3 Berechnung der Exzentrizität*).



Knickform

Exzentrizitäten zweiter Ordnung werden basierend auf der gewählten Knickform berechnet (**siehe...** *6.5.15.3 Berechnung der Exzentrizität*).
Die Knicklängenfaktoren werden entsprechend angepasst, können aber überschrieben werden.



Nach Position / nach Überdeckung



Erzeugt einen Bewehrungsstab mit dem angegebenen Durchmesser an der Stelle des Cursors. Befindet sich der Cursor auf einer Ecke oder auf der Umrisslinie, wird die Bewehrung unter Berücksichtigung der Betonüberdeckung platziert.

Abstand



Fügt gleichmässig N+1 neue Bewehrungsstäbe zwischen zwei ausgewählten Punkten ein.

Abstand bei konstantem Bewehrungs-abstand



Fügt neue Bewehrungsstäbe zwischen zwei ausgewählten Punkten unter Berücksichtigung des konstanten Abstandes s ein. Wenn der Abstand zwischen den Endpunkten nicht ein ganzzahliges Vielfaches des Bewehrungsabstandes s ist, ist der Abstand zwischen dem vorletzten und dem vorletzten Bewehrungsstab kleiner als s.

Abstand am Bogen



Fügt gleichmässig N+1 neue Bewehrungsstäbe zwischen einem ausgewählten Startpunkt und einem Endpunkt eines Kreisbogens ein.
Wenn ein ganzer Kreis gezeichnet wird, setzt das Programm N Bewehrungsstäbe gleichmässig um den Kreis ein.

Bewehrung in der Ecke platzieren



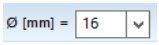
Platziert Bewehrungsstäbe in stumpfen und spitzen Ecken (> 5°), wenn sich kein Bewehrungsstab in der Ecke befindet.

Geschosse



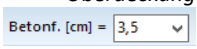
Öffnet einen Dialog zur Auswahl des Geschosses.

Durchmesser

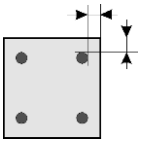


Ermöglicht es, den Durchmesser eines Bewehrungsstabes zu definieren oder zu ändern.
Zum Ändern wählen Sie die Bewehrungsstäbe aus und geben Sie dann den Durchmesser ein oder wählen Sie einen Wert aus der Liste.

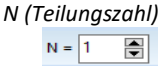
Überdeckung



Ermöglicht es Ihnen, die Betondeckung zu definieren oder zu ändern.

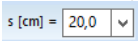


N (Teilungszahl)



Die Teilungszahl, die die Anzahl der Bewehrungsstäbe definiert als *N+1*.

s (Bewehrungs-abstand)



Der Bewehrungsabstand, der im Abstand mit konstantem Bewehrungsabstand betrachtet wird.

Geometrische Traansformation

Verschie-ben  Erstellt neue Bewehrungsstäbe, indem bestehende Bewehrungsstäbe durch Verschieben kopiert werden.

Drehen  Erstellt neue Bewehrungsstäbe, indem bestehende durch Rotation kopiert werden.

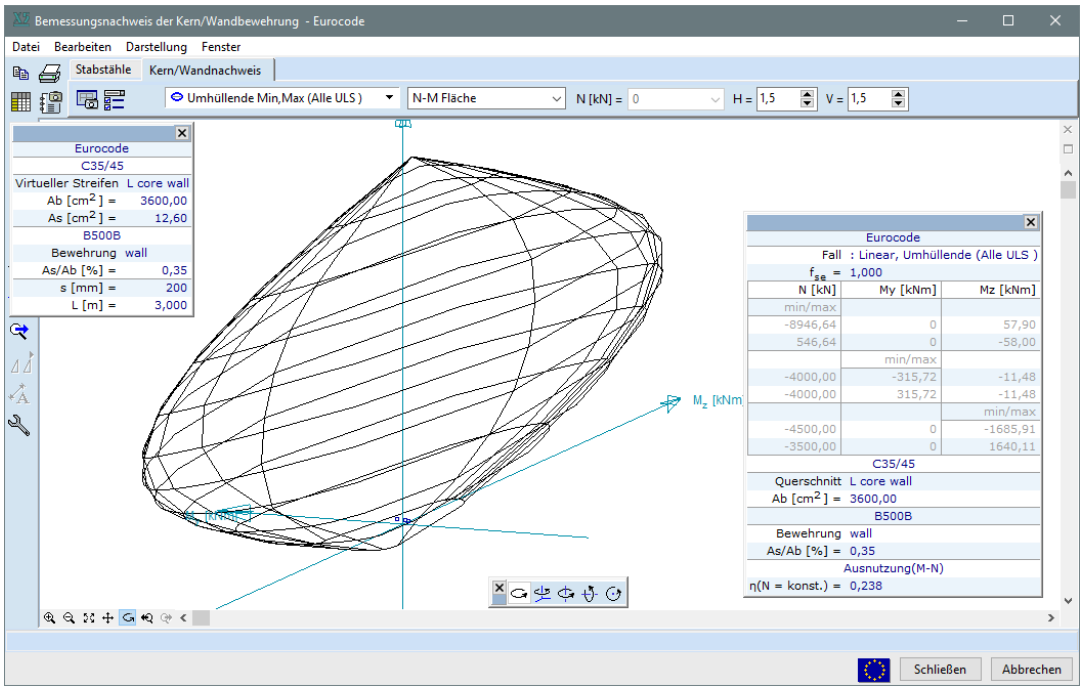
Spiegeln  Erstellt neue Bewehrungsstäbe, indem bestehende gespiegelt werden.

6.5.15.2. Kern-/Wandbewehrung bemessen

Der Nachweis kann anhand der folgenden Normen durchgeführt werden:

Eurocode 2: EN 1992-1-1:2010 + (MSZ, DIN, SR, DS, NBN, BS, NEN, SFS, SS, NS, NTC, CSN, PN, ELOT NAs)

SIA: SIA 262:2013



Nachweis Kern/Wand

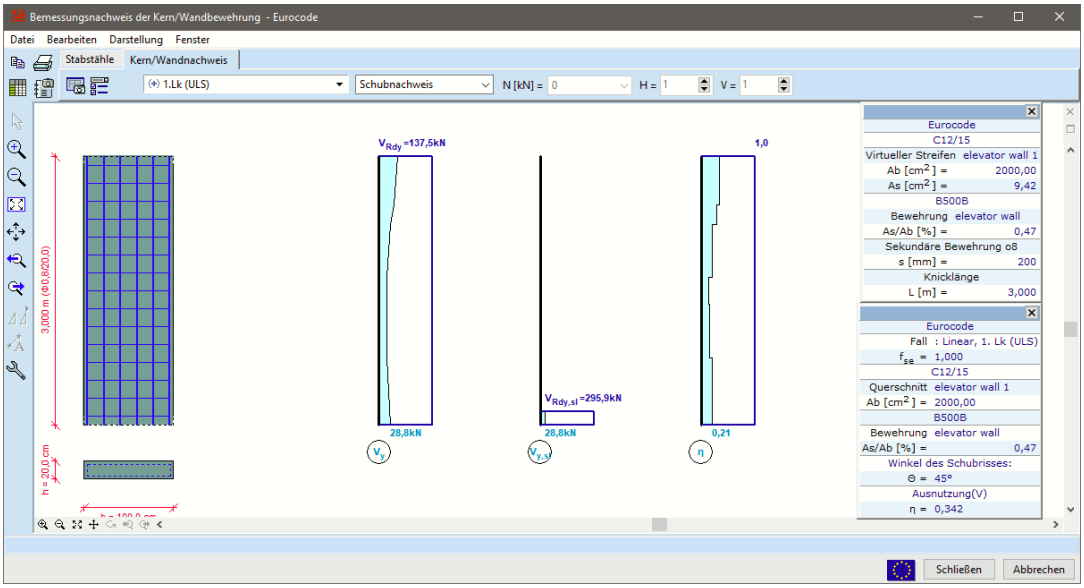
Mit der Auswahl der Registerkarte *Kern/Wand* führt das Programm den Nachweis gegen Biegung mit oder ohne Axialkraft oder den Nachweis gegen Querkraft basierend auf Querschnittseigenschaften und Bewehrungsparametern durch. Es bestimmt Exzentrizitäten, die durch Imperfektionen und Effekte zweiter Ordnung (bei virtuellen Streifen basierend auf den gegebenen Knickparametern) und gemäss den Anforderungen der aktuellen Norm entstehen.
Das Programm berechnet $N_{x,Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ (**siehe...** *6.5.15.3 Berechnung der Exzentrizität*) und überprüft, ob die Punkte im Interaktionsdiagramm liegen.
Der Nachweis von Stahlbetonkernen und -wänden erfolgt sehr ähnlich wie jener von Stahlbetonstützen, so dass Diagramme, Funktionalitäten und Schaltflächen sehr ähnlich oder identisch sind, wie sie in den vorherigen Abschnitten vorgestellt wurden (**siehe...** *6.5.9 Bemessung der Stützenbewehrung RC2 Modul*).
Das angezeigte Diagramm und seine Eigenschaften können im Fenster Darstellungsparameter eingestellt werden.

Der Querkraftnachweis ist nur für virtuelle Streifen verfügbar. Weiter wird er nur durchgeführt, wenn er bei den Einstellungen der Bewehrungsparameter verlangt wird. Die Wand wird nur auf Querkräfte parallel zur Wand überprüft.
Im Resultatfenster werden die folgenden Abbildungen und Diagramme präsentiert:

a) Die Seitenansicht der Wand und ihrer Bewerung (im Fall von breiteren Wänden werden nur die Endsegmente der Wand gezeigt)
b) Der Bemessungswert der Querkraft (V_y) und der Schubwiderstand (blaue Linie)
c) Im Fall eines Gleitnachweises die Bemessungslast am Wandfuss und der Widerstand gegen Gleiten (blaue Linie)
d) Die maximale Ausnutzung (η) über die Höhe der Wand

☞ ***Im Fall von gerippten Wänden wird bei der Berechung des Schubwiderstandes nur der Querschnitt der Wand (ohne Rippen) berücksichtigt.***

Ergebnis des Schubnachweises



Innere Kräfte

Die Ergebnistabelle enthält die maximalen Normalkräfte und Biegemomente oben und unten im ausgewählten Stockwerk des Kerns/Wand. Die Schnittgrössen werden aus den Spannungen integriert und sind dem lokalen Koordinatensystem des virtuellen Trägers / Streifens zugeordnet.

Konstruktionsregeln

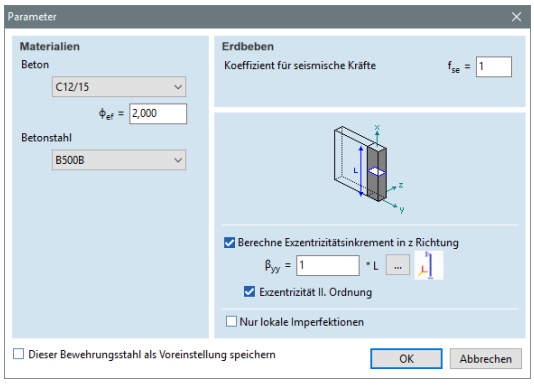
Die Software überprüft die wichtigsten Regeln der konstruktiven Durchbildung der gewählten Norm. Wenn eine der Regeln verletzt wird, erscheint eine Warnung.

6.5.15.3. Berechnung der Exzentrizität

Exzentrizitäten aufgrund von Imperfektionen und Effekten zweiter Ordnung werden nur im Rahmen des Nachweises von Bewehrungen berechnet, die virtuellen Streifen zugeordnet sind. Diese Exzentrizitäten werden mit den anfänglichen Exzentrizitäten summiert, die aus den Schnittgrössen berechnet werden. Im Falle von Bewehrungen, die virtuellen Trägern zugeordnet sind, berechnet die Software keine Exzentrizitäten aufgrund von Imperfektionen und Effekten zweiter Ordnung und die Anfangsexzentrizitäten sind Konstruktionsexzentrizitäten, da moderne Normen (z.B. EN 1992-1-1-1) Methoden zur Berücksichtigung der Wirkung von Imperfektionen und Effekten zweiter Ordnung auf struktureller Ebene beinhalten. Es wird davon ausgegangen, dass die Schnittgrössen diese Effekte bereits darstellen.

Die Berechnung der Exzentrizitäten durch Imperfektionen und Effekte zweiter Ordnung für die Bewehrung in virtuellen Streifen erfolgt wie bei der Berechnung der Stahlbetonstützen (**siehe...** *6.5.9 Bemessung der Stützenbewehrung RC2 Modul*). Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass Exzentrizitäten nur in Richtung senkrecht zur Ebene der Wand berechnet werden (es wird angenommen, dass diese Richtung identisch mit der lokalen z-Achse ist).

☞ ***Bei Bewehrungen, die virtuellen Streifen zugeordnet sind, wird davon ausgegangen, dass die lokale z-Achse des virtuellen Streifens senkrecht zur Wand steht. Aus diesem Grund wird davon ausgegangen, dass die schwache Achse die lokale y-Achse ist. Unter den Bewehrungs-parametern kann der Knicklän-genkoeffizient bezogen auf die schwache Achse vom Anwender festgelegt werden. Die Überprüfung der Ausrichtung des lokalen Koordinatensystems wird empfohlen, bevor ein Nachweis durchgeführt wird.***



6.5.15.3.1 **Bewehrungsbemessung gemäss Eurocode 2 (Biegung mit Normalkraft)**

Bemessungsmoment: $M_d = N_d \cdot e_d$

wobei N_d die Axialkraft und e_d die Bemessungsexzentrizität sind.

- virtuelle Träger: $e_d = e_e$
- virtuelle Streifen parallel zur Ebene: $e_d = e_e$
- virtuelle Streifen senkrecht zur Ebene: $e_d = e_e + e_i + e_2$

MInimale Exzentrizität: $max\left(20mm, \frac{h}{30}\right)$.

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} \qquad A = \frac{1}{1+0.2\varphi_{ef}}, \qquad B = \sqrt{1+2\omega}, \qquad \omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}},$$

C ist eine Konstante und kann im Fenster *Normen* verändert werden.

e_e ist die **initiale Exzentrizität** berechnet aus dem Moment und der Normalkraft erster Ordnung.
Initiale Exzentrizität an den Enden des untersuchten Querschnitts:

$$e_e = M_I / N_d$$

Initiale Exzentrizitäten im Zwischenquerschnitt des untersuchten Querschnitts (äquivalente Exzentrizität):

$$e_e = \max\begin{Bmatrix} 0.6 \cdot e_a + 0.4 \cdot e_b \\ 0.4 \cdot e_a \end{Bmatrix} \text{ und } |e_a| \geq |e_b|,$$

wobei e_a und e_b die initialen Exzentrizitäten des untersuchten Querschnitts sind.

e_i **Exzentrizität aufgrund geometrischer Imperfektionen.**
$e_i = \alpha_h \Theta_0 \frac{l_0}{2}$, wobei l_0 die Knicklänge ist, $\alpha_h = 2/\sqrt{l}$ und $\frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1$, wobei l die Geschosshöhe ist. Θ_0 – gemäss NA der gewählten Norm.

e_2 ist die **Exzentrizität zweiter Ordnung.**
Die Exzentrizität zweiter Ordnung wird berücksichtigt, wenn $\lambda \geq \lambda_{lim} = 20\frac{ABC}{\sqrt{n}}$ wobei $n = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}}$

☞ ***Die Berechnung von λ_{lim} kann sich je nach gewählter Norm unterscheiden!***

Gemäss DIN EN 1992-1-1: $n < 0.41 \rightarrow \lambda_{lim} = \frac{16}{\sqrt{n}}; n > 0.41 \rightarrow \lambda_{lim} = 25.0$

Gemäss italienischer Norm: $\lambda_{lim} = 15.4\frac{C}{\sqrt{n}}$

Im Fall von NS EN 1992-1-1 : $\lambda_n = \sqrt{\frac{n}{1+k_a\omega}} \geq \lambda_{n,lim} = 13A_\varphi$

Die beschriebene Berechnungsmethode von e_2 kann eine Krümmungsmethode oder eine Steifigkeitsmethode nach NA der ausgewählten Norm sein. In einigen NA ist die Anwendung beider Methoden erlaubt. In diesen Fällen wird die Krümmungsmethode angewendet.

Krümmungsmethode

$e_2 = \frac{1}{r}\frac{l_0^2}{c}$

wobei $\frac{1}{r} = K_r K_\varphi \frac{f_{yd}}{E_s \cdot 0.45 \cdot d'}$

$8 \leq c \leq \pi^2$ basierend auf dem Biegemomentdiagramm erster Ordnung

$K_r = \min\left\{\frac{N_u' - N_{Ed}}{N_u' - N_{bal}}; 1.0\right\}$, $K_\varphi = \max\{1 + \beta\varphi_{ef}; 1.0\}$,

$\beta = 0.35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda}{150}$, wobei f_{ck} in N/mm2

$d' = \frac{h}{2} + i_s$, wobei i_s der Trägheitsradius der Längsbewehrung ist

Steifigkeitsmethode

$e_2 = (e_e + e_i)\left[1 + \frac{\beta}{N_B/N_d - 1}\right]$,

wobei $\beta = \frac{\pi^2}{c}$

N_B ist die Knicklast basierend auf der Nennsteifigkeit

$EI = K_c E_{cd} I_c + K_s E_s I_s$ ist die Nennsteifigkeit, wobei

E_{cd} ist der Bemessungswert des Elastizitätsmoduls des Betons, siehe 5.8.6 (3)

I_c ist das Trägheitsmoment des Betonquerschnitts

E_s ist der Bemessungswert des Elastizitätsmoduls der Bewehrung, 5.8.6 (3)

I_s ist das zweite Flächenmoment der Bewehrung, um den Schwerpunkt des Betons

K_c ist ein Faktor für die Auswirkungen von Rissbildung, Kriechen usw., siehe 5.8.7.2. (2), (3)

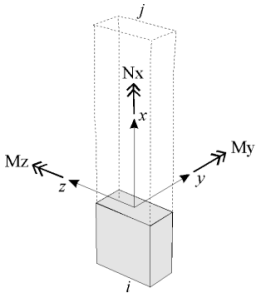
K_s ist ein Faktor für den Beitrag der Bewehrung, siehe 5.8.7.2. (2), (3)

In beiden Biegeebenen werden Exzentrizitäten bestimmt. Das Programm überprüft die folgenden Bemessungssituationen:

Virtuelle Träger	Virtuelle Streifen
$M_{dy} = N_d e_{ez}$	$M_{dy} = N_d(e_{ez} + e_{iz} \pm e_{2z})$
$M_{dz} = -N_d e_{ey}$	$M_{dz} = -N_d e_{ey}$

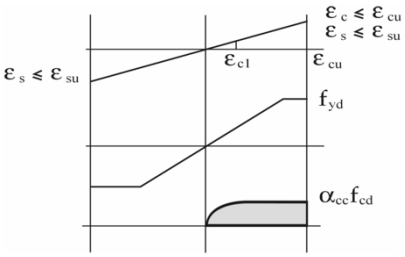
AxisVM überprüft, ob sich die Berechneten Einwirkungen *(M_{dy}, M_{dz}, N_d)* innerhalb des N-M Interaktionsdiagrammes befinden. Ist diese Bedingung in keiner der Bemessungssituationen erfüllt, versagt der Kern / die Wand mit dem vorgegebenen Querschnitt und der Bewehrung.

Auf *N-M_R* Interaktionsdiagrammen und auf kritischen Exzentrizitätskurven repräsentieren Punkte diese Bemessungslasten. Benutzerdefinierte Kraft- und Momentenwerte können ebenfalls in die Tabelle eingetragen werden. Diese Punkte werden in den *N-M_R* Interaktionsdiagrammen und in den kritischen Exzentrizitätskurven dargestellt. Die Vorzeichen der Kräfte und Momente werden gemäß dem Bild bestimmt.



Materialmodelle

σ, ε Beziehungen für Beton und Stahl:



6.5.15.3.2 **Bewehrungsbemessung gemäss SIA 262 (Biegung mit Normalkraft)**

Bemessungsmoment: $M_d = N_d \cdot e_d$

wobei N_d die Axialkraft und e_d die Bemessungsexzentrizität sind.

- virtuelle Träger: $e_d = e_{1d}$
- virtuelle Streifen parallel zur Ebene: $e_d = e_{1d}$
- virtuelle Streifen senkrecht zur Ebene: $e_d = e_{1d} + e_{0d} + e_{2d}$

e_{0d}: **geometrische Imperfektion**

$e_{0d} = \max\left\{\alpha_i \frac{l_{cr}}{2}; \frac{d}{30}\right\}$

wobei $\frac{1}{200} \geq \alpha_i = \frac{0.01}{\sqrt{l}} \geq \frac{1}{300}$

l_{cr} ist die Knicklänge, l die tatsächliche Länge, d ist die effektive Querschnittshöhe.

e_{1d}: ist die **initiale Exzentrizität** berechnet aus dem Moment und der Normalkraft erster Ordnung.
Initiale Exzentrizität an den Enden des untersuchten Querschnitts:

$$e_{1d} = M_l / N_d$$

Initiale Exzentrizitäten im Zwischenquerschnitt des untersuchten Querschnitts (äquivalente Exzentrizität):

$$e_{1d} = \max\begin{Bmatrix} 0.6 \cdot e_a + 0.4 \cdot e_b \\ 0.4 \cdot e_a \end{Bmatrix} \; und \; |e_a| \geq |e_b|,$$

wobei e_a und e_b die initialen Exzentrizitäten des untersuchten Querschnitts sind.

$e_{2d} = \chi_d \frac{l_{cr}^2}{\pi^2}$,

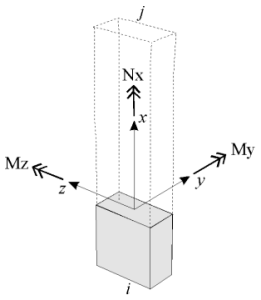
wobei $\chi_d = \frac{2 f_{sd}}{E_s (d - d')}$ wenn ungefähre Krümmung ausgewählt ist, sonst $\chi_d = \frac{\varepsilon_{sd} - \varepsilon'_{sd}}{d - d'} + \frac{|\varepsilon_{c,\infty}|}{d}$.

In beiden Biegeebenen werden Exzentrizitäten bestimmt. Das Programm überprüft die folgenden Bemessungssituationen:

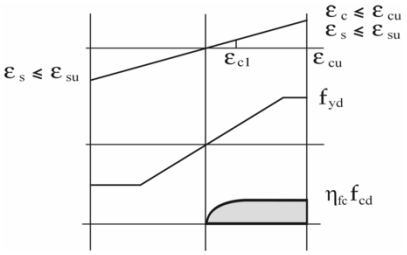
Virtuelle Träger	Virtuelle Streifen
$M_{dy} = N_d e_{1z}$	$M_{dy} = N_d(e_{1z} + e_{0z} \pm e_{2z})$
$M_{dz} = -N_d e_{1y}$	$M_{dz} = -N_d e_{1y}$

AxisVM überprüft, ob sich die Berechneten Einwirkungen *(M_{dy}, M_{dz}, N_d)* innerhalb des N-M Interaktionsdiagrammes befinden. Ist diese Bedingung in keiner der Bemessungssituationen erfüllt, versagt der Kern / die Wand mit dem vorgegebenen Querschnitt und der Bewehrung.

Auf *N-M_R* Interaktionsdiagrammen und auf kritischen Exzentrizitätskurven repräsentieren Punkte diese Bemessungslasten. Benutzerdefinierte Kraft- und Momentenwerte können ebenfalls in die Tabelle eingetragen werden. Diese Punkte werden in den *N-M_R* Interaktionsdiagrammen und in den kritischen Exzentrizitätskurven dargestellt. Die Vorzeichen der Kräfte und Momente werden gemäß dem Bild bestimmt.



Materialmodelle σ, ε Beziehungen für Stahl und Beton:



6.5.15.4. Nachweis von Stahlbetonwänden gegen Querkraft

Grundlegende Prinzipien, Grenzen

Im Fall von virtuellen Streifen bietet das Modul die Möglichkeit, den Schubwiderstand zu berechnen den Ausnutzungsgrad auf Schub zu bestimmen. Der Ausnutzungagrad auf Schub kann zum Ausnutzungsgrad auf M-N-Interaktion addiert werden. Im Fall von Kernen mit mehreren Wandstreifen können di einzelnen Wandstreifen nur einzeln überprüft werden.
In der Berechnung wird davon ausgegangen, dass die Bewehrung ausreichend verankert ist.

Der Nachweis gegen Schubkraft besteht aus zwei Teilen:

1) Das Modul berechnet den Schubwiderstand des Querschnitts unter Berücksichtigung des Winkels der Schubrisse, wie er bei den Bewehrungsparameter angegeben wurde. Der Querschnitt von Rippen und ihre Bewehrung werden bei der Berechnung nicht berücksichtigt.
   Die Berechnung kann nur durchgeführt werden, wenn der angegebene Winkel der Schubrisse zulässig ist.
2) Das Modul berechnet den Widerstand gegen Gleiten am Wandfuss, falls dieser Nachweis verlangt wird.

Die maximale Ausnutzung eines Stockerkes auf Schub wird basierend auf den beiden Berechnungen oben ermittelt.

Hebelarm

Bei der Berechnung des Schubwiderstandes eines Stahlbetonquerschnittes spielt der Hebelarm der inneren Kräfte (z) eine wichtige Rolle. Der Hebelarm wird als die Distanz zwischem dem Zentrum der Zugbewehrung und dem Zentrum der Druckzone berechnet. Im Fall von Balken wird z approximativ zu 0.9d gewählt, wobei d die effektive Höhe ist. Diese Näherung kann nicht verwendet werden, wenn eine Normalkraft vorhanden ist. Das Progamm berechnet dann den Hebelarm der inneren Kräfte unter Berücksichtigung der Normalkraft.

6.5.15.4.1 Schub- und Gleitnachweis nach Eurocode 2

Schubwiderstand von Beton

$$V_{Rd} = k_d \tau_{cd} b_w d \qquad k_d = \frac{1}{1+3\varepsilon_v d} \qquad \varepsilon_v = 1.5 \frac{f_{sd}}{E_s}$$

Wobei:

- τ_{cd} die Grenzschubspannung ist ($\tau_{cd} = 0{,}3\sqrt{f_{ck}}/\gamma_c$),
- b_w die Breite der Querschnitts an der schmalsten Stelle der Zugzone ist (0.8D bei Kreisquerschnitten),
- d die effektive Höhe ist.

Schubwiderstand von Beton

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}\right] b_w d \geq \left(v_{min} + k_1 \sigma_{cp}\right) b_w d$$

Wobei:

- ρ_{sl} der Bewehrungsgehalt der Zugbewehrung ist,
- b_w die Breite der Querschnitts an der schmalsten Stelle der Zugzone ist (0.8D bei Kreisquerschnitten),
- d die effektive Höhe ist,
- σ_{cp} ist die Normalspannung im Querschnitt aufgrund von äusserer Belastung oder Vorspannung (Druckspannung ist positiv) <0.2f_{cd},
- $C_{Rd,c}$, v_{min} und k_1 sind Parameter, welche im nationalen Anhang geregelt sind. Die Werte dieser Parameter können im Fenster *Norm* unter dem Tab *Stahlbeton* festgelet werden (**siehe...***3.3.7 Norm*).

Schubwiderstand der horizontalen Bewehrung

Gewöhnlicher Querschnitt:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot\theta$$

Wobei:

- A_{sw} die Querschnittfläche der Schubbewehrung ist,
- s der Abstand der Schubbewehrung oder die Teilung der Spiralbewehrung ist,
- z der Hebelarm der inneren Kräfte ist,
- f_{ywd} der Bemessungwert der Fliessspannung der Schubbewehrung ist,
- θ die Neigung der Schubrisse ist (kann bei den Bewehrungsparametern festgelegt werden).

Maximlaer Bemessungswert des Schubwiderstandes

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd} \frac{\cot\theta + \cot\alpha}{1 + \cot^2\theta}$$

Wobei:

- α_{cw} ein Koeffizient ist, welcher den Spannungszustand im Druckgurt berücksichtigt,
- ν_1 der Reduktionsfaktor des Schubwiderstandes von gerissenem Beton ist,
- α der Winkel zwischen der Schubbewehrung und der Achse des Balkens ist (im Normalfall α=90°).

Widerstand gegen Gleiten

Die Berechnung basiert auf Abschnitt 6.2.5 von Eurocode 1992-1-1 unter Berücksichtigung der folgenden Formeln und Parameter. Der Gleitwiderstand am Fuss eine Wand beträgt:

$$V_{Rd,sl} = A_w \left[c f_{ctd} + \mu \sigma_n + \rho f_{yd} (\mu \sin\alpha + \cos\alpha)\right] \leq 0.5 \nu f_{cd}$$

Wobei:

- A_w die Querschnittsfläche des Bereiches ist, welcher mit dem virtuellen Streifen assoziiert ist (ohne die Querschnittsfläche der mit dem Bereich verbundenen Rippen),
- c und μ Faktoren sind, welche von der Rauigkeit der Verbindungsfläche abhängen,
- f_{ctd} der Bemessungswert der Zugfestigkeit des Betons ist,
- σ_n die Spannung ist, welche durch die minimale, äussere Normalkraft verursacht wird, welche zusammen mit der Schubkraft wirkt; positiv für Druck, sodass $\sigma_n < 0.6 f_{cd}$ und negativ für Zug. Wenn eine Zugspannung vorhanden ist, sollte c·f_{ctd} zu Null gesetzt werden.
- $\rho = A_{s0}/A_i$.

Wobei:

- A_{s0} die Querschnittsfläche der Bewehrung ist, welche die Verbindungsfläche kreuzt, inklusive die Bewehrung der Rippen, welche mit dem Bereich verbund sind,
- A_i die Querschnittsfläche des Gelenkes ist, inklusive der Querschnittsfläche der Rippen, welche mit dem Bereich verbunden sind,
- f_{yd} der Bemessungwert der Fliessspannung der Bewehrung ist, α = 90° (vertical reinforcement),
- ν ein Reduktionsfaktor der Druckfestigkeit des Betons ist.

6.5.15.4.2 **Schub- und Gleitnachweis nach SIA 262**

Schubwiderstand der Sekundärbewehrung

Rechteckiger Querschnitt

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{sd} \cot \alpha$$

Runder Querschnitt:

$$V_{Rd,s} = \lambda_1 \lambda_2 \frac{A_{sw}}{s} z f_{sd} \cot \alpha$$

Wobei:

- A_{sw} die Querschnittfläche der Schubbewehrung ist,
- s der Abstand der Schubbewehrung oder die Teilung der Spiralbewehrung ist,
- z der Hebelarm der inneren Kräfte ist,
- f_{sd} der Bemessungwert der Fliessspannung der Schubbewehrung ist,
- α die Neigung der Schubrisse ist,
- λ_1 ist ein Reduktionsfaktor für runde Bügel,
- λ_2 ist ein Reduktionsfaktor für Spiralbewehrung.

Maximaler Bemessungswert des Schubwiderstandes

$$V_{Rd,c} = b_w z k_c f_{cd} \sin \alpha \cos \alpha$$

$$k_c = \frac{1}{1.2 + 55\varepsilon_1} \leq 0.65$$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_x + (\varepsilon_1 + 0.002) \cot^2 \alpha$$

Wobei:

- k_c ein Beiwert zur Reduktion der Betondruckfestigkeit infolge Querzugspannungen ist.

Widerstand gegen Gleiten

Die Berechnung basiert auf Abschnitt 4.3.4.3.2 von SIA 262 unter Berücksichtigung der folgenden Formeln und Parameter. Der Gleitwiderstand am Fuss eine Wand beträgt:

$$V_{Rd,sl} = b_w \cdot z(k_{c\tau}\tau_{cd} - k_{c\sigma}\sigma_d) \leq 0.15 f_{cd}$$

Wobei:

- b_w die Dicke des Bereiches ist, welcher mit dem virteuellen Streifen assoziiert wird (Dicke der Wand, die Querschnittsfläche der Rippen werden nicht berücksichtigt),
- z der Hebelarm der inneren Kräfte ist (unter Berücksichtigung des Querschnitts des Bereiches assoziiert mit dem virtuellen Streifen, aber ohne Querschnittsfläche der Rippen),
- $k_{c\sigma}$ ein Reduktionsfaktor für die Normalspannung ist,
- $k_{c\tau}$ ein Reduktionsfaktor für die Schubspannung ist,
- τ_{cd} der Bemessungswert der Schubspannung ist,
- f_{cd} der Bemessungwert der Druckfestigkeit ist,
- σ_d die Normalspannung in der Verbindungsfläche ist, berechnet mit der folgenden Formel:

$$\sigma_d = \frac{-|V_d| \cot \alpha}{z \cdot b_w} + \frac{N_d}{l_w b_w}$$

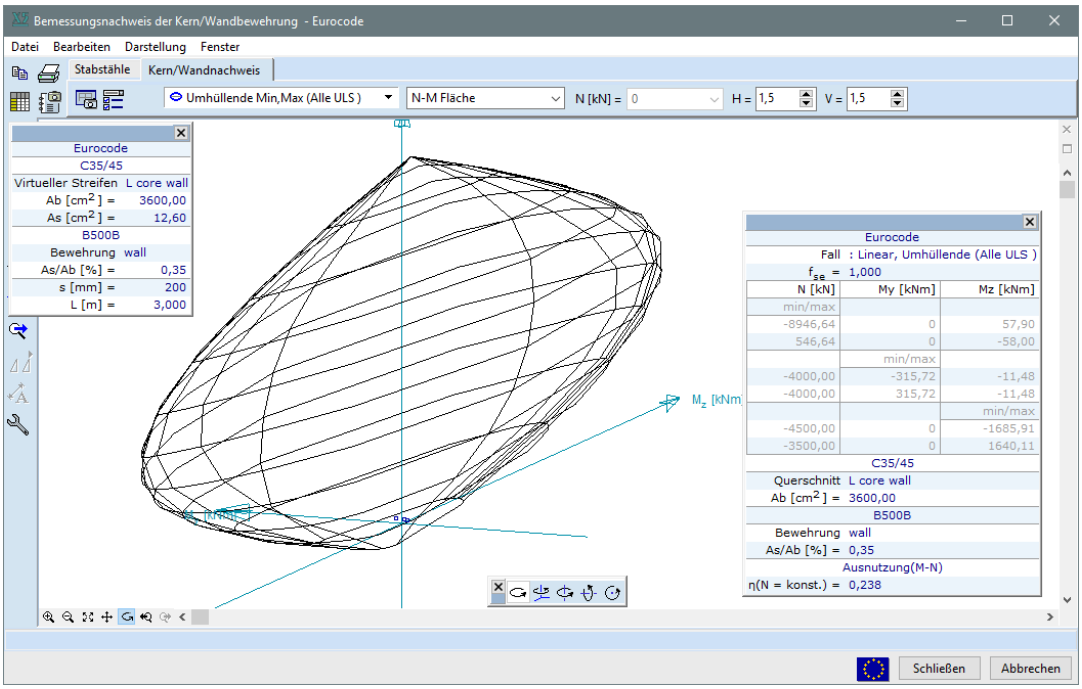
Wobei:

- N_d der Bemessungswet der Druckkraft ist, welche im Querschnitt des virtuellen Steifens wirkt (Druck ist negativ),
- V_d der Bemessungswert der Schubkraft ist,
- α die Neigung des Druckfeldes ist,
- l_w die Länge der Schubwand ist (Länge des virtuellen Streifens).

6.5.15.5. Resultate

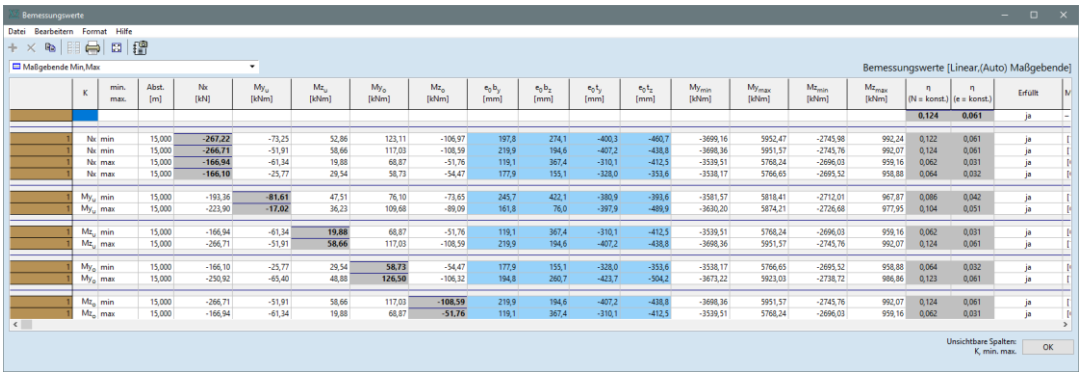
Die Bemessungsergebnisse von Stahlbetonkernen und -wänden sind in der Software vielfältig verfügbar.

Darstellungen



Bemessungsdarstellungen (N_x-M_y-M_z, N_x-M_y, N_x-M_z *und* M_y-M_z Interaktionsdiagramme, kritische Exzentrizitätskurven, Schubnachweis) können in der Zeichnungsbibliothek gespeichert werden durch Klicken auf *In der Zeichnungsbibliothek Speichern* (**siehe...** *3.6.10 Zeichnungsbibliothek*).

Tables



Die *Resultatetabelle* ist verfügbar unter *Bemessung von Stahlbetonkernen/-wänden*. Die Tabelle ist bearbeitbar, wenn sie über *Nachweis von Stahlbetonkern/Wandöffnungen* geöffnet wird. In diesem Fall können Spalten ein- und ausgeschaltet und neue benutzerdefinierte Kraft- und Momentenwerte in die Tabelle aufgenommen werden. Wenn die Tabelle aus dem Fenster *Stahlbetonkerne und -wände* geöffnet wird, ist die Tabelle nicht editierbar.

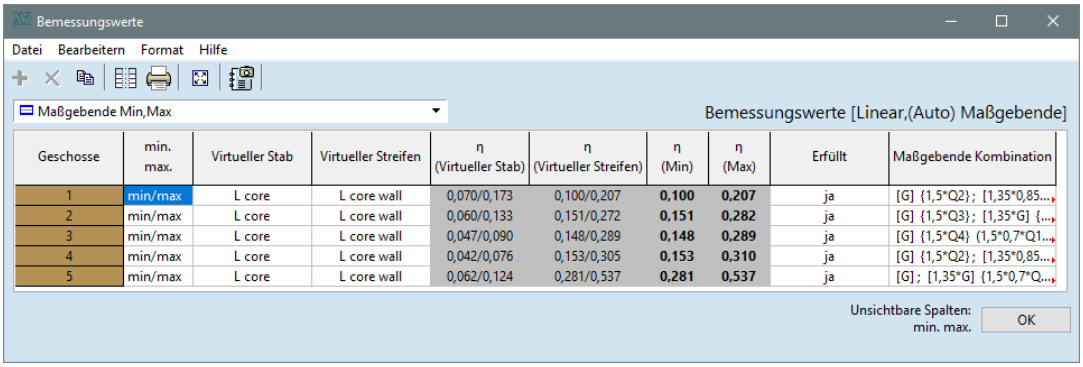
Wenn die Tabelle im Dialog *Überprüfung der Bemessung* geöffnet wird, hängen die Ergebnisse von der aktiven Zeichnung des Bemessungsnachweises ab. (Falls die aktive Resultatansicht N_x-M_y-M_z, N_x-M_y, N_x-M_z *und* M_y-M_z Widerstands-Interaktionsdiagramme oder Kritische Exzentrizitäts-Kurven ist, werden nur die Resultate der M-N-Interaktion zusammengefasst.

Falls die aktive Resultatansicht *Schubnachweis* ist (verfügbar nur für virtuelle Streifen), wird nur die Ausnutzung auf Schub dargestellt.)

In diesem Fall können die Lastfälle / -kombinationen, Umhüllende oder automatische, kritische Kombinationen, welche in der Bemessung berücksichtigt werden, in der Ausklappliste ausgewählt werden. Nachdem die Belastung verändert wurde, wird die Bemessung automatisch durchgeführt, was ein paar Sekunden in Anspruch nehmen kann.

In diesem Fall können Lastfall/Kombination, Umhüllende oder automatische massgebende Lastkombinationen in einer Auswahlliste ausgewählt werden, die bei der Bemessung berücksichtigt wird. Nachdem die Auswahl in dieser Auswahlliste geändert wurde, führt das Fenster automatisch die Bemessung durch, die einige Sekunden dauern kann.

Resultatetabelle table für Ausnutzung kann nur über das Fenster *Stahlbetonkerne/-wände* geöffnet werden. Die *Resultattabelle* für die gesamthafte Ausnutzung (nur verfügbar für M-N-Interaktion) kann über das Fenster *Stahlbetonkerne/-wände* geöffnet werden. Die Tabelle fasst die Bemessungsergebnisse für den virtuellen Träger und den virtuelle Streifen zusammen und zeigt die Ausnutzung.
Wenn die Ausnutzung aus irgendeinem Grund nicht berechnet werden kann, ist das mit dem Symbol ??? gekennzeichnet. Wenn die berechnete Ausnutzung 1,0 überschreitet, wird sie mit roter Farbe angezeigt**.**
Die gesamthafte Ausnutzung ist die Ausnutzung der M-N-Interaktion. Schubnachweise werden nicht berücksicht.



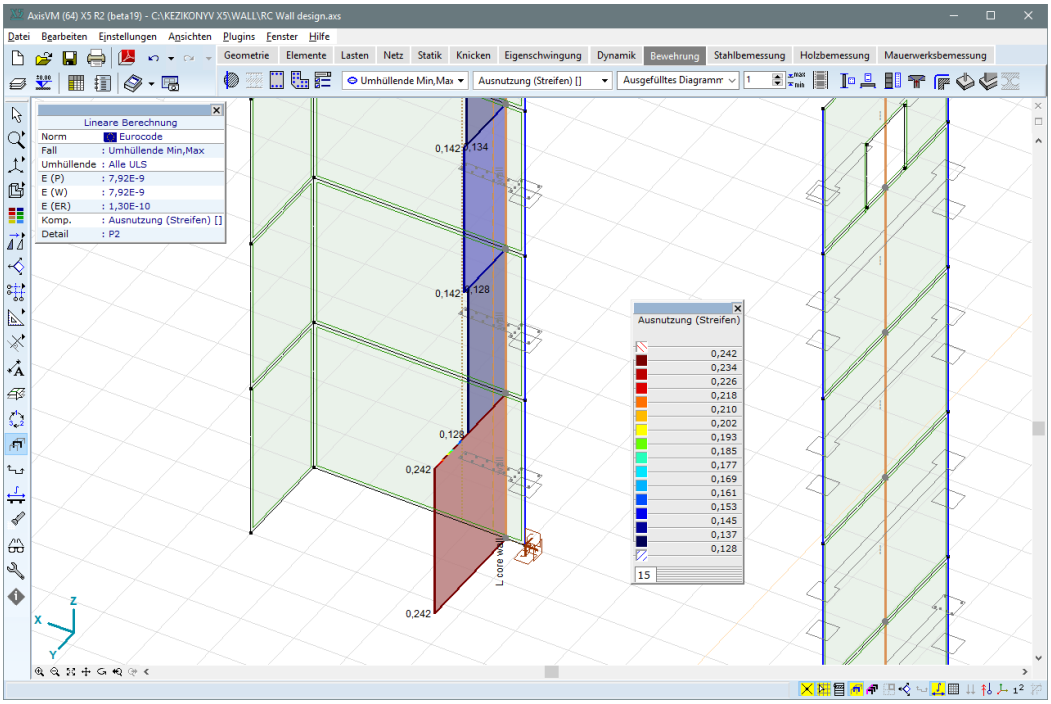
Geschosse	min. max.	Virtueller Stab	Virtueller Streifen	η (Virtueller Stab)	η (Virtueller Streifen)	η (Min)	η (Max)	Erfüllt	Maßgebende Kombination
1	min/max	L core	L core wall	0,070/0,173	0,100/0,207	**0,100**	**0,207**	ja	[G] {1,5*Q2}; [1,35*0,85...
2	min/max	L core	L core wall	0,060/0,133	0,151/0,272	**0,151**	**0,282**	ja	[G] {1,5*Q3}; [1,35*G] {...
3	min/max	L core	L core wall	0,047/0,090	0,148/0,289	**0,148**	**0,289**	ja	[G] {1,5*Q4} {1,5*0,7*Q1...
4	min/max	L core	L core wall	0,042/0,076	0,153/0,305	**0,153**	**0,310**	ja	[G] {1,5*Q2}; [1,35*0,85...
5	min/max	L core	L core wall	0,062/0,124	0,281/0,537	**0,281**	**0,537**	ja	[G]; [1,35*G] {1,5*0,7*Q...

Resultat-komponenten

Wenn es Geschosse und tatsächliche Bewehrungen gibt, die virtuellen Trägern/Streifen im Modell zugeordnet sind und statische (linear/nichtlinear) oder dynamische Ergebnisse vorliegen, werden neue Ergebniskomponenten unter der Registerkarte Betonbemessung verfügbar:

- *Ausnutzung (Träger)* – wenn es Geschosse und tatsächliche Bewehrungen gibt, die virtuellen Stäben im Modell zugeordnet sind,
- *Ausnutzung (Streifen)* – wenn es Geschosse und tatsächliche Bewehrungen gibt, die virtuellen Streifen im Modell zugeordnet sind,
- *Gesamtausnutzung* – wenn mindestens ein virtueller Träger-Streifen-Paar definiert ist. (Die Gesamtausnutzungsergebnisse werden auf dem virtuellen Streifen des virtuellen Träger-Streifen-Paars angezeigt.)
- *M-N-Ausnutzung (virtuelle Streifen)* – falls es Stockwerke und Bewehrung gibt, welche virtuellen Streifen zugeordnet sind,
- *V-Ausnutzung (virtuelle Streifen)* - falls es Stockwerke und Bewehrung gibt, welche virtuellen Streifen zugeordnet sind und der Schubnachweis verlangt wird.

(Die gesamthaft Ausnutzung wird an einem virtuellen Streifen des virtuellen Balkens dargestellt.) Die gesamthaft Ausnutzung ist die Ausnutzung der M-N-Interaktion. Der Schubnachweis der Streifen wird nicht berücksichtigt.



Resultate im Browser Tabellen

Die Ergebnisse der Bemessung sind auch im Browser *Tabellen* verfügbar (**siehe...** *2.9 Tabellen*), wo die Ergebnisse jeder Stahlbetonwand zusammengefasst sind.

6.5.16. Spannungs-Dehnungs-Analyse von Stahlbetonquerschnitten – RC6 Modul

Spanungen und Dehnungen in bewehrten Betonbauteilen werden für verschiedene Betrachtungen verwendet (z.B. Gebrauchsnachweise, Ermüdung). Das RC6 Modul ermöglicht Spannungs-Dehnungs-Berechnungen für Stützen und Träger unter Berücksichtigung der tatsächlichen Bewehrung für die Schnittkräfte N_x-M_y-M_z unter Berücksichtigung der Einflüsse der Bewehrung, Rissen im Beton und des nichtlinearen Materialverhaltens. Ziel der Berechnung ist es Spannung und Krümmung von Querschnitten zu ermitteln für gewählte Schnittkräfte. Da die Aufgabenstellung nicht kontinuierlich und nicht linear ist, wird eine iterative Berechnung benötigt, um den Gleichgewichtszustand zu ermitteln.

☞ ***Das RC2 Modul ist Voraussetzung für die Verwendeung des RC6 Moduls, da eine tatsächliche Stützen- oder Riegelbewehrung erforderlich ist***. (**siehe...** *6.5.3 Balkenbewehrung (einachsige Biegung)* und *6.5.4 Tatsächliche Bewehrung gegen zweiachsige Biegung (Stütze)*).

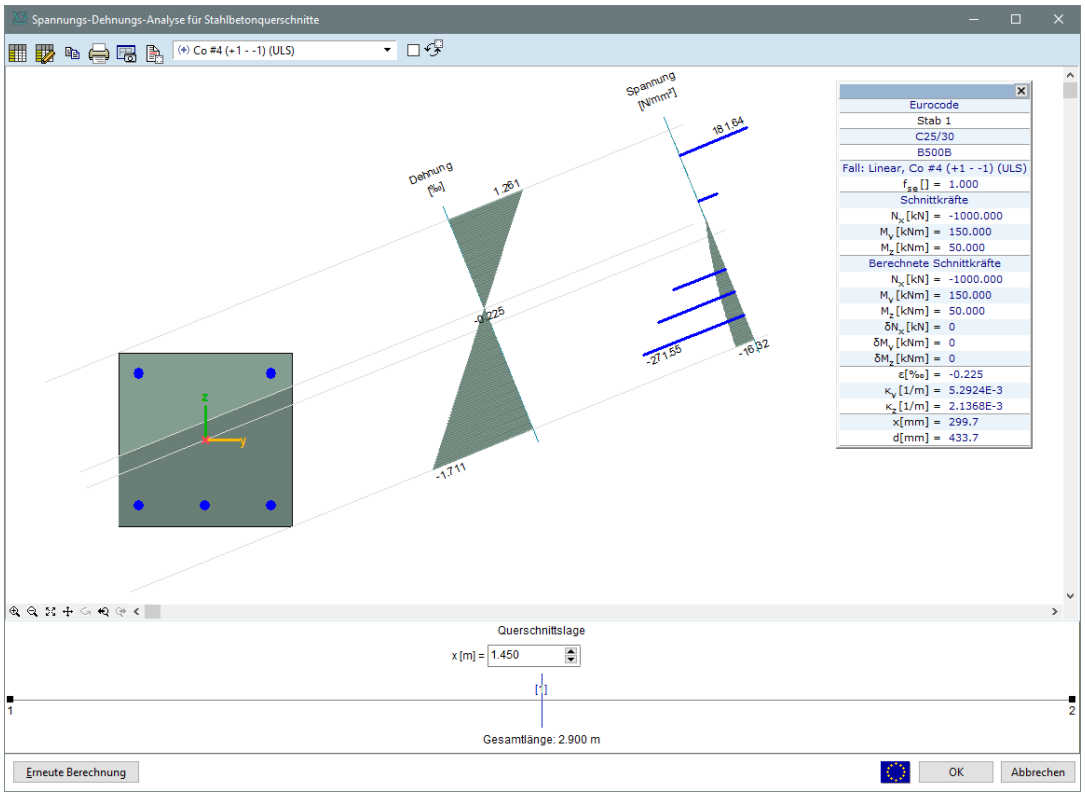
☞ ***Das RC1-Modul ist eine Voraussetzung, um das RC6-Modul für die Analyse von Flächenelementen verwenden zu können. Mit diesem Modul können nur normale (massive) Decken, Rippen-, Verbundrippendecken und Decken mit benutzerdefinierter Steifigkeitsmatrix untersucht werden.***

6.5.16.1. Spannungs-Dehnungs-Analyse von Trägern und Stützen

Nach aktivieren der Funktion kann ein (und nur ein) bewehrtes Betonelement ausgewählt werden (**siehe...** *2.16.1 Markierung*l). Die Funktion ist aktiv, wenn mindestens ein Betonbauteil (Stab, Plattenbalken, Fachwerkstab) im Modell vorhanden und eine tatsächliche Bewehrung dafür definiert ist. Folgende Situationen bei der Auswahl des Elements führen zu einer Warnmeldung.

- Kein Bauteil ausgewählt
- Mehr als ein Bauteil ausgewählt
- Das Material des gewählten Bauteils ist kein Beton oder die tatsächliche Bewehrung ist nicht definiert
- Das gewählte Bauteil besitzt einen Verbundquerschnitt

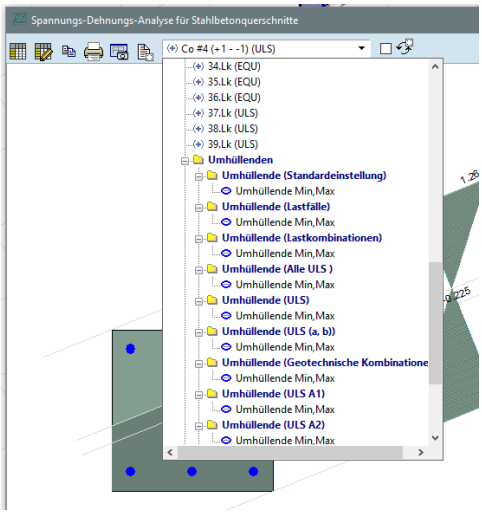
Nach der Bestätigung der Auswahl wird das Fenster für die Spannungs-Dehnungs-Berechnungen angezeigt, wo die entsprechenden Berechnungen für jeden Querschnitt des ausgewählten Bauteils durchgeführt werden können.



Lastfall, Lastkombination, Umhüllende und Massgebende

Im Auswahlmenü kann der Fall gewählt werden:

- Lastfall, Lastkombination
- Das k-te Inkrement einer nichtlinearen Berechnung
- Umhüllender Grenzwert
- Massgebender Grenzwert



Lage des Querschnitts

Spannungs-Dehnungs-Analysen werden für die Schnittkräfte eines definierten Querschnitts durchhgeführt. Die Querschnittslage entlang der Bauteilachse kann mit dem Schieberegler im unteren Teil des Fensters festgelegt werden.



Ergebnistabelle – **siehe...** *6.5.16.4 Ergebnisse*



Ergebnistabelle (benutzerdefinierte Schnittkräfte) - **siehe...** *6.5.16.4 Ergebnisse*



Anischt in die Zwischenablage kopieren



Ansicht drucken



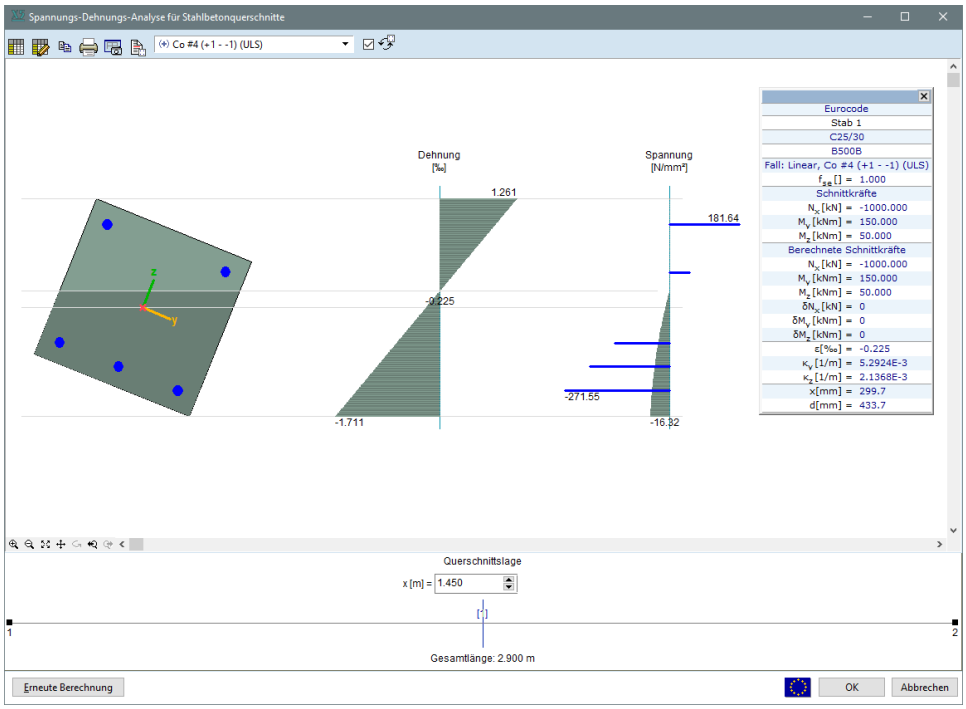
Ansicht in der Zeichnungsbibliothek speichern - **siehe...** *3.6.10 Zeichnungsbibliothek* und *3.6.11 Ansicht in Zeichnungsbibliothek speichern*



Parameter der Spannungs-Dehnungs-Berechnung - **siehe...** *6.5.16.2 Parameter der Spannungs-Dehnungs-Berechnung*



Anzeige der Spannungs-Dehnungs-Ergebnisse mit gedrehtem Querschnitt



Neuberechnung

Es ist möglich, dass der heuristische Algorythmus kein Gleichgewicht findet oder die Genauigkeit ungenügend ist. In diesen Fällen kann die Berechnung mit der Schaltfläche Neuberechnen erneut ausgeführt werden.

6.5.16.2. Parameter der Spannungs-Dehnungs-Berechnung



Die Parameter der Spannungs-Dehnungs-Berechnung können im abgebildeten Dialog festgelegt werden.

Material

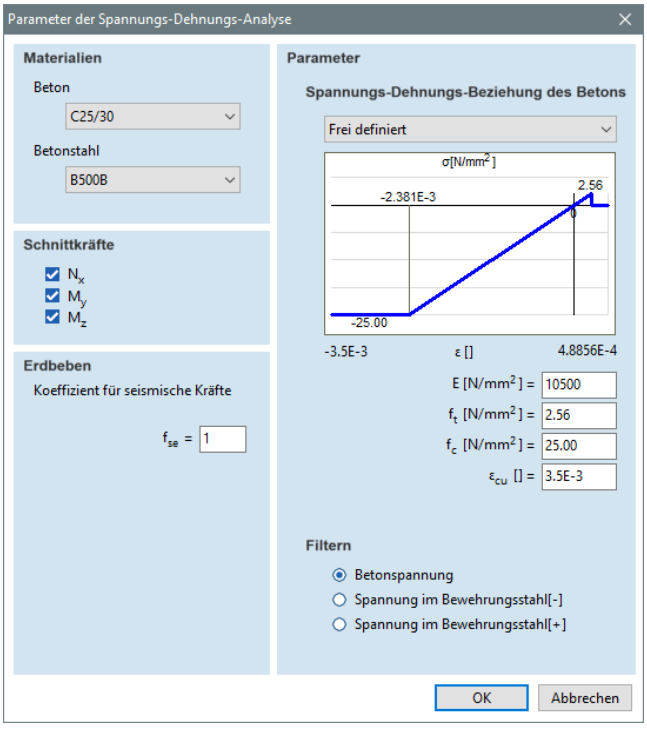
Angabe der Beton- und Stahlqualität

Schnittkräfte

Die einzelnen Schnittkraftkomponenten können ein-/ausgeschaltet werden. Es werden nur die aktiven Schnittkraftkomponenten berücksichtigt. Mindestens eine Komponente muss aktiv sein.

Erdbeben

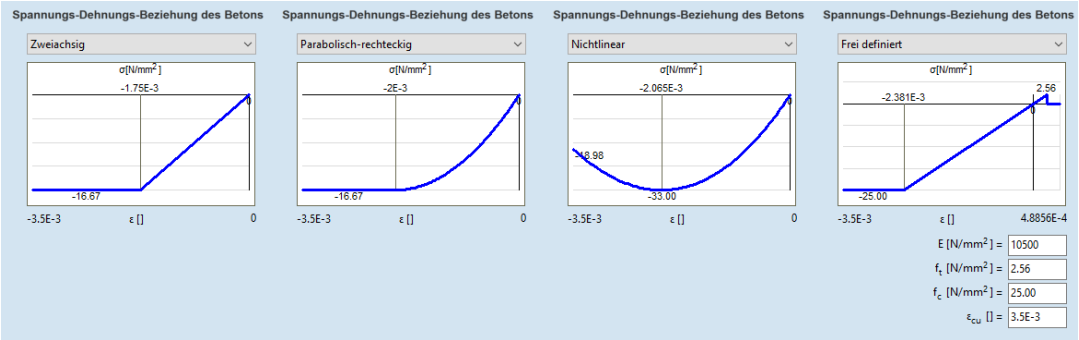
Faktor für Erdbebenlasten **siehe...** *4.10.24 Erdbebenbemessung – SE1 Modul*



Materalmodell für Beton

Das nichtlinare Materialmodell für den Beton kann in einem Auswahlmenü festgelegt werden. Für den Eurocode und die SIA-Norm sind unterschiedliche Materialmodelle verfügbar..

Eurocode



Bilinear

Materialmodell für Beton nach Abschnitt 3.1.7. (2) in EN 1992-1-1

$\sigma = f_{cd}$ ha $\varepsilon < -\varepsilon_{c3}$

$\sigma = f_{cd} \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{c3}}$ ha $0 \geq \varepsilon \geq -\varepsilon_{c3}$

Parabolisch-Rechteckig

Materialmodell für Beton nach Abschnitt 3.1.7. (2) in EN 1992-1-1

$\sigma = f_{cd}$ ha $\varepsilon < -\varepsilon_{c2}$

$\sigma = f_{cd}\left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{c2}}\right)^n\right]$ ha $0 \geq \varepsilon \geq -\varepsilon_{c2}$

Nichtlinear

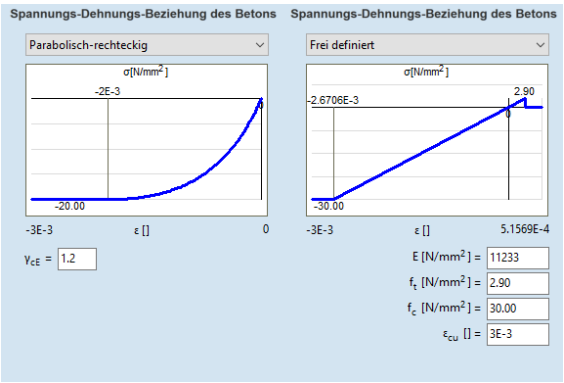
Materialmodell für Beton nach Abschnitt 3.1.5. (1) in EN 1992-1-1

$$\frac{\sigma}{f_{cm}} = \frac{k\eta - \eta^2}{1 + (k-2)\eta}$$

Benutzerdefiniert

Materialmodell mit benutzerdefinierten Parametern. Es kann verwendet werden, um den Einfluss der Betonzugfestigkeit oder des Kriechens auf die Betonsteifigkeit zu berücksichtigen.

SIA



Parabolisch-Rechteckig

Materialmodell für Beton nach Abschnitt 4.2.1.6. in SIA 262

$$\frac{\sigma_c}{f_{cd}} = \frac{k_\sigma \zeta - \zeta^2}{1 + (k_\sigma - 2)\zeta}$$

☞ ***Die Bemessungsnormen beschreiben bilineare, parabolisch-rechteckige und nichtlineare Materialmodelle spezifisch für die Bemessung von Querschnitten. Die Betonsteifigkeit kann daher von einer Handrechnung abweichen. Wird ein benutzerdefiniertes Materialmodell für den Beton gewählt, kann der E-Modul nach Young manuell angegeben werden. Dieses Materialmodell kann verwendet werden um die Zugfestigkeit oder das Kriechen im Beton abzubilden.***

☞ ***Das Verhalten von Stahl wird durch ein bilineares Materialmodell beschrieben.***

Ergebnisse filtern

Werden Ergebnisse für den Umhüllenden oder Massgebenden Grenzwert angezeigt, wird die Spannungs-Dehnungs-Berechnung für mehrere Lastfälle und Kombinationen durchgeführt. Diese Ergebnisse können in der Ergebnistabelle aufgerufen werden. In der grafischen Ansicht und im Info-Fenster wird jedoch nur die massgebende Kombination abgebildet. Die dargestellte Kombination ist wahlweise die massgebende Kombination für die Beton- oder Stahlspannung. Unter *Filter* kann die entpsrechende Option gewählt werden.

6.5.16.3. Spannungs-Dehnungs-Berechnung

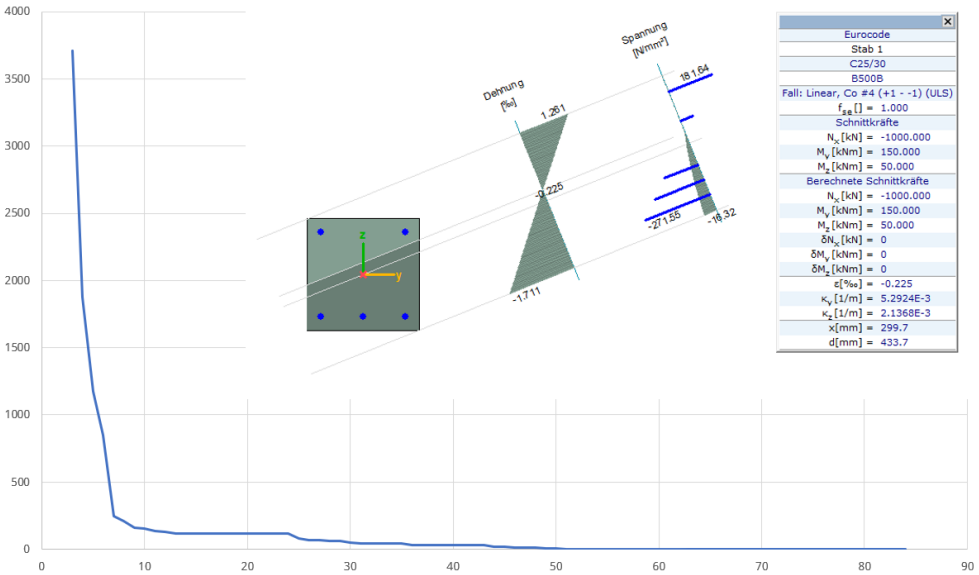
Während der Berechnung wird die Dehnung und Krümmung des Querschnitts für gegeben Schnittkräfte ermittelt unter Berücksichtigung des nichtlinearen Materialverhaltens und der Rissbildung im Beton. Unterstützte Bemessungsnormen sind

Eurocode 2: EN 1992-1-1:2010
SIA : SIA 262:2013

☞ ***Das RC6 Modul kann die Berechnung auf mehreren Prozessorkernen gleichzeitig durchführen, wenn umhüllende oder massgebende Ergebnisse ausgewählt werden. Es wird daher empfohlen die Option für das Multi-Threading zu aktivieren*** *(Einstellungen / Grundeinstellungen / Berechnung)*..

Iteration

Da die Aufgabenstellung nicht kontinuierlich und nichtlinear ist, kommt ein iteratives Verfahren zum Einsatz, um das Gleichgewicht zu bestimmen. Das RC6 Modul verwendet eine heuristisches Verfahren basierend auf erinem genetischen Algorythmus.



☞ ***Es ist möglich, dass der heuristische Algorythmus kein Gleichgewicht findet oder die Genauigkeit ungenügend ist (für die Normalkraft wird maximal eine Abweichung von 1% oder 1 kN zugelassen, für das Biegemoment 1 kNm). In diesen Fällen kann die Berechnung mit der Schaltfläche Neuberechnen erneut ausge-führt werden.***

Integration

Die mit den Dehnungen kompatiblen Schnittkräfte werden anhand eines sogenannten Fasermodells berechnet durch die nummerische Integration von Dehnungen ε und Krümmungen κy and κz. Das verwendete Materialmodell für den Beton und die Stahlqualität können durch den Anwender festgelegt werden.

6.5.16.4. Ergebnisse

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Spannungs-Dehnungs-Berechnung werden in der Ergebnistabelle und der grafischen Ansicht im Hauptfenster dargestellt. Folgende Fehler können bei der Spannungs-Dehnungs-Berechnungs-Berechnung auftreten.

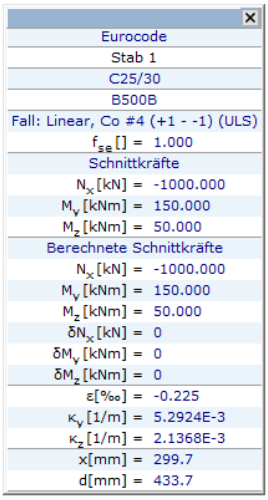
- Der Algorithmus konnte kein Gleichgewicht finden, die Spannungs-Dehnungs-Berechnung sollte erneut durchgeführt werden.
- Die Schnttkräfte übersteigen den Querschnittswiderstand.

Umhüllender und massgebdender Grenzwert

Die Ergebnisse des massgebenden Lastfalls, resp. der massgebenden Lastkombination werden im Diagramm dargestellt und im Info-Fenster angegeben, wenn umhüllende oder massgebende Ergebnisse angezeigt werden. Die Bezeichnung des Lastfalls, resp. der Lastkombination werden über der grafischen Darstellung angzeigt.

Infofenster

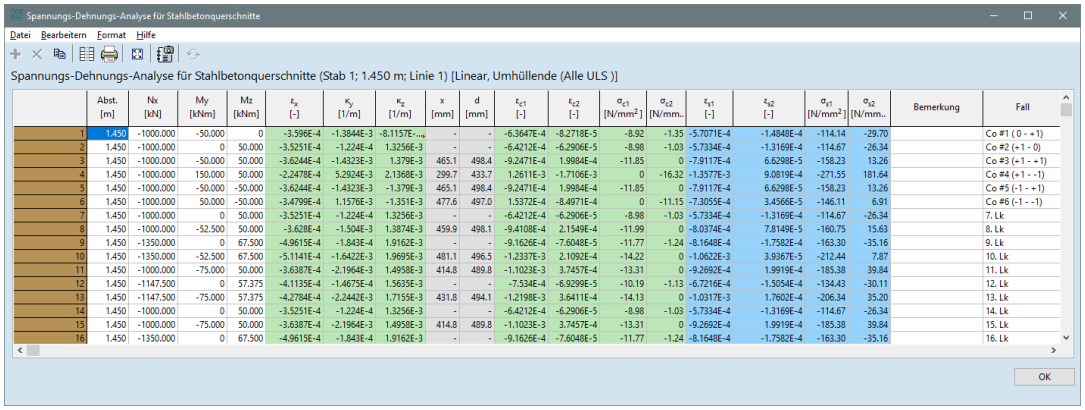
f_{se} – Faktor für Erdbebenlasten
N_x – Normalkraft
M_y – Biegemoment
M_z – Biegemoment
N_x – Normalkraft (integriert)
M_y – Biegemoment (integriert)
M_z – Biegemoment (integriert)
δN_x – Abweichung der integrierten von der effektiven Normalkraft
δM_y – Abweichung des integrierten vom effektiven Biegemoment
δM_z – Abweichung des integrierten vom effektiven Biegemoment
ε – Dehnung im Schwerpunkt
κ_y – Krümmung (*y* Achse)
κ_z – Krümmung (*z* Achse)
x – Druckzonenhöhe
d – statische Höhe



Ergebnistabelle



Die detailierten Ergebnisse der Spannungs-Dehnung-Berechnung können in der Ergebnistabelle angezeigt werden.





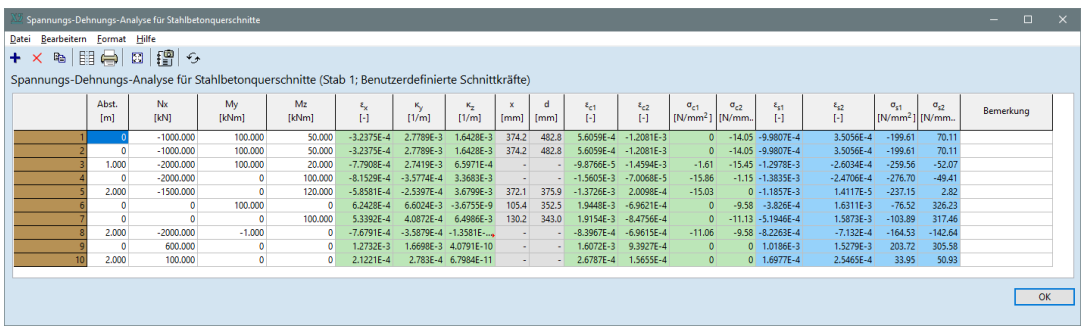
Benutzerdefinierte Schnittkräfte können in der Tabelle eingegeben werden, die mit der abgebildeten Schaltfläche geöffnet werden kann (**siehe...** *2.9 Tabellen*). Ergebnisse der Spannungs-Dehnungs-Berechnung für benutzerdefinierte Schnittkräfte sind ausschliesslich in dieser Tabelle verfügbar.



Neue Zeile

Zeile löschen

Neuberechnung



6.5.16.5. Spannungs-Dehnungs-Analyse von Flächenelementen

Spannungs-Dehnungs-Analyse

Bei Flächenelementen sind die Grundprinzipien der Berechnung und der Funktionsweise ähnlich wie für Träger- und Stützen (vgl. vorangegangene Abschnitte). Im Folgenden werden nur die Hauptmerkmale und Unterschiede aufgeführt.

Typ der Flächenelemente

Folgende Typen von Flächenelementen können mit dem Modul untersucht werden:

Normale Flächen
Rippendecken
Verbundrippendecken
Bereiche mit benutzerdefinierter Steifigkeitsmatrix

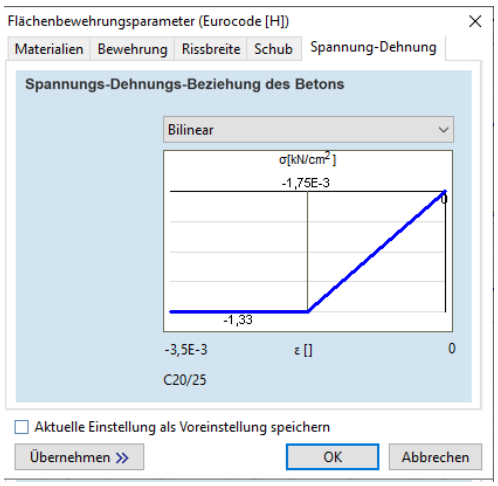
☞ ***Trapezblechverunddecken, Airdecks und Hohlkerndecken können nicht analysiert werden***

☞ ***Die Analyse kann nur durchgeführt werden, wenn für die Flächenelemente eine tatsächliche Bewehrung definiert wurde und die Bewehrungsrichtung der lokalen x- resp. y-Achse entspricht. Bereich mit benutzerdefinierten Bewehrungsrichtungen können nicht untersucht werden.***

Parameter

Die Spannungs-Dehnungs-Beziehung des Beton kann auf der Registerkarte *Spannung-Dehnung* des Fensters *Flächenbewehrungsparameter* gewählt werden. Die automatischen (nicht benutzerdefinierten) Modelle verwenden die Parameter des Betons gemäss der Materialdefinition

Detaillierte Informationen zu den verfügbaren Spannungs-Dehnungs-Beziehungen finden Sie im Kapitel *6.5.16.2 Parameter der Spannungs-Dehnungs-Berechnung*

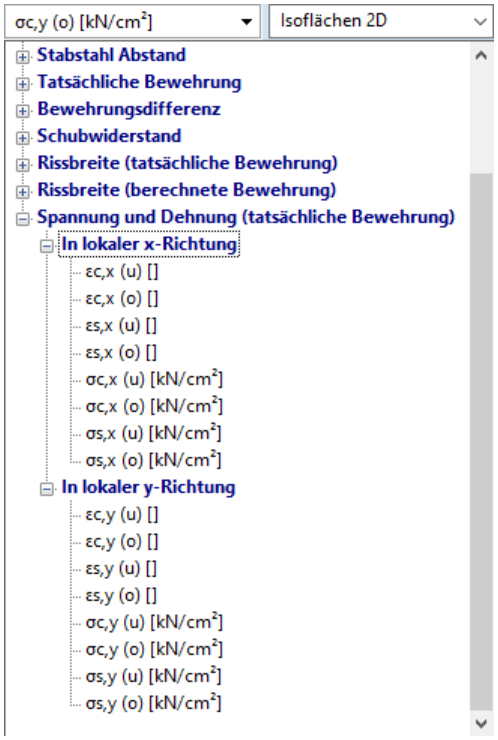


Ergebniskomponenten



Die verfügbaren Ergebniskomponenten der Spannungs-Dehnungs-Analyse sind in der Komponentengruppe *Spannung und Dehnung (tatsächliche Bewehrung)* aufgeführt. Die Ergebnisse werden für das aktuelle, sichtbare Modell oder die eingeblendeten Details berechnet. Aufgrund der erforderlichen Iterationen kann die Berechnung sehr viel Zeit in Anspruch nehmen. Die Rechenzeit ist stark abhängig von der Anzahl der verwendeten finiten Elemente. Die Verwendung (benutzerdefinierter) Details im Modell kann hilfreich sein, um die Rechenzeit zu verkürzen.

Diese Ergebniskomponenten sind nur verfügbar, wenn das Modell Flächenelemente enthält, für welche eine tatsächliche Bewehrung definiert wurde.



Folgende Ergebniskomponenten stehen für die lokale x- und y-Richtung zur Verfügung:

Dehnung

εc (b)	Betondehnung an der Unterkante
εc (t)	Betondehnung an der Oberkante
εs (b)	Stahldehnung im Schwerpunkt der unteren Bewehrung
εs (t)	Stahldehnung im Schwerpunkt der oberen Bewehrung

Spannung

σc (b)	Betonspannung an der Unterkante
σc (t)	Betonspannung an der Oberkante
σs (b)	Stahlspannung im Schwerpunkt der unteren Bewehrung
σs (t)	Stahlspannung im Schwerpunkt der oberen Bewehrung

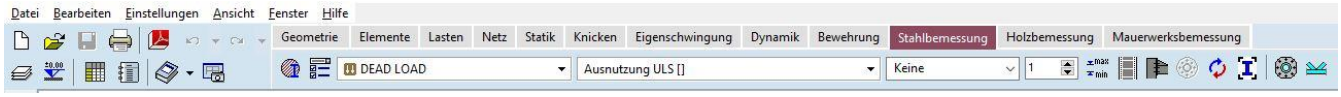
Die Ergebnisse können mit den üblichen Darstellungsarten am Flächenelement oder an einem Segmentschnitt angezeigt werden.

Ergebistabellen



Die Ergebnisse der Flächenelemente und der Segmentschnitte sind in den *Ergebnistabellen* zusammengefasst.

6.6. Stahlbemessung



6.6.1. Stahlbemessung nach Eurocode 3 – SD1 Modul

EUROCODE 3

Die Stahlbaubemessung kann für folgende Querschnittsformen angewandt werden

Gewalzte I-Träger
Geschweißte I-Träger
Geschlossene rechteckige Profile
Rohrprofile
Einfach symmetrische I-Profile
T-Profile
Rechteckige Vollquerschnitte
Kreisförmige Vollquerschnitte
Beliebige Profile, gewisse Nachweise werden nicht geführt

Mit dieser Funktion können Querschnitte der Querschnittklasse 4 , einfach- und doppeltsymmetrische I-Querschnitte , rechteckige T und hohle Profile untersucht werden. Im Falle gleichförmiger Druck- und Biegebeanspruchung werden die effektiven Querschnittswerte berechnet. Diese Querschnittswerte können im Register *Stahlbemessung* in der Funktion *Tabelle* unter *Bemessungswiderstände* angezeigt werden oder im Pop-Up-Fenster nach Klicken auf den untersuchten Stab.

A_{eff} : die effektive Querschnittsfläche im Fall gleichmässigen Druckes

$e_{N,y}$: die Verschiebung der y-Neutralachse wenn der Querschnitt unter gleichförmiger Druck-beanspruchung angenommen wird (ist Null wenn der Querschnitt zur y-Achse symmetrisch ist). Eine negative Verschiebung wird ein negatives $\Delta My = Ne_{N,y}$ Moment im aktuellen Querschnitt bewirken.

$W_{eff,min}$: elastisches Widerstandsmoment (bezogen auf die Faser mit der maximalen elastischen Spannung) des des effektiven Querschnittes im Falle eines Momentes nur um die relevante Achse

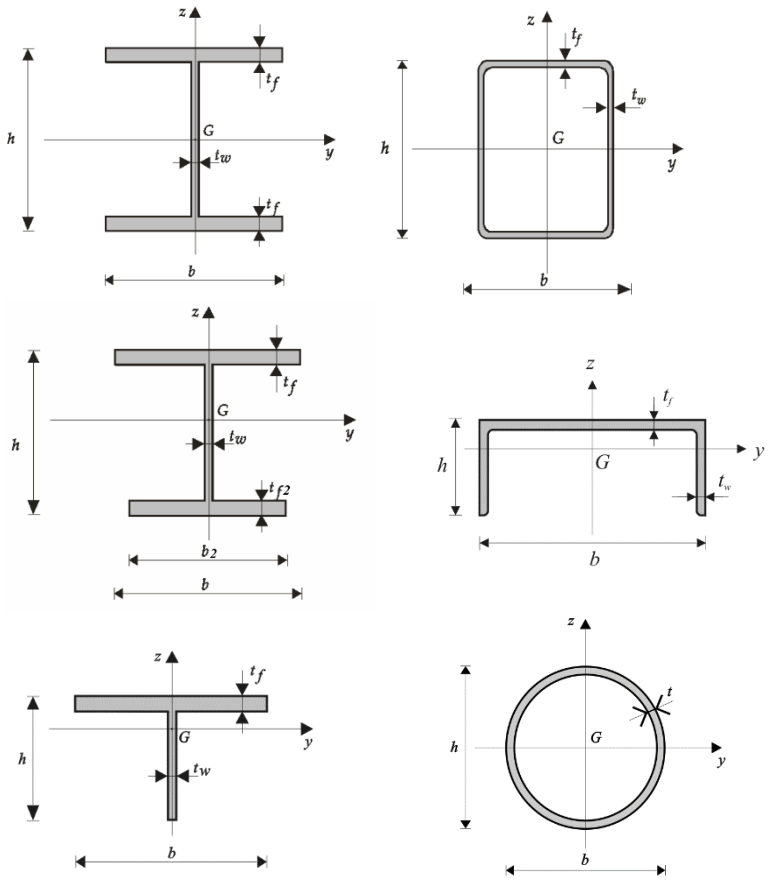
$W_{eff,(+),min}$ bezieht sich auf Querschnitte wo die Momentenbeanspruchung positiv ist

$W_{eff,(-),min}$ bezieht sich auf Querschnitte, wo die Momentenbeanspruchung negativ ist

Es ist wichtig zu wissen, dass diese Querschnittswerte nur berechnet werden, wenn der Querschnitt zur Querschnittsklasse 4 gehört. Es kann vorkommen, dass keine Spannung vorhanden ist welche Knicken verursacht, aber die Querschnittswerte werden trotzdem in der Tabelle aufgeführt. Untypische Querschnitte (variable Querschnitte) der Klasse 4 werden nur berechnet, wenn α des nicht rechteckigen Blechs kleiner 10 ist. (EN 1993-1-5: 2.3).

Es wird vorausgesetzt, dass der Querschnitt keine Löcher aufweist und aus Platten besteht, deren Dicken kleiner oder gleich 40 mm sind.
Der Querschnitt sollte konstant oder konisch sein. Es wird ebenfalls vorausgesetzt, dass Lasten auf einfach symmetrischen Querschnitten in der Symmetrieebene wirken, das ist die Biegeebene. Für allgemeine Querschnitte ohne Symmetrieebene werden nur *Normalkraft-Biegung-Querkraft (N-M-V)* und *Druck-Biegung-Knicken (N-M-Knicken)* kontrolliert.

☞ ***AxisVM führt nur die oben aufgeführten Kontrollen durch. Alle andern in der Norm definierten Kontrollen, wie Torsion, Aussteifungskräfte, Knotenausbildung etc. müssen vom Anwender separat durchgeführt werden.***
Die Hauptachsen eines beliebigen Querschnittes müssen mit den lokalen y- und z Achsen zusammenfallen.



Querschnitts-klassifizierung

Das Programm führt die Querschnittsklassifizierung gemäss EN 1993-1-1, Tabelle 5.2 durch. Wann immer möglich, bestimmt es die Klasse basierend auf der tatsächlichen Spannungsverteilung von kombinierter Druck- und Biegebeanspruchung. Diese Klassifizierung basiert auf dem Querschnitt mit der maximalen Druckspannung. Wenn an keiner Stelle des Querschnitts Druck herrscht, wird er automatisch in die Klasse 1 eingestuft. Bei Umhüllenden und massgebenden Kombinationen erfolgt die Klassifizierung nach den Schnittgrößen der entsprechenden Kombination. Das Programm führt bei zweiachsiger Biegung von symmetrischen oder doppeltsymmetrischen I-, T-, C- sowie geschlossenen Rechteckprofilen bei der Prüfung der Kriterien für Querschnittsklasse 1 und 2 eine konservative Berechnung unter Annahme eines überdrückten Querschnitts durch. Bei reiner einachsiger Biegung mit oder ohne Druck wird die Stelle der plastischen neutralen Achse ermittelt und die Qurschnittsklassifizierung anhand der plastischen Spannungsverteilung durchgeführt.

Nachweise

Normalkraft-Biegung-Querkraft [N-M-V]	(EN 1993-1-1, 6.2.1, 6.2.8)
Druck-Biegung-Knicken (Biegung in Ebene oder Torsion) [N-M-Buckl.]	(EN 1993-1-1, 6.3.3)
Normalkraft-Biegung-Biegedrillknicken [N-M-BDKnicken]	(EN 1993-1-1, 6.3.3)
Querkraft /y [V_y]	(EN 1993-1-1, 6.2.6)
Querkraft /z [V_z]	(EN 1993-1-1, 6.2.6)
Stegquerkraft-Biegung-Normalkraft [V_w-M-N]	(EN 1993-1-1, 6.2.1, 6.2.8)

Widerstände

Plastischer Widerstand (axial) [$N_{pl,Rd}$]	(EN 1993-1-1, 6.2.4)
Effektiver Querschnittwiderstand bei gleichförmigem Druck [$N_{eff,Rd}$]	(EN 1993-1-1, 6.2.4)
Elastischer Schubwiderstand /y Achse [Vel,y,Rd]	(EN 1993-1-1, 6.2.6)
Elastischer Schubwiderstand /z Achse [Vel,z,Rd]	(EN 1993-1-1, 6.2.6)
Plastischer Schubwiderstand /y Achse [$V_{pl,y,Rd}$]	(EN 1993-1-1, 6.2.6)
Plastischer Schubwiderstand /z Achse [$V_{pl,z,Rd}$]	(EN 1993-1-1, 6.2.6)
Schub-Stegbeulen [$V_{b,Rd}$]	(EN 1993-1-5, 5.2-3)
Elastischer Momentenwiderstand /yy [$M_{el,y,Rd}$]	(EN 1993-1-1, 6.2.5)
Elastischer Momentenwiderstand /zz [$M_{el,z,Rd}$]	(EN 1993-1-1, 6.2.5)
Plastischer Momentenwiderstand /yy [$M_{pl,y,Rd}$]	(EN 1993-1-1, 6.2.5)
Plastischer Momentenwiderstand /zz [$M_{pl,z,Rd}$]	(EN 1993-1-1, 6.2.5)
Effektiver Momentenwiderstand im Fall Biegung um Achse y [$M_{pl,y,Rd}$]	(EN 1993-1-1, 6.2.5)
Effektiver Momentenwiderstand im Fall Biegung um Achse y [$M_{pl,z,Rd}$]	(EN 1993-1-1, 6.2.5)

Minimaler Knickwiderstand (Biegung in Ebene oder Torsion) [$N_{b,Rd}$] (EN 1993-1-1, 6.3.1)
Biegedrillknickwiderstand [$M_{b,Rd}$] (EN 1993-1-1, 6.3.2,ENV 1993-1-1, Anhang F1.2)

Diese Werte werden – wegen ihres Informationsgehaltes – vom Programm als Ergänzungswerte geliefert. Die Untersuchungen sind in den meisten Fällen mit Interaktionsformeln beschrieben. Die detaillierte Erklärung und Anwendung der Variablen, welche in den Formeln vorkommen, ist in der Norm beschrieben.

ImWeiteren, $N_{Rk} = f_y A$; $M_{y,Rk} = f_y W_y$ und $M_{z,Rk} = f_y W_z$
wobei $W_y = W_{pl,y}$ und $W_z = W_{pl,z}$ im Fall Quersschnittklassen 1 und 2
$W_y = W_{el,y}$ und $W_z = W_{el,z}$ im Fall Querschnittklasse 3
$W_y = W_{eff,y}$ und $W_z = W_{eff,z}$ im Fall Querschnittklasse 4.

Normalkraft-Biegung-Schub

Der Stab kann unter Zug oder Druck sein. Die Prüfung läuft anhand EN 1993-1-1,6.2.1 (7)

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}/\gamma_{M_0}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}/\gamma_{M_0}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M_0}} \leq 1$$

$\Delta M_{y,Ed} = N_{Ed} \cdot e_{N,y}$: ist nur dann nicht Null, wenn der Querschnitt zur Klasse 4 gehört und der Originalquerschnitt zur y-Achse asymmetrisch ist.

Hohe Schubbeanspruchung
Wenn die Schubkraft grösser als 50% des Schubwiderstandes ist wird der Einfluss der Schubkraft wie folgt berücksichtigt.
Für Querschnitte der Klassen 1 und 2 erfolgt eine Abminderung der Widerstansmomente nach EN 1993-1-1, 6.2.8.
Für Querschnitte der Klassen 3 und 4 werden die Spannungen ermittelt und die allgemeine und konservative Formel gemäß EN 1993-1-1 6.2.1 (5) angewendet.
Diese Prüfung wird für Querschnitte der Typen I, T, C, Rohr- und rechteckige Hohlprofile. Für andere Querschnittstypen (L-förmige, rechteckige und runde Vollquerschnitte, benutzerdefinierte Querschnitte) muss der Einfluss hoher Schubbeanspruchung vom Anwender berechnet werden.

Plastischer Widerstand
Für Querschnitte des Typs I, Rohr und rechteckige Hohlquerschnitte der Querschnittsklassen 1 und 2 wird die Widerstandsuntersuchung gemäß EN 1993-1-1 6.2.10. durchgeführt. Eine Abminderung des Widerstandsmomentes wird sowohl für Schub- wie Normalkrafteinfluss gemacht. Neben der Widerstandsprüfung infolge reiner Normakraft- und reiner Schubbeanspruchung sollten die folgenden Kriterien erfüllt sein.

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \leq 1; \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \leq 1$$

Wobei $M_{N,y,Rd}$, $M_{N,z,Rd}$: reduzierte Momentenwiderstände aufgrund des Schub- und Normalkrafteinflusses (EN 1993-1-1 6.2.8. és 6.2.9.1). Der reduzierte Momentenwiderstand im Fall von Rohrelemente wird wie folgt berechnet:

$$M_{N,y,Rd} = 1.04 \cdot \left(1 - \rho - \frac{n^{1.7}}{(1-\rho)^{0.7}}\right); \; n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}; \; \rho = \left(2\frac{V_{Ed}}{V_{pl,z,Rd}} - 1\right)^2$$

$$M_{N,z,Rd} = 1.04 \cdot \left(1 - \rho - \frac{n^{1.7}}{(1-\rho)^{0.7}}\right); \; n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}; \; \rho = \left(2\frac{V_{Ed}}{V_{pl,y,Rd}} - 1\right)^2$$

Für zweiachsige Biegung sollte das Kriteruium nach EN 1993-1-1 6.2.9.1. (6) erfüllt sein:

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}}\right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}}\right]^{\beta} \leq 1$$

Für 7-DOF-Stäbe mit einem symmetrischen oder doppelsymmetrischen I- oder C-Querschnitt wird diesen Formeln ein weiterer Term hinzugefügt, welcher den Effekt der Flanschbiegung (Bimoment) infolge Verwölbung berücksichtigt [46; 3.1.1 und 3.1.2]:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}/\gamma_{M_0}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}/\gamma_{M_0}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M_0}} + \frac{M_{w,Ed}}{M_{f,Rk}/\gamma_{M_0}} \leq 1$$

$$\frac{M_{w,Ed}}{M_{N,f,Rd}} \leq 1$$

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}}\right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} + \frac{M_{w,Ed}}{M_{N,f,Rd}}\right]^{\beta} \leq 1$$

wobei $M_{f,Rk}$ und $M_{N,f,Rd}$ der Momentenwiderstand des schwächeren Flansches ist, und $M_{w,Ed}$ ein zusätzliches Biegemoment der Flansche infolge Bimoment B_{Ed} ist:

$$M_{w,Ed} = \frac{B_{Ed}}{h - \frac{t_f}{2} - \frac{t_{f_2}}{2}}$$

Druck-Biegung-Knicken

Die Untersuchung erfolgt nach EN 1993-1-1, 6.3.3 (6.61) und (6.62):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M_1}} + k_{yy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}/\gamma_{M_1}} + k_{yz}\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M_1}} \leq 1$$
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M_1}} + k_{zy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}/\gamma_{M_1}} + k_{zz}\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M_1}} \leq 1$$
$$(\chi_{LT} = 1.0)$$

$\Delta M_{y,Ed} = N_{Ed} \cdot e_{N,y} \neq 0$ nur wenn der Querschnitt zur Klasse 4 gehört und der Originalquerschnitt zur y-Achse asymmetrisch ist.

Normalkraft-Biegung-Biegeknickung

Bei Untersuchung des Biegeknickungswiderstands nehmen wir an, dass der Querschnitt ständig, auf die lokale Achse z symmetrisch, und in der Symmetriefläche belastet ist, also die Biegungs- und Symmetriefläche sind dieselben Flächen (ausser für C/U Querschnitte, siehe unten). Bei der Berechnung des Biegeknickungsgrenzkraft ist k (ENV 1993-1-1, F1.2) mit K_z gleichwertig. Die „schwache" Achse muss Achse z sein.

Die Untersuchung nach EN 1993-1-1, 6.3.3 (6.61) und (6.62):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M_1}} + k_{yy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\gamma_{M_1}} + k_{yz}\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M_1}} \leq 1$$
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M_1}} + k_{zy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\gamma_{M_1}} + k_{zz}\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M_1}} \leq 1$$

Indem $\Delta M_{y,Ed} = N_{Ed} \cdot e_{N,y} \neq 0$ nur wenn der Querschnitt zur Klasse 4 gehört und der Originalquerschnitt zur y-Achse asymmetrisch ist.

χ_{LT} wird berechnet nach EN 1993-1-1 6.3.2.2 bzw. 6.3.2.3.:

Die Bestimmung der $k_{yy}, k_{yz}, k_{zy}, k_{zz}$ Interaktionsfaktoren erfolgt nach EN 1993-1-1, Anhang B, Verfahren 2. (Tabellen B.1 und B.2). Die Verwendung der Methode 1 des Anhangs A kann im Standardfenster eingestellt werden.

Die C_{my}, C_{mz}, C_{mLT} äquivalenten gleichförmigen Momentenfaktoren sind in Tabelle B.3. aufgelistet.

Der Momentendiagrammabschnitt zwischen den Stützpunkten wird anhand der Knicklänge gewählt.

- Wenn $K > 1$, sollte das Momentendiagramm für einen Abschnitt berücksichtigt werden, der länger als der Stab ist, daher verwendet das Programm den konservativsten Wert $C_{mz} = 1$.
- Wenn $0.5 < K \leq 1$, verwendet das Programm das Momentendiagramm des Bemessungselementes.
- Bei $K < 0.5$ wird von mindestens einem Zwischenauflager ausgegangen. In diesem Fall berücksichtigt das Programm einen Abschnitt des Momentendiagramms um das Minimum und Maximum herum. Die Länge des Abschnittes entspricht der Knicklänge. Der grössere dieser beiden Werte ist der Momentenfaktor.
- Wenn $K = 0.5$ ist, wird der grösste Werte C_m verwendet, der mit den vorherigen zwei Verfahren bestimmt wurde.

Im Fall von Zug erfolgt die Untersuchung mit effektiven Momenten gemäß (ENV 1993-1-1, 5.5.3).

Die Torsionsbemessung von Trägern mit U- oder C-Querschnitt basiert auf dem Verfahren von Snijder et al. (Bemessungsregeln für die seitliche Torsionskrümmung von Kanalabschnitten unter Stegbelastung, Stahlbau, Vol. 77, 2008). Das Verfahren geht davon aus, dass die exzentrische Last parallel zum Steg verläuft und in der Ebene des Steges wirkt. Das Verfahren wurde für Träger mit UPE-Querschnitt abgeleitet, bei denen das Spannweiten-Höhen-Verhältnis zwischen 15 und 40 liegt.

Die Formel der Stabilitätsinteraktion gilt für Träger, die in ihrer Biegeebene eine Symmetrieachse aufweisen. Für C- und U-Querschnitte sind die Ergebnisse nur informativ.

☞ ***Im Vergleich zu früheren Versionen der Software wird das seitliche Drillknicken von Trägern mit C- oder U-Querschnitt nicht mehr in der Symmetrieebene überprüft, sondern auf eine exzentrische Last, die parallel zum Steg und durch die Mitte des Steges verläuft.***

Für Stäbe mit 7 Freiheitsgraden (7DOF) mit symmetrischem oder doppelsymmetrischem I- oder C-Querschnitt berücksichtigt die Interaktionsformel den Effekt der Flanschbiegung (Bimoment) infolge Verwölbung gemäss Anhang A Formel A.1 in EN 1993-6 [47 , 46; 3.2]:

$$\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\gamma_{M_1}} + C_{mz}\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M_1}} + k_{wLT}k_{zwLT}k_{\alpha LT}\frac{M_{w,Ed}}{M_{f,Rk}/\gamma_{M_1}} \le 1$$

Schub/y Die Untersuchung erfolgt nach EN 1993-1-1, 6.2.6:

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{c,y,Rd}} \le 1$$

Elastische Querschnitte:

$$V_{c,y,Rd} = \frac{I \cdot t}{S}\frac{f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M_0}}$$

Unterstützer Querschnitte:

Plastische oder nicht unterstützte Querschnitte:

$$V_{c,y,Rd} = A_v\frac{f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M_0}}$$

Schub /z Die Untersuchung erfolgt nach EN 1993-1-1, 6.2.6:

$$\frac{V_{zEd}}{\min(V_{czRd}, V_{bRd})} \le 1$$

$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd}$: Der Widerstand wird unter Mitwirkung des Steges jedoch nicht der Flanschen berechnet.

Elastische Querschnitte:

$$V_{c,z,Rd} = \frac{I \cdot t}{S}\frac{f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M_0}}$$

Unterstützer Querschnitte:

Plastische oder nicht unterstützte Querschnitte:

$$V_{c,z,Rd} = A_v\frac{f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M_0}}$$

Stegschub-Biegung-Normalkraft Die Untersuchung erfolgt für Querschnitte mit Steg (I und rechteckige Hohlquerschnitte gemäß (EN 1993-1-5 7.1) unter der Voraussetzung dass der Steg parallel zur lokalen z-Achse verläuft

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} + \left(1 - \frac{M_{fRd}}{M_{pl,Rd}}\right)\cdot\left(2\frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} - 1\right)^2 \le 1$$

wobei M_{fRd} Momentenwiderstand des Flanschblechs
Im Fall grosser Schub- bzw. Normalkraft erfolgt die Untersuchung gemäß EN 1993-1-1 6.2.8, 6.2.9

Standard Profile

Querschnitte		N-M-V Belastung	N-M-Knicken	N-M-LT Knicken	Schub Vy	Schub Vz	Steg-beulen	Netto Querschnitt
I		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Einfach symmetrische I		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
T		✓	✓	✓	✓	✓	—	✓
Kasten		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Geschweißter Kasten		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ringquerschnitt		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
L		✓	✓	—	✓	✓	—	—
L gleichschenklig		✓	✓	Wenn Biegung in der Ebene der Symmetrie + Mcr erforderlich ist	✓	✓	—	—
U		✓	✓	Wenn Biegung in der Ebene der Symmetrie approximativ	✓	✓	—	—
C		✓	✓	Wenn Biegung in der Ebene der Symmetrie approximativ	✓	✓	—	—
Kreis		✓	✓	✓	✓	✓	—	—
Rechteck		✓	✓	✓	✓	✓	—	—

Zweiteilige Profile [(*)]

Querschnitte		N-M-V Belastung	N-M-Knicken	N-M-LT Knicken	Schub Vy	Schub Vz	Steg-beulen	Netto Querschnitt
2I		✓	✓	—	✓	✓	—	—
2I wenn a=0 → geschweisster Hohlkasten		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2L		✓	✓	—	✓	✓	—	—
2L wenn a=0 → T		✓	✓	✓	✓	✓	—	✓
2U geöffnet][		✓	✓	—	✓	✓	—	—
2U geöffnet][wenn a=0 → I		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2U geschlossen []		✓	✓	—	✓	✓	—	—
2U geschlossen [] wenn a=0 → Hohlkasten		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2LX		✓	✓	—	✓	✓	—	—
4X		✓	✓	—	✓	✓	—	—
4X wenn a=0 → X		✓	✓	—	✓	✓	—	—

Andere Profile

Querschnitte		*N-M-V Belastung*	*N-M-Knicken*	*N-M-LT Knicken*	*Schub Vy*	*Schub Vz*	*Steg-beulen*	*Netto Querschnitt*
Z		✓	✓	-	✓	✓	-	-
J		-						
Unsymmetrische C		-						
Unsymmetrisch Z		-						
S		-						
X		✓	✓	✓	✓	✓	—	—
Bogen		✓	✓	-	✓	✓	-	-
Halbkreis		✓	✓	-	✓	✓	-	
Reguläre Polygonform		✓	✓	-	✓	✓	-	-
Geschweißt I (***)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
I mit doppelten Flanschen (***)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Komplex / andere (**)		✓	✓	-	✓	✓	-	-

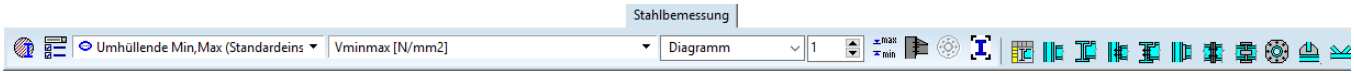
(*) Wenn bei zweiteiligen Profilen der Abstand zw. den Profilen Null ist, geht das Programm davon aus, dass die Verbindung zwischen den Elementen durchgängig ist (EN 1993-1-1 6.4.4: Mehrteilige Bauteile mit geringer Spreizung), der Knicknachweis wird dementsprechend geführt. Wenn der Abstand zwischen den beiden Querschnitten Null ist, nimmt das Programm an, dass die Verbindung zwischen den Elementen kontinuierlich ist und ersetzt die beiden durch einen Querschnitt (I, T, X oder Box). Die Verbindung muss vom Benutzer nachgewiesen werden.

(**) Profile werden nur bemessen, wenn die lokalen Koordinaten identisch mit den Hauptrichtungen sind.

(***) Berechnet mit der Gesamthöhe des Querschnitts, der Aussteifungseffekt des mittleren Flansche ist nicht berücksichtigt.

☞ ***Wenn die Profile kalt gewalzt werden, wird die Gruppe nicht bemessen.***

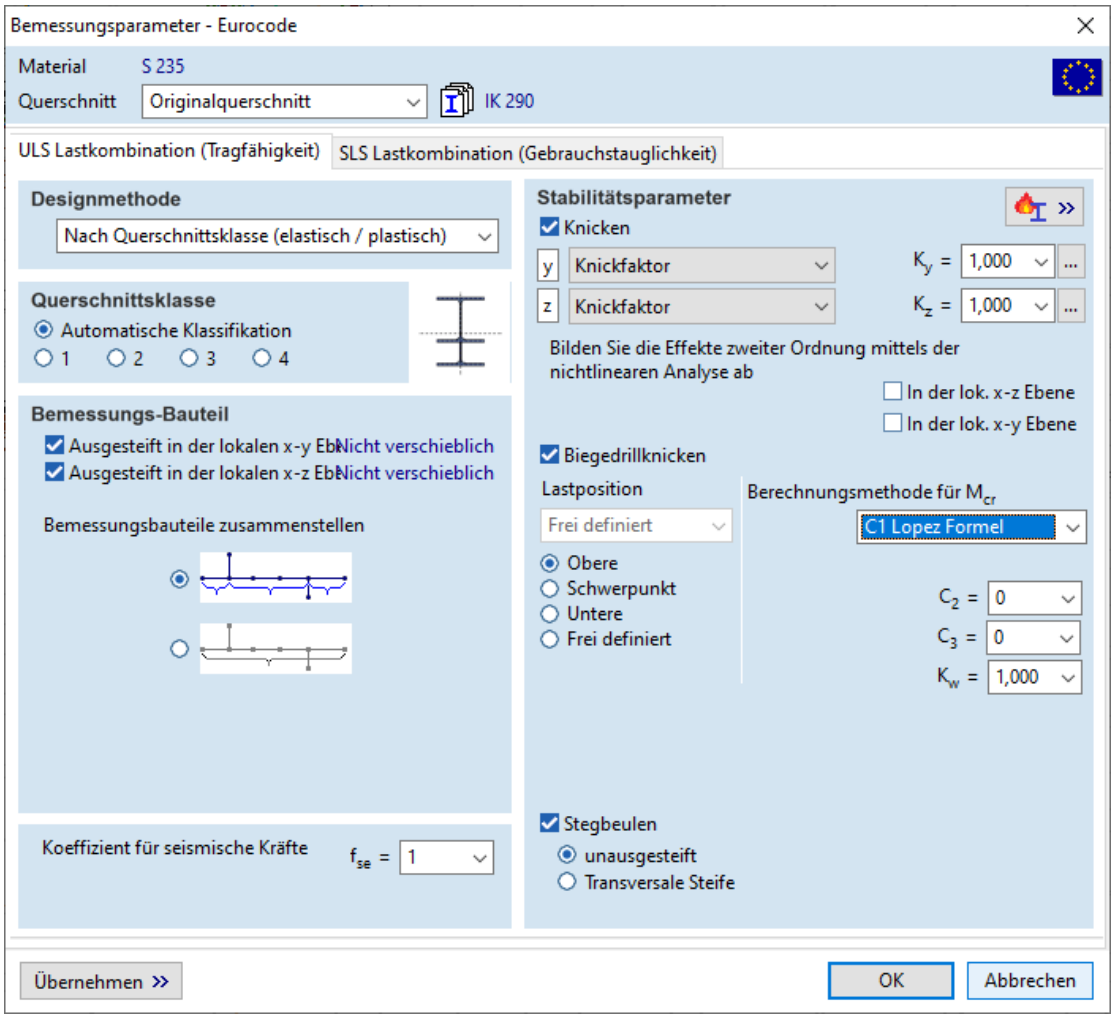
6.6.1.1. Bemesssungsparameter Tragsicherheit



Bemessungs-parameter

Für eine Bemessung nach Eurocode 3, müssen die nachfolgenden Bemessungsparameter definiert und den Konstruktionselementen zugewiesen werden.

Tragfähigkeit (ULS - Ultimate Limit State)



Querschnitt

Für die Stahlbemessung kann ein anderer Querschnitt (Profil) gewählt werden als in der statischen Berechnung verwendet wurde. Wenn der Querschnitt verändert wird, werden die Stahlnachweise mit den Schnittgrössen des ursprünglichen Querschnitts gerechnet, aber für den neuen Querschnitt. Genauso für die Bemessung im Brandfall werden die ursprünglichen Reduzierungsbeiwerte für die Heissbemessung verwendet (**siehe...** *6.6.3 Brandbemessung von Stahlträgern gemäss Eurocode 3 – SD8 modul*). Wenn die Ergebnisse betrachtet werden, werden die veränderten Stahlbemessungsbauteile mit einem * nach dem Querschnittsnamen gekennzeichnet. Im drop-down Menu können wir die Querschnittsgrössen auswählen, die vorher im Modell ausgewählt wurden.



Wenn Sie auf dieses Symbol klicken, können Sie weitere Querschnitte aus der Querschnittsbibliothek laden oder eine parametrische Form definieren. Auf der rechten Seite dieses Symbols können die ursprünglichen Querschnittsgrössen angezeigt werden.



Durch Klicken auf das Symbol *Querschnitte ersetzen* wird der ursprüngliche Querschnitt der ausgewählten Stäbe mit dem im Dialog *Bemessungsparameter* eingegebenen Querschnitt ersetzt.

Bemessungs-verfahren

Nach Querschnittsklasse (elastisch/plastisch): Beide Bemessungsmethoden, elastisch und plastisch sind zulässig, abhängig von der Querschnittsklasse des Bauteils.

Elastische Bemessung: alle Nachweide benutzen elastische Methoden. Widerstände werden aus elastischen Querschnittswerten berechnet, bei Klasse 4 werden effektive Querschnittswerte benutzt.

Querschnittsklasse

Die automatische Klassifizierung basiert auf den aktuellen Spannungswerten.

Aussteifung

Aussteifungen in einer Richtung sollten ausgeschaltet sein, falls das Bauteil in Richtung der lokalen x-y oder x-z Ebenen auslenken kann. Dies hat einen Einfluss auf die Berechnung der Biegeknickung (AutoNcr) und, bei Biegedrillknicken, auch auf die seitlichen Auflager für die AutoMcr Methode. Zusätzlich haben diese Aussteifungen während des Stabilitätsinteraktionsnachweises (EN 1993-1-1: 2005 Annex B: Method 2: Table B.3) einen Einfluss auf die Faktoren Cmy und Cmz.

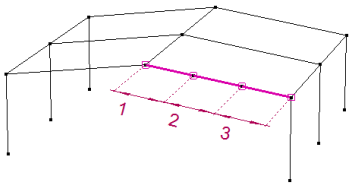
Zusammenstellen der Konstruktions-elemente

Die Bemessung erfolgt an Konstruktionselementen welche aus einem oder mehreren Finiten Elementen (Stäbe, Plattenbalken) bestehen kann. Eine Gruppe finiter Elemente kann nur dann ein Konstruktionselement werden, wenn einige, durch das Programm kontrollierte Anforderungen erfüllt sind: Achsen müssen auf der gleichen Linie sein, dasselbe Material besitzen, gleichen Querschnitt aufweisen und paralle lokale Koordinatensysteme haben.

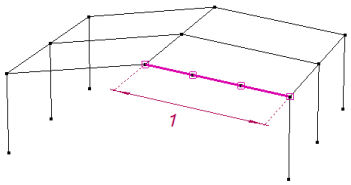
☞ ***Konstruktionselemente für Stahlbemessung sind nicht dasselbe wie normale Konstruktionselemente (siehe...** 3.2.14 Konstruktionselemente zusammenstellen**)***

Das Programm erlaubt die folgenden beiden Methoden für das Zusammenstellen von Konstruktionselementen:

Jeder Knoten, der in einer Auswahl von finiten Elementen liegt und mit dem noch ein anderes finites Element verbunden ist, wird zum Schlusspunkt eines Bemessungselements innerhalb der Auswahl.



Die finiten Elemente in der Auswahl gelten als ein einziges Bemessungselement, unabhängig davon, ob andere finite Elemente die mit deren Knoten verbunden sind.



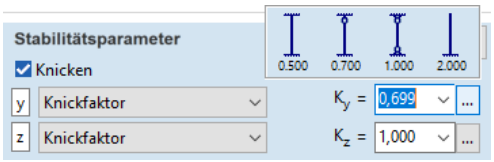
Faktor für seismische Kräfte **siehe...** *4.10.24 Erdbebenbemessung – SE1 Modul*

Stabilitäts-parameter

AxisVM führt Knick-, Biegedrillknicknachweise und Nachweise gegen Stegschubausbeulen. Jeder Nachweis kann separat durch Aktivieren des entsprechenden Kontrollkästchen eingeschaltet werden. Ist es sicher, dass zum Beispiel kein Risiko für Biegedrillknicken besteht, kann dieser Nachweis deaktiviert werden. Es müssen dann auch keine entsprechenden Parameter eingegeben werden.

Knicken (Biegung)

Um den K_y und K_z Knickwiderstand über die y und z-Achse zu bestimmen (in der lokalen x-z und y-z Ebene), müssen die Stabendlager definiert werden.
Das Knickverhalten kann auf 3 Arten angegeben werden.



Ky, Kz Knickfaktoren (Faktoren für wirksame Länge). Der Knickfaktor wird mit der Länge des Bemessungselements multipliziert (und nicht mit der Gesamtlänge der ausgewählten Elemente). Es ist zu beachten, dass verbundene Elemente in mehrere Bemessungselemente getrennt werden können (siehe oben: Zusammenstellung der Konstruktionselemente).

Ly, Lz Knicklängen. Die eingegebene Knicklänge wird unabhängig von der Länge des Bemessungselements angewendet. Dies ermöglicht oft eine direktere Bemessung bei komplexen Strukturen.

Auto. Die Knicklänge der Bemessungselemente wird automatisch berechnet. Die sogenannte AutoNcr Methode bestimmt die Knicklänge aufgrund der Modellgeometrie und dem Schnittkraftverlauf im Modell. Die Knicklänge von jedem Bemessungselement wird berechnet, nachdem die stabilisierende Wirkung der anderen verbundenen Elemente berücksichtigt wurde.

Die Methode basiert auf die Vorschriften der European Convention for Constructional Steelwork (ECCS TC8: Rules for Member Stability in EN 1993-1-1: Background documentation und design guidelines).
Die ursprüngliche Methode wurde für vertikale Stützen eines einfachen Rahmens entwickelt. Der verbesserte Algorithmus von AxisVM kann jede 3D-Struktur bearbeiten, jedoch können für spezielle Geometrien bedeutende Fehler auftreten. In diesen Fällen sollte der Benutzer überprüfen, ob die berechneten Knicklängen in der erwarteten Bandbreite liegen. Für komplexe Strukturen ist es empfehlenswert, entweder den kritischen Lastparameter mit einem Eigenwertproblem zu bestimmen (*6.2 Knicken*) oder eine nicht-lineare Analyse mit nicht-linearem Materialverhalten und geometrische Imperfektionen durchzuführen.

Die Knicklänge hängt stark von der verschieblichen Knickform des Bemessungselements ab. Das Kontrollkästchen Eingesteift in lokaler x-y/x-z Ebene bestimmt die Empfindlichkeit des Elements bezüglich Effekte

zweiter Ordnung. Es ist zu beachten, dass z.B. Stützen eines Stockwerksrahmens normalerweise in verschieblicher Form in der Ebene knicken, auch wenn der Rahmenbalken nicht knickt (weil die Stützen an beiden Endpunkten als Auflager dienen).

AxisVM berücksichtigt den Effekt aller Stabelementen (eingeschlossen Stahlträger ohne Stahl-Bemessungsparameter oder Träger die nicht aus Stahl sind). Standardmäßig wird angenommen, dass alle Stützen in verschieblicher Form und alle Träger in nicht-verschieblicher Form sind (konservativ).

Der Algorithmus berücksichtigt Gelenke, steife und halb-steife Verbindungen. Nicht-lineare Verbindungen werden mit ihrer Anfangssteifigkeit dargestellt. Knotenauflager und eingespannte Knotenfreiheitsgrade werden ebenfalls berücksichtigt. Wegen eingespannten Knotenfreiheitsgraden kann es vorkommen, dass ebene Strukturen sehr kleine Knicklängen für das Knicken aus der Ebene aufzeigen. Dies ist eine direkte Konsequenz von den eingespannten Endpunkten – und kein Fehler. Für ebene Strukturen wird empfohlen, entweder die Knicklänge für das Knicken aus der Ebene oder die eigentlichen Auflager zu bestimmen, anstatt die Knotenfreiheitsgrade einzuspannen.

Die Knicklänge eines Bemessungselements hängt stark mit dem Schnittkraftverlauf zusammen. Da diese Kräfte für jeden Lastfall und Kombination anders sind, hängt die berechnete Knicklänge ebenfalls von dem ausgewählten Lastfall und -Kombination ab.

Die Berechnung kann schon während der Konzeptionsphase beschleunigt werden, indem der Einfluss des Schnittkraftverlaufs vernachlässigt wird. Dafür muss das Kontrollkästchen N berücksichtigen im Dialogfenster Bemessungsparameter ausgewählt werden. Werden die Schnittkräfte nicht berücksichtigt, wird angenommen dass der berücksichtigte Bemessungsparameter eine gleichmäßige Normalkraftverteilung hat. Es wird angenommen, dass die anderen Elemente unbelastet sind.

Einschränkungen:
Diese Knicklängenberechnungsmethode kann den kritischen Lastparameter nur für Tragwerke aus Fachwerk-, Träger- oder Rippenelementen bestimmen. Bauteile haben einen stückweise konstanten Querschnitt. Die Berechnungsmethode ist für konische Balken noch nicht verfügbar. Effekte aufgrund anderer Elemente (z. B. Platten, Federn, starre Körper, Linien- oder Flächenlager) werden ignoriert. Es werden nur Knotenauflager berücksichtigt. Der Einfluss von Linien- und Flächenlagern wird nicht berücksichtigt.
Weitere Informationen zum Berechnungstool für die Biegeknickkoeffizienten finden Sie im Menü *Hilfe / AutoNcr Guide*.

Falls der Reiter *Stahlbemessung* ausgewählt ist, können die berechneten Faktoren Ky oder Kz der Knicklänge angezeigt werden durch das Auswählen von Ky und Kz als eine Resultatkomponente aus der *Widerstandsgruppe*.

Abbildung von Effekten 2.Ordnung mit nichtlinearer Berechnung
Falls die Schnittkräfte bereits nach Theorie 2.Ordnung berechnet wurden (entsprechend definierte geometrische Imperfektionen oder Lastimperfektionen für eine geometrisch nichtlinearen Berechnung), genügt ein Querschnittsnachweis. Ist diese Option aktiviert, wird der Stabilitätsnachweis mit $\chi_x = \chi_y = 1$ geführt.

Knicken von Bemessungseinheiten

Knicken von Bemessungsbauteilen (Eurocode) [Linear, 1. Lk (ULS), (acr = 5.085)]

Bemessungs-Bauteil	Länge [m]	N_{min} [kN]	N_{cr} [kN]	$L_{y,cr}$ [m]	$L_{z,cr}$ [m]	$K_{y,cr}$	$K_{z,cr}$	λ
1 (1–2)	15.300	-500.000	2542.415	7.648	2.057	0.500	0.134	61.592
2 (3–4)	4.687	Zug	—	—	—	—	—	—
3 (5–6)	10.800	-500.000	2542.415	9.233	5.468	0.855	0.506	84.140
4 (7–8)	7.500	-500.000	2542.415	9.233	5.468	1.231	0.729	84.140
5 (37–45)	15.300	Zug	—	—	—	—	—	—
6 (46–54)	7.500	Zug	—	—	—	—	—	—
1 (1–2)	15.300	-500.000	2542.415	7.648	2.057	0.500	0.134	61.592

Falls eine Knickanalyse für eine Struktur beendet wurde, wird eine Zusammenfassung der Knickglieder in der Browser-Tabelle dargestellt (z.B. Resulate / Lineare Analyse / Stahlbemessung / Knicken / Lastfälle oder Lastkombinationen Art 4). Nichtlineare Resultate sind nur dann verfügbar, wenn geometrische Nichtlinearität ignoriert wurde und der resultierende Lastvektor 1.0 ist. Eine andere Tabelle (...Stahlbemessung / Knicken / Minimum Ncr) zeigt die kleinste kritische Normalkraft (N_{cr}) für jedes einzelne Knickglied mit anderen Knickdaten an.

Falls die Bemessungsberechnungen für ein Bauteil scheitert, wird der Grund des Fehlers (falsche Dimension, falscher Typ usw.) ebenfalls in der Tabelle *Bemessungsträgerteile* angezeigt (genau wie für die Tabelle der *Verwendung*).
Die kritische Kraft wird durch die Euler Formel berechnet.

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{{L_{cr}}^2} = N_{min}\alpha_{cr}$$

Die Knicklänge für equivalente Eulerstützen ist $L_{cr} = K_{cr}L$, wo L die physikalische Länge des Bemessungsbauteils und Kcr der Knickfaktor ist.

α_{cr}	Kritischer Belastungsfaktor
N_{min}	Die kleine Normalkraft entlang der Stütze
N_{cr}	Die kritische Kraft
$L_{y,cr}$	Knicklänge über die y-Achse (in z-Richtung)
$L_{z,cr}$	Knicklänge über die z-Achse (in y-Richtung)
$K_{y,cr}$	Knickfaktor über die y-Achse
$K_{z,cr}$	Knickfaktor über die z-Achse
λ	Schlankheit

Biegedrillknicken

K_ω ist ein Faktor der den Widerstand gegen Verwölbung regelt. Sein Wert muss zwischen 0.5 und 1.0 sein.

- falls keine Vehinderung gegen Verwölbung vorliegt ist der Wert 1.0.
- falls Verwölbung an beiden Enden vorliegt ist der Wert 0.5.
- falls Verwölbung an einem Ende vorliegt ist der Wert 0.7.

Siehe im Detail: Appendix F1 of ENV 1993-1-1.
Z_a ist die Belastungsposition relativ zum Schwerpunkt (mit Vorzeichen).
Die Belastungsposition kann im Ausklappmenu zu *Wie definiert* oder zu *Benutzerdefiniert* gewählt werden. *Wie definiert* bedeutet, dass die Belastungsposition aus der Exzentrizität einer konzentrierter oder verteilten Last bestimmt wird. Punktlasten greifen am Schwerpunkt des Querschnitts an. Wenn *Benutzerdefinniert* gewählt wird, muss für die Belastungsposition eine der folgenden Optionen ausgewählt werden: *Oben, Schwepunkt, Unten* oder *benutzerdefiniert (durch Eingabe des Wertes Z_a)*. Wählen Sie *Oben, Schwerpunkt, Unten* oder *benutzerdefiniert* und geben sie den Z_a-Wert ein. Die Analyse nimmt die lokale z-Achse in der Symmetrieebene an und, dass die Kraft, welche laterale Torsionsbeulen verursacht, parallel zu dieser Achse angreift.

Berechnung von M_{cr} (Grenzmoment)

Zwei Optionen sind für die Berechnung des Grenzmomentes für das Biegedrillknicken verfügbar *(M_{cr})*.

1.) Mit Formel

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{(kL)^2}\left[\sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(kL)^2 GI_t}{\pi^2 EI_z} + \left(C_2 z_g - C_3 z_j\right)^2} - \left(C_2 z_g - C_3 z_j\right)\right]$$

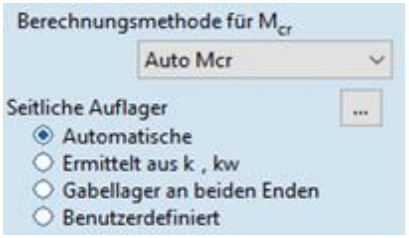
Die Bedeutung der Parameter findet man in der Literatur und im Appendix F1.2 of ENV 1993-1-1. die Werte der Parameter C_1, C_2, C_3 sind abhängig vom Biegemomentenverlauf und den *k* Faktoren.
Um die Parameter einzugeben wählen Sie *Benutzerdefiniert C1, C2, C3.*
In gewissen Fällen kann C_1 automatisch berechnet werden. Wählen Sie *C1 Lopez Formel* von der Auswahlbox *Berechnungsmethode für Mcr*. Diese Option ist **nicht verfügbar** wenn das Element ein Kragarm ist oder *K > 1*.
C_2 muss eingegeben werden, falls äussere Lasten direkt auf das Bauteil wirken und der Lastangriffspunkt nicht mit dem Schubmittelpunkt des Querschnittes übereinstimmt. Im Fall von einfach symmetrischen Querschnitten muss auch C_3 shall eingegeben werden. *C* Parameter können gesetzt werden anhan von ENV 1993-1-1, F1.2.

2.) AutoMcr Methode

Diese Methode erzeugt ein separates Finite Elemente Modell für jeden Bemessungselement und berechnet Mcr direkt für jede Lastkombination. Dadurch wird C_1, C_2 und C_3 nicht benötigt, aber die Rechenzeit erhöht sich. Diese Methode behandelt verschiedene Querschnitte und Kragarme. Das FE Modell beinhaltet 30 Finite Elemente und jeder Knoten hat 4 Freiheitsgrade um den Biegedrillknicknachweis zu bestimmen: 1) Seitliche Verschiebung, 2) Verdrehung, 3) seitliche Verdrehung, 4) Verwölbung. Diese Methode ermittelt die Trägerfestigkeit durch Zwei Teile: Der erste Teil ist linear, der zweite Teil hat eine geometrische Nichtlinearität. Diese verwendet die Lasten mit Ihrer Exzentrizität und reduziert dann die Berechnung auf ein Eigenwertproblem. Dieses Verfahren ist für Biegung von konstanten Querschnitten in Ihrer Symmetrieebene entwickelt worden. Für variable Querschnitte erzeugt das Programm die erforderliche Anzahl von

Finite Elemente. [Yvan Galea: Moment critique de deversement elastique de poutres flechies presentation du logiciel ltbeam, CTICM, 2003]

Seitliche Auflager



Die Auflagebedingungen für das Teilmodell werden automatisch von AxisVM bestimmt. Abwechselnd können auch folgende Methoden ausgewält werden:

- Aus *kz, kw* geschätzt: die Einschätzung der Auflagerposition erfolgt wie in der Version 12 von AxisVM.
- Gabellager an beiden Seiten.
- Benutzerdefiniert: der Benutzer kann die Auflager bearbeiten und definieren.

Die vier Steifigkeitskomponente der seitlichen Auflager sind R_y, R_{xx}, R_{zz}, R_w .
Wurde die oben genannte Option als automatisch eingestellt, wählt das Programm die Auflagebedingungen folgendermaßen:

- Auflager des Modells: auf Grund der Linienauflager, die vorher im Register „Elemente" definiert wurden; die R_y, R_{xx} und R_{zz} Werte werden direkt von den Auflagersteifigkeitswerten übernommen, mit $Rw = 0$.
- verbundene Elemente: Linien- und Schalenelemente, welche direkt mit dem Bemessungselement verbunden sind, dienen auch als Unterstützung gegen Biegedrillknicken. Die eingeschätzten Auflagersteifigkeitswerte sind im AutoMcr Guide der Homepage zusammengefasst.

Einschränkungen:

Das Teilmodell berücksichtigt nicht die Effekte von Knotenfreiheitsgrade.
Ohne geeignete Auflager hat das Teilmodell keine Stabilität gegen Biegedrillknicken. Um diese Instabilität zu verhindern müssen folgende Bedingungen erfüllt sein: 1) R_y muss mindestens an einem Punkt nicht null sein und R_y oder R_{zz} muss an einem anderen Punkt nicht null sein. 2) R_{xx} muss mindestens an einem Punkt nicht null sein.

Falls die erste Bedingung nicht erfüllt ist, gelten folgende Standardeinstellungen: R_y und R_{xx} ist an beiden Seiten starr. Dies ist eine Annäherung von $kz = kw = 1$ in der ENV Formel. Bei einem Kragarm ist die Standardeinstellung ein Auflager an einem Ende mit starren R_y, R_{xx} und R_{zz}.
Ist die 2. Bedingung nicht erfüllt (weil z.B. keine Rotationsauflage definiert wurde), wird Rxx starr an einem Ende als Standard eingestellt.



Mit dieser Funktion können die Bedingungen für seitliche Auflager bearbeitet werden.
Ein Dialog erscheint mit einer Tabelle seitlicher Auflager der Bemessungselemente, die durch die Auswahl erstellt wurden.
Die Bemessungselemente werden links aufgelistet. Die Tabelle zeigt die seitlichen Auflager des ausgewählten Elements an.
Der letzte Eintrag der Liste ist Gleiche Auflager auf ausgewählten Elementen. Falls dieser Eintrag ausgewählt wird, zeigt die Tabelle nur die allgemeinen Auflager der ausgewählten Elemente an. Auflager hinzufügen oder löschen ändert die Auflagerkonfiguration von allen ausgewählten Bemessungselementen.



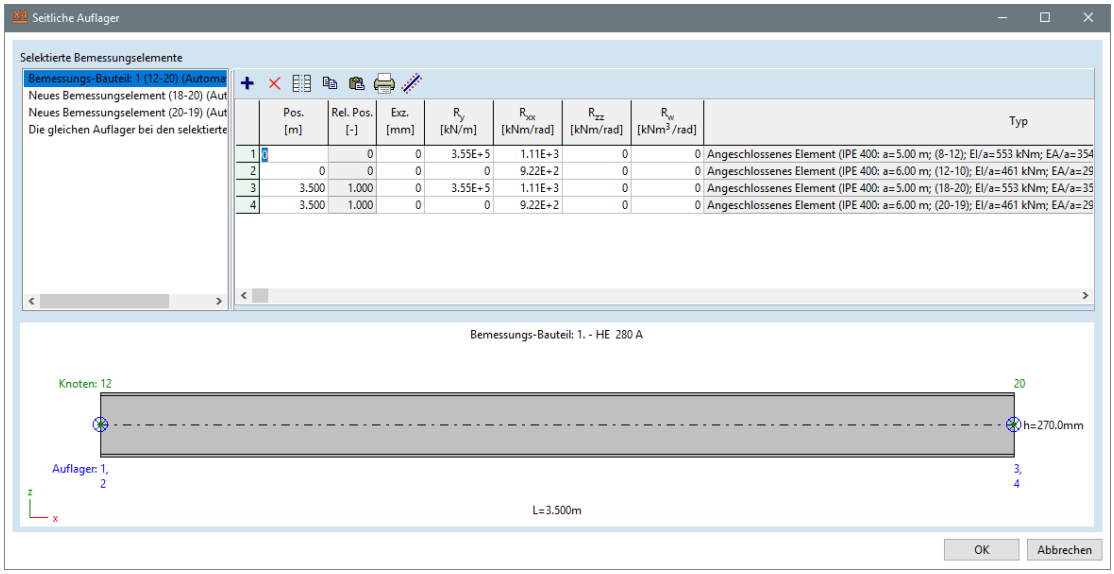
Neues Auflager hinzufügen.
Fügt eine neue Zeile in der Tabelle ein und erlaubt die Eingabe der Auflagereigenschaften.



Ausgewählte Auflager löschen.
Löschte die selektierten Zeilen der Tabelle.

Die folgenden Eigenschaften können editiert werden: *Auflagerposition, Exzentrizität des Auflagers in z Richtung relativ zum Schwerpunkt des Querschnittes, Steifigkeitskomponenten.* Die letzte Spalte zeigt den Auflagertyp:

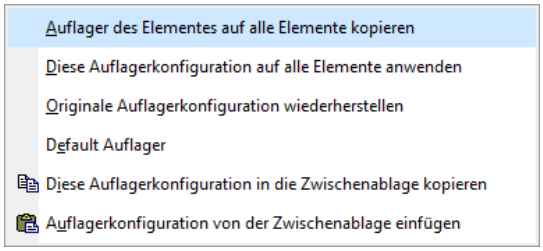
Zusätzliches Auflager	wurde vom Anwender definiert.
Auflager des Modells	bezieht sich auf ein Knotenlager welches an dem Bemessungselement angeschlossen ist.
Angeschlossenes Element	bezieht sich auf einen Fachwerkstab, Stab oder Plattenbalken, welcher an das Bemessungselement angeschlossen ist.
Standardauflager	bezieht sich auf ein Auflager das automatisch erzeugt wurde, weil die erste Bedingung nicht erfüllt wurde.
Standard Torsionslager	bezieht sich auf Auflager, welche automatisch generiert wurden weil die zweite Bedingung nicht erfüllt wurde.



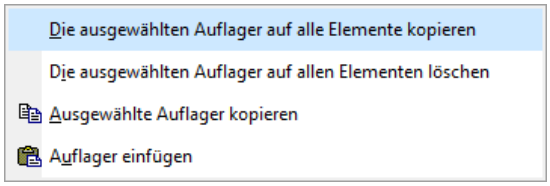
Die Tabelle zeigt die verbundenen Elemente selbst wenn der Winkel zwischen deren Achsen und den Achsen vom Bemessungselement grösser als 15° ist - aber nur wenn der Richtungsvektor vom verbundenen Element eine nicht-nulle Komponente in der lokalen Achse y vom Bemessungselement hat (seitliches Auflager). Ist das Bemessungselement ein horizontaler Balken, werden vertikale Stützen und horizontale Balken in Richtung des Elements nicht in der Tabelle angezeigt.
Über die Tabellenfelder können auch Nummern und bestimmte parametrische Werte eingetragen werden:

Pos. L ist die Länge des Elements. Eine relative Position gibt man ein mit *L/2* oder *2*L/3*.
Exc. h ist die Querschnittshöhe. Eine Exzentrizität gibt man ein mit *h/2* oder *2*h/3*.
R... Steifigkeitskomponenten: m wird interpretiert als 1E+10.
Im Falle eines angeschlossenen Elementes mit Länge a und einer Steifigkeit *E*I* kann *6*EI/a* eingegeben werden.

Rechtsklick auf ein Listenelement auf der linken Seite für zusätzliche Operationen



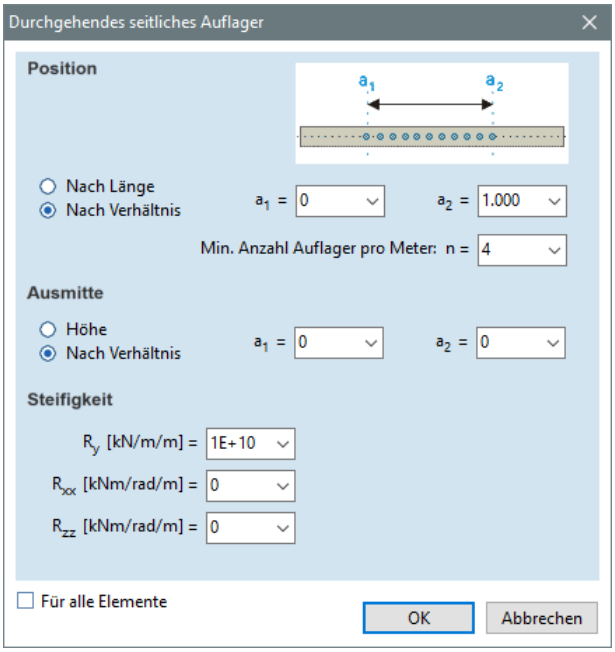
Rechtsklick auf Spalte für zusätzliche Operationen





Durchgehende seitliche Auflager

Wenn eine Platte (z. B. Blechdach) mit dem Element verbunden ist, kann ihre Steifigkeit als ein seitliches Auflager betrachtet werden.



Im Fenster *Durchgehende seitliche Auflager* können die Position, die Exzentrizität und die Steifigkeit der Platte definiert werden. Wenn Sie die Option *Auf alle anwenden* aktivieren, wird das Auflager allen ausgewählten Elementen hinzugefügt. Andernfalls wird es nur dem Bauteil hinzugefügt, das im Fenster "seitliche Unterstützung" ausgewählt ist.

Das durchgehende Auflager wird vom Programm in einzelne Unterstützungen umgewandelt. Der Abstand der einzelnen Unterstützungen kann vom Benutzer festgelegt werden (*Min. Anzahl der Unterstützungen pro Meter, n*). Die einzelnen Unterstützungen am Ende der Platte haben die Hälfte der Steifigkeit derer in der Mitte.

☞ ***Falls die* Bemessungsbauteile zusammenstellen *-Option geändert wird, erfolgt einen Neudefinition der Bemessungselemente, bei welcher die seitlichen Auflager mit Default-Werten belegt werden und alle sonstig gemachten Änderungen gehen verloren.***

Version 12 schätze die Auflagerbedingungen aus den kz und kw Werten ein. Wurden Modelle mit der Version 12 erstellt, wird anstelle der automatischen Berechnung die Einstellung „Geschätzt aus kz, kw" genommen.
Um die Auto Mcr Methode und die Definition der Halterungen besser zu verstehen, gibt eine Beschreibung mit Beispielen zum Thema AutoMcr.

Lastposition Z_a ist die z Koordinate des Angriffspunktes der Querbelastung (relativ zum Schwerpunkt), basierend auf ENV 1993-1-1, Figur F1.1. Es ist ein vorzeichenabhängiger Wert und muss als Verhältnis zwischen dieser Distanz und der Trägerhöhe definiert werden. Die Positionen Schwerpunkt, oberste und unterste Faser ds Querschnittes können über die entsprechenden Knöpfe direkt gewählt werden.

Stegbeulen Träger mit Stegen können nach der Stegversteifung wie folgt eingeordnet werden:

Unausgesteift: Keine Aussteifung quer zum Bauteil.
Querausssteifung: In allen Fällen nimmt AxisVM an, dass sich Querausssteifungen an den Enden des Bemessungsbauteils (z.B. Auflager) befinden.

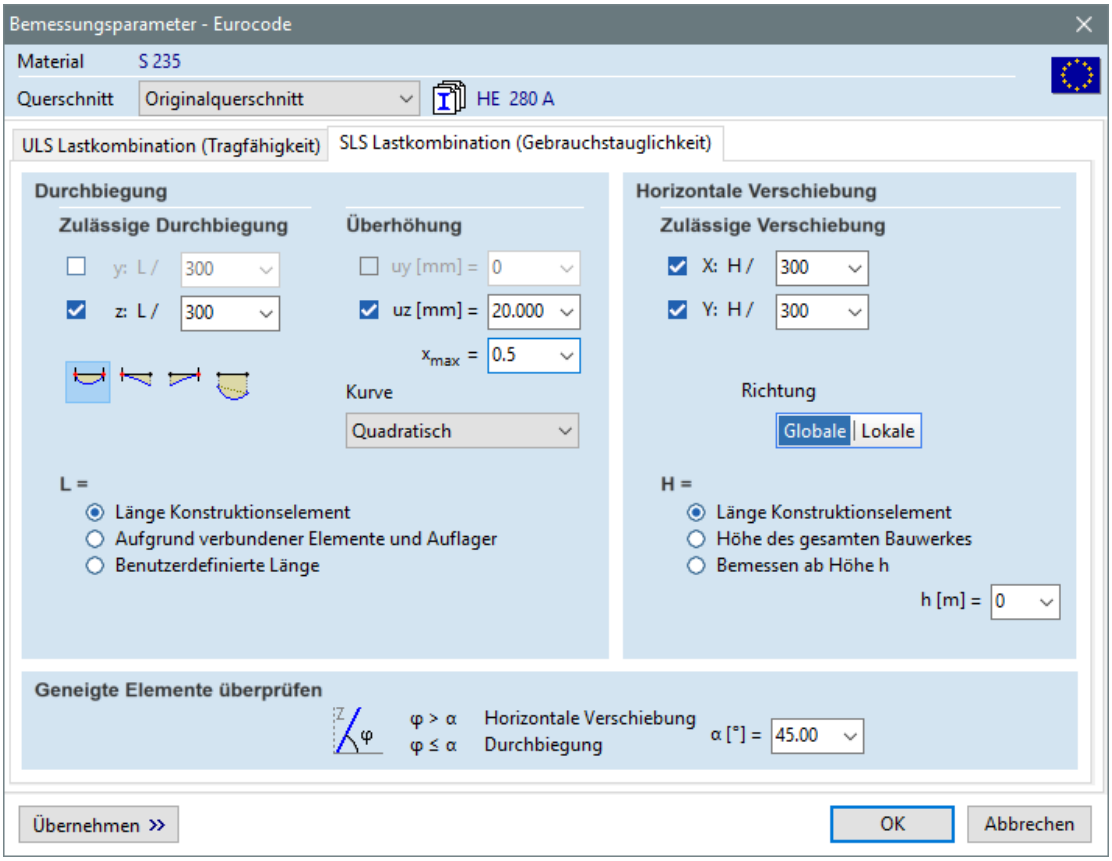
Sie finden die Beiwerte für die Erdbebenlasten unter *4.10.24 Erdbebenbemessung – SE1 Modul*.

6.6.1.2. Bemessungsparameter Gebrauchstauglichkeit



Gebrauchs-tauglichkeit (SLS – serviceability limit state)

Die Parameter für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis können über den SLS Tab im Bemessungsparameter-Fenster eingestellt werden.



Das Programm prüft die Durchbiegung von Trägern und die horizontalen Verschiebungen von Stützen. Geneigte Stahlkonstruktionsteile werden durch den Winkel zwischen ihrer Mittelachse und der horizontalen Ebene kategorisiert. Ist dieser Winkel grösser als α = 45°, wird das Element als Stütze definiert und bei einem Winkel kleiner als α = 45° als Träger. Der Wert α kann unter *Geneigte Elemente überprüfen* geändert werden.

☞ ***Wenn die kritischen Lastkombinationen automatisch generiert werden, führt das Programm die Gebrauchstauglichkeitsnachweise mit den charakteristischen Lastkombinationen durch.***

Vertikale Durchbiegungen

Durchbiegungen können gemäss den z- oder y-Achsenrichtungen des Stahlkonstruktionselements überprüft werden. Die Prüfung in jeder Richtung kann aktiviert / deaktiviert werden, indem Sie das Kontrollkästchen vor den Grenzwerten aktivieren bzw. deaktivieren. Die Durchbiegungsgrenzwerte sind entsprechend der nachstehend beschriebenen Länge (L) festgelegt.



Durchbiegungen können auf verschiedene Weise betrachtet werden: auf der Grundlage der tatsächlichen Verschiebungen oder auf der Grundlage der relativen Verschiebungen nur links, nur rechts oder an beiden Endpunkten.

Länge (L) Die Durchbiegungen eines Bemessungselements und die Durchbiegungsgrenzen (zum Beispiel L/300) basieren auf einem der folgenden Längenwerte:
Länge Konstruktionselement: L ist gleich der Länge des Konstruktionselements;
Aufgrund verbundener Elemente und Auflager: Wenn unter *Bemessungsbauteile zusammenstellen* im ULS Tab die erste Option ausgewählt ist (Bauteile werden bei Verbindungspunkten und Auflagern getrennt), dann ist diese Länge gleich der Bauteillänge und somit gleich dem oben beschriebenen Wert. Wurde die zweite Option gewählt (gewählte Stäbe werden als ein Bauteil überprüft), dann prüft das Programm, ob irgendwelche Auflager oder Verbindungselemente entlang des Bemessungsbauteils sind, die die Durchbiegung des verhindern. Zwischen diesen wird der Nachweis für jeden Abschnitt des Bauteils durchgeführt. Wenn Sie einen 15 Meter langen Balken überprüfen und Stützen in den Endpunkten und beim ersten Drittelspunkt vorhanden sind, führt das Programm Gebrauchstauglichkeitsnachweise getrennt für die ersten 5 Meter und die verbleibenden 10 Meter des Balkens durch.
Benutzerdefinierte Länge: es kann ein eigener Wert eingegeben werden.

Überhöhung Die Überhöhung kann für die Konstruktionselemente definiert werden, wobei die Werte (uz und uy) im lokalen Koordinatensystem interpretiert werden. Die Form der Überhöhung kann mit drei Parametern eingestellt werden: Die Kurve kann *Quadratisch* oder *Linear* gewählt werden, für welche der Maximalwert *(u)* und dessen Standort *(x_{max})* definiert werden. Wenn ausnahmsweise die tatsächlichen Verschiebungen durch den Benutzer eingestellt werden (z. B. wird nur ein Abschnitt eines Balkens als ein Bemessungsbauteil ausgewählt), sind die Überhöhungswerte entlang der Länge konstant. Wenn die Länge L auf die Bauteillänge oder auf eine benutzerdefinierte Länge eingestellt ist, ist die Überhöhung in den Endpunkten Null. Wenn L *Aufgrund verbundener Elemente und Auflager* bestimmt wird, ist die Überhöhung in den Endpunkten und an den Auflagern Null.

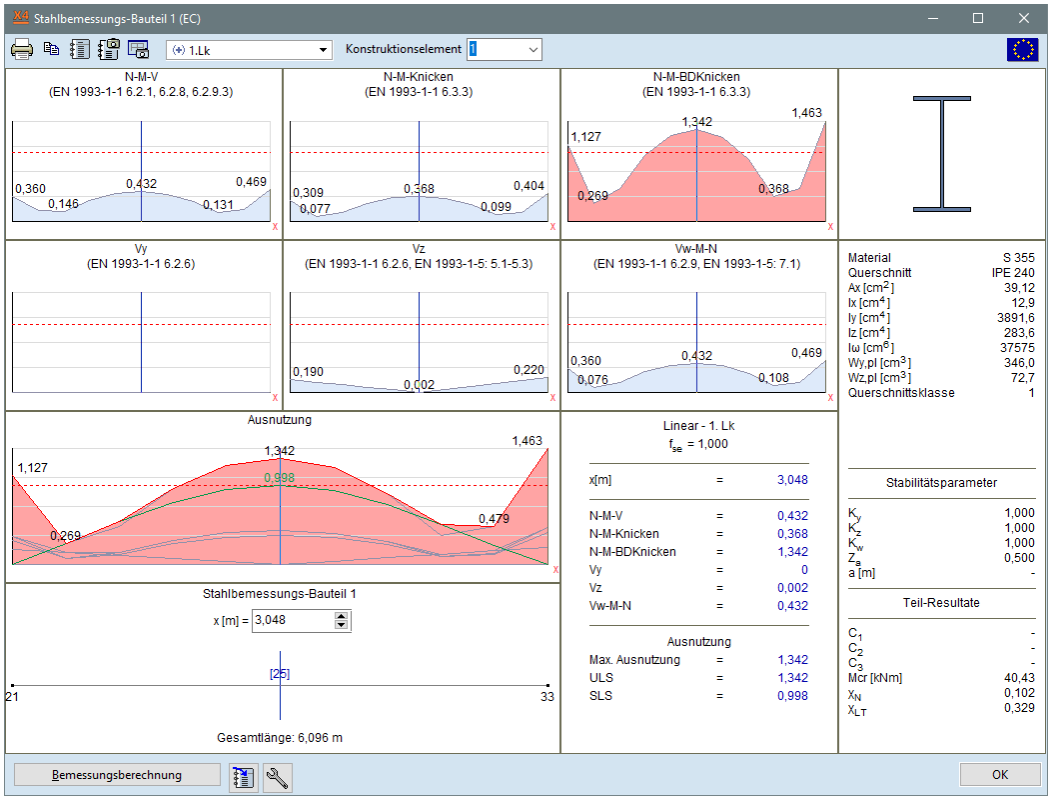
☞ ***Es ist wichtig zu beachten, dass der hier eingestellte Überhöhungswert nur bei den Gebrauchstauglichkeitsnachweisen wirkt, indem die zuvor berechneten Verformungen reduziert werden, die auf der ursprünglichen Form basieren.***

Horizontale Verschiebungen Horizontale Verschiebungen können nach dem globalen oder lokalen Koordinatensystem in zwei Richtungen gleichzeitig überprüft werden. Wenn das globale Koordinatensystem ausgewählt ist, überprüft das Programm die Verschiebungen in horizontalen x- und y-Richtungen. Wenn das lokale Koordinatensystem gewählt wird, werden die horizontalen Komponenten der Verformung (wx und wy) in den lokalen z- und y-Richtungen des Bemessungsbauteils überprüft.
Die Höhe *(H),* entlang welcher das Programm die Verschiebung überprüft, kann die gesamte Tragwerkshöhe oder die Höhe des Bemessungselements oder des Stockwerkes sein. Im ersten Fall werden die tatsächlichen Verschiebungen betrachtet, während im zweiten Fall nur die relativen Verschiebungen entlang der betrachteten Höhe überprüft werden. Bei geneigten Elementen wird die Höhe als vertikale Komponente der Bauteillänge definiert. Die Höhe kann vom Benutzer eingestellt werden:

- *Länge Konstruktionselement* (relative Verschiebungen);
- *Höhe des gesamten Bauwerkes* (tatsächliche Verschiebungen);
- *Bemessen ab Höhe h* (tatsächliche Verschiebungen).

6.6.1.3. Diagramme und Bemessungsberechnungen

Diagramme Die Diagramme können entsprechend alle einzelnen Nachweise und deren Umhüllende darstellen, durch Anklicken der Stahlbemessungsgruppe. Die Ergebnisse an jeder Position, in jeder Stahlbemessungsgruppe und in jedem Lastfall oder Lastkombination können erhalten werden durch das benutzen der verschiedenen Komboboxen in dem Fenster (siehe Bild unten). Wenn der Nachweis nicht durchgeführt werden kann mit dem vorhandenen Querschnitt, wird das entsprechende Fenster mit einem Kreuz dargestellt.



Bemessungs-berechnung

Das Anwählen des Buttons *Bemessungsberechnung* wird eine Ausgabe der Berechnugsdetails angezeigt. Alle Steifigkeits- und Stabilitätsnachweise erscheinen als vollständige Formel ausgetauschten Istwerten und Referenzen zur Bemessungsnorm.

Das anklicken des Symbols *Settings* neben dem Symbol *Bemessungsberechnung* erlaubt die Einheiten für Kräfte und Längen einzustellen. Wichtige Ergebnisse erscheinen auch umgewandelt in den Standard AxisVM Einheiten (**siehe...** *3.3.8 Einheiten*).

Die Details der Berechnungen, entsprechend der Bemessungsnorm, werden als ein mehrseitiges Dokument dargestellt. Referenzen zu Abschnitten und zu Formeln aus der Norm werden in Blau angezeigt.

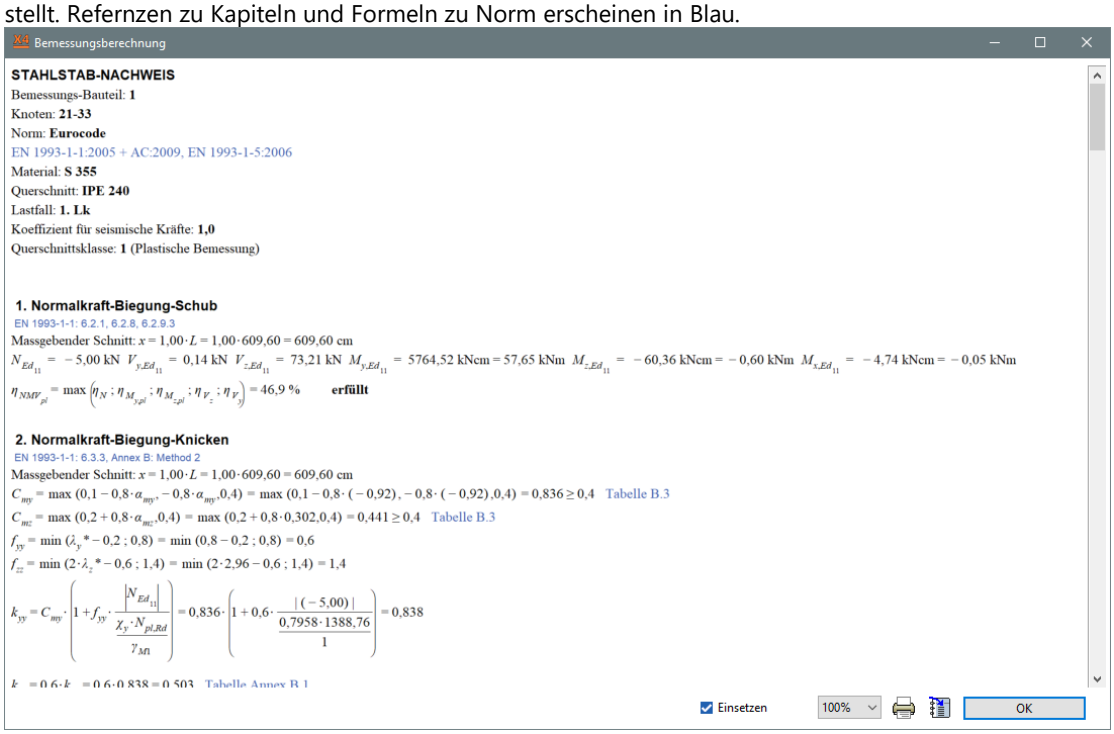
Der Bericht besteht aus sechs grundlegenden Interaktionsnachweisen und verschiedenen Teilergebnissen, die es vereinfachen, die Berechnung nachzuvollziehen.
Diese Teilergebnisse sind:

1. *Plastische Normalkraft-Widerstandsfähigkeit*
2. *Plastisches Widerstandsmoment gegen die y Achse*
3. *Plastisches Widerstandsmoment gegen die z Achse*
4. *Plastischer Schubwiderstand in z Richtung*
5. *Biegeschub Nachweis*
6. *Biegezug Nachweis*
7. *Biegeknick Nachweis*
8. *Biegedrillknicknachweis*

Das Klicken auf das Symbol *Einstellungen* neben dem Knopf *Bemessungsberechnung* erlaubt es die Grundeinheiten für Kraft und Länge für die Bemessungsberechnungen zu definieren. Wichtige Resultat erscheinen auch in AxisVM Standardeinheiten. (**Siehe...** *3.3.8 Einheiten*).

Berechnungsdetails

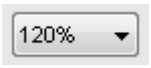
Die Berechnungsdeatils nach der momentaningen Norm werden als ein mehrseitiges Dokument dargestellt. Refernzen zu Kapiteln und Formeln zu Norm erscheinen in Blau.



Dieses Fenster kann vergrößert oder verkleinert werden. Gewünschte Seiten können unten links im Fenster ausgewählt werden.

Einsetzen

Einsetzen der aktuellen Werte in die Formeln kann ein-/ oder ausgeschaltet werden. Ohne Einsetzen wird die Ausgabe etwas kürzer.



Die Schriftgrösse kann hier gewählt werden.



Druckt die Bemessungsberechnung.



Zur Ausgabe hinzufügen

6.6.1.4. Stahl-Querschnitt optimieren – SD9 modul



Das SD9 Modul erfordert das SD1 Modul.

Stahlquerschnitt-Optimierung erzeugt vorab Bemessungsoptimierungsgruppen, die effizienter durch Feinabstimmung die Querschnittsabmessung und das Eigengewicht reduziert.

Die Optimierung untersucht die Bemessungselemente für dieselben Schnittkräfte ohne die Steifigkeitsunterschiede zu berücksichtigen, welche sich im Modell durch neue optimierte Querschnitte ergeben. Für gewisse optimierte Strukturen ergibt eine Neuberechnung des Modells beträchtliche Änderungen der Schnittgrössen. In solchen Fällen führen mehrere hintereinander geführte Optimierungen zu einer viel effizienteren Struktur.

Die Optimierung nutzt die Bemessungsparameter, die vorher den Bemessungsgruppen zugewiesen wurden.

Für die Optimierung geeignete Querschnitte sind: I-Profile, unsymmetrische I-Profile, Doppel-L-Profile, Rechteck-Profile, T-Profile, C-Profile, Zwei U Formen und Rohre. Variable Querschnitte können nicht optimiert werden.

Bemessungs-optimierungs-gruppen

Der erste Schritt ist, eine Bemessungsoptimierungsgruppe von den vorhandenen Stahl-Elementen zu erzeugen. Jedes Element einer Optimierungsgruppe muss denselben Querschnitt haben, damit die Optimierung den gleichen Querschnitt zuweisen kann. Die Liste der Optimierungsgruppen (auf der linken Seite) zeigt den gemeinsamen Querschnitt und die Anzahl der Elemente in der Gruppe (<n>). Durch auswählen einer Gruppe können die einzelnen Parameter zur Optimierung gesetzt werden.

Ziel der Optimierung

Die Ziele der Optimierung können sein: (1) geringeres Gewicht, (") geringere Höhe, (3) geringere Breite. Das wählt das Optimierungsziel (entsprechendes ist anzuklicken).

Die Optimierung sucht nach einem Querschnitt mit einer Ausnützung von <1 für alle Elemente der Gruppe, welcher am dichtesten am Optimierungsziel ist. Jede Gruppe hat ein eigenes Ziel.

Es kann auch der Grad der Ausnützung bestimmt werden. Die Begrenzung der Effizienz kann helfen bei Optimierungen statisch unbestimmter Strukturen, wenn eine Querschnittsänderung grossen Einfluss auf die internen Kräfte verursachen kann.

Optimierungs-nachweise

Es ist möglich, verschiedene Nachweise im Bezug auf die Optimierung zu vernachlässigen. Alle Festigkeitsnachweise werden zwar durchgeführt, aber die Nachweise bzgl. Knicken, Biegedrillknicken und Beulenkönnen deaktiviert werden.

Optimierungsarten

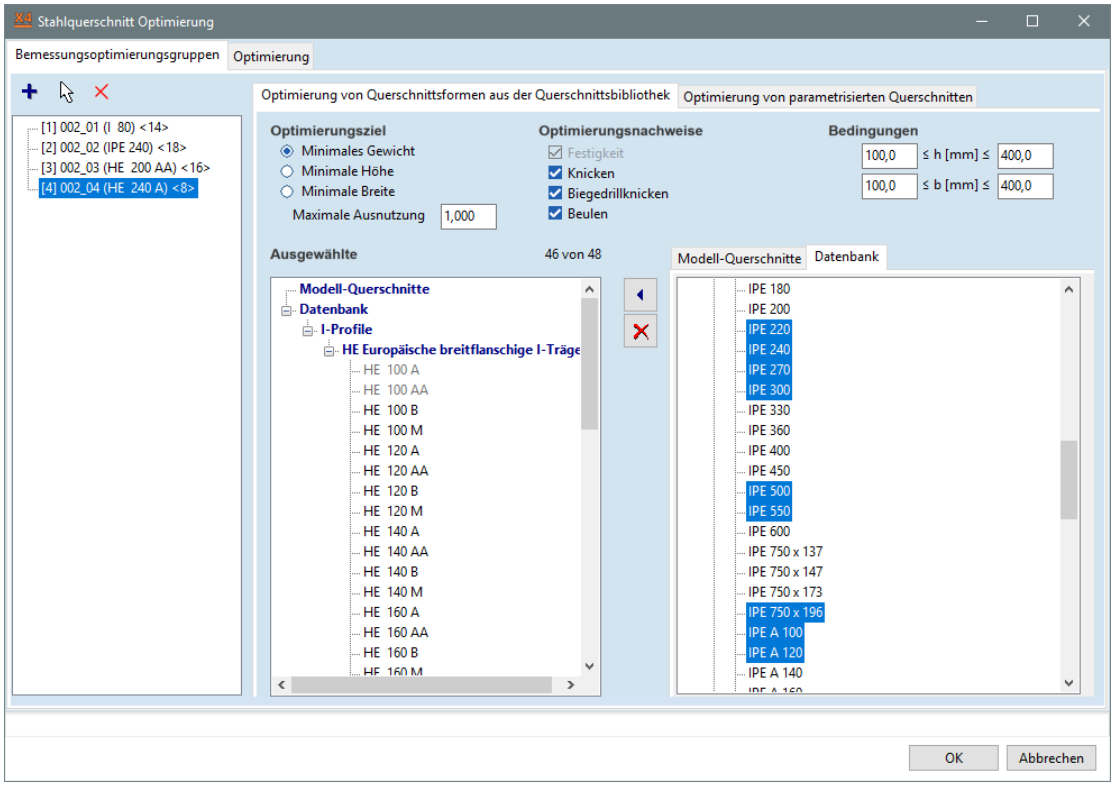
Es gibt zwei Arten um die zu untersuchenden Querschnitte nachzuweisen. Erstens "Optimierung von Querschnittsformen aus der Querschnittsbibliothek", welche eine getroffene Auswahl an Querschnitten berücksichtigt. Zweitens die „Optimierung von parametrisierten Querschnitten", um die optimale Form innerhalb von geometrischen Bedingungen zu finden.

Optimierung von Querschnittsformen aus der Querschnitts-bibliothek

Diese Methode findet den optimalen Querschnitt aus einer Auswahl von Querschnitten. Die Auswahl kann getroffen werden aus den vorh. Modell-Querschnitten und auch aus der Querschnitts-Bibliothek. Die Profilart muss mit dem originalem Profil übereinstimmen.

Die Bandbreite der Auswahl kann reduziert werden durch die Eingabe von den "Bedingungen". Nur die Querschnitte innerhalb dieser Bedingungen werden für die Optimierung herangezogen. Die anderen werden gegraut dargestellt.

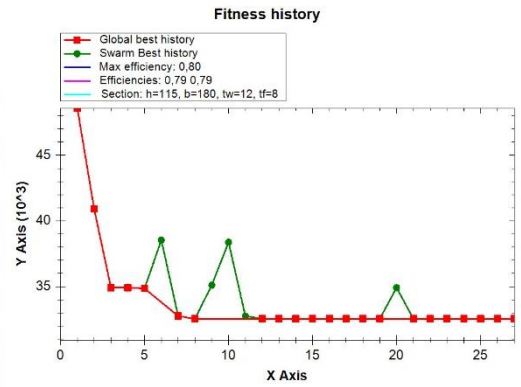
Enthält eine Optimierungsgruppe mehr als ein Element, so werden für alle Elemente der Gruppe die Nachweise geführt. Die Elemente werden über Ihre gesamte Länge untersucht. Es werden aber nicht alle Kandidaten nachgewiesen, da das Programm untersucht, welche Elemente bei der Suche nach einem Gruppenoptimum in Frage kommen und welche nicht.



Optimierung von parametrisierten Querschnitten

Diese Methode findet den optimalen Querschnitt innerhalb von verschiedenen geometrischen Bedingungen. Verschiedene Suchalgorithmen sind bekannt und werden für die Optimierung von Rahmenkonstruktionen verwendet. Aufgrund des Problems bei Nichtlinearität und der Vielzahl der lokalen Optima ist es schwierig, ein globales Optimum mit purer Mathematik zu finden. Und es wird umso schwieriger, wenn die Optimierung nicht nur Festigkeitsnachweise sondern auch Stabilitätsnachweise untersuchen soll.

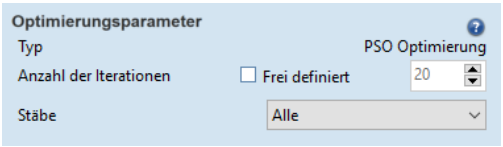
AxisVM benutzt sie so genannte „Particle Swarm Optimization (PSO)“, eine stochastische Berechnungsmethode für die Suche nach dem optimalen Querschnitt. dabei handelt es sich um einen evolutionären Algorithmus, der in den 1990er Jahren entwickelt wurde. Der PSO Prozess läuft für eine vorgegebene Anzahl von Iterationen und kann Aufgrund der Natur der Stochastik mehrere lokale Optima finden. Die Anzahl der Iterationen wird durch das Programm bestimmt, da es versucht, eine Balance zwischen der Laufzeit und einem möglichst vollständigen Suchradius herzustellen. Zusätzlich bricht der Suchalgorithmus automatisch ab, wenn sich die Ergebnisse nach längerer Zeit nicht mehr verändern und davon auszugehen ist, dass schon das globale Optimum gefunden wurde. Im Modus „Multi-Threades“ wird der Suchprozess in mehrere Threads aufgeteilt.



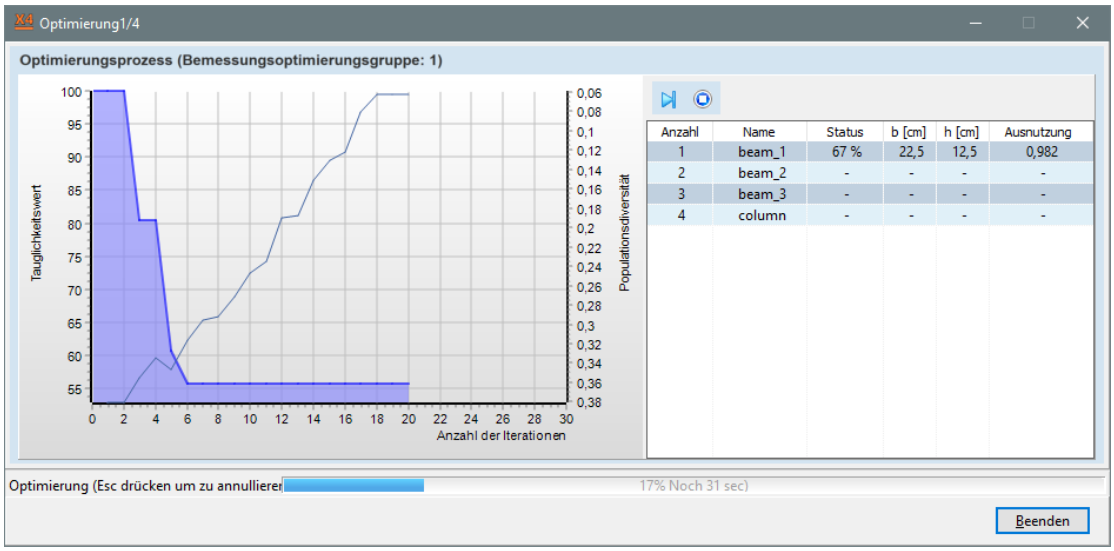
X Achse zeigt die Anzahl der Iterationen
Y Achse zeigt den Wert der Zielfunktion

Der Algorithmus schätzt die erforderliche Anzahl von Iterationen und wählt die Optimierungsmethode. Es kann eine einfache lineare Suche sein oder eine PSO Optimierung. Die Entscheidung hängt von folgenden Parametern ab : (1) Größe des Untersuchungsgebietes, (2) Iterationsschrittgrösse, (3) Anzahl festgelegter Parameter, (4) Ziel der Optimierung, (5) single- oder multi-threaded Modus (s. *Einstellungen / Grundeinstellungen / Berechnung*) (6) Anzahl der zu berücksichtigenden Stäbe (alle oder *x%* der effizientesten Stäbe). Ein Reduktion der Anzahl zu berücksichtigenden Stäbe beschleunigt die Berechnung, reduziert jedoch die Genauigkeit. Dies ist hilfreich wenn Optimierungsgruppen aus vielen Bemessungselementen mit unterschiedlicher Ausnützung bestehen und die Ausnützung aus einer Optimierungsberechnung bestimmt wurde.

Im Falle einer PSO Optimierung kann der Anwender eine anwenderdefinierte *Anzahl von Iterationen* , festlegen, wenn er *Anwenderspezifisch* aktiviert



Die Berechnung kann parallele Suchprozesse starten indem alle Prozessorkerne genutzt werden und so schneller Ergebnisse liefern. Hier ein typischer Graph des Optimierungsprozesses:



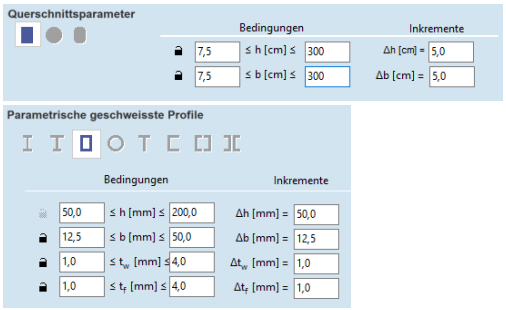
Die blaue Linie zeigt die abnehmende Populationsdiversität auf einer umgekehrten Skala, der ausgefüllte Graph zeigt den Tauglichkeitswert in Prozent des Anfangswertes (je tiefer desto besser). Falls der Tauglichkeitswert über mehrere Iterationen nicht ändert und die Populationsdiversität klein ist können Sie das aktuelle Resultat akzeptieren indem Sie zur Optimerung der nächsten Gruppe springen oder mit ESC die Optimierung beenden.

Gehe zur nächsten Gruppe.
Stopt die Optimierung der aktuellen Gruppe und springt zur nächsten. Der aktuelle Status wird als Resultat interpretiert.

Optimierung anhalten.
Stopt die gesamte Optimierung. Der aktuelle Status jeder Gruppe wird als Resultat interpretiert. Hat denselben Effekt wie drücken der **Esc** Taste.

Der Vor- und Nachteil dieser Methode liegt in der Natur der Stochastik. Wenn die Optimierung mehrfach für das gleiche Problem läuft, so kann es zu leicht unterschiedlichen Ergebnissen führen. Diese Tendenz ist grösser in grossen Suchbereichen. Für kleine Suchbereiche, z.B. Rohr mit einer engen Suchbreite, wird eine simple lineare Suche durchgeführt (das berechnen aller Kandidaten zum Finden des Bests geeigneten).

Bedingungen und Inkremente von Querschnitten können definiert werden. Das Anklicken des Schlosssymbols friert die Originalwerte ein. Um einen Parameter auf einen gewünschten Wert einzustellen, kann der kleinere und der grössere mit demselben Wert definiert werden.



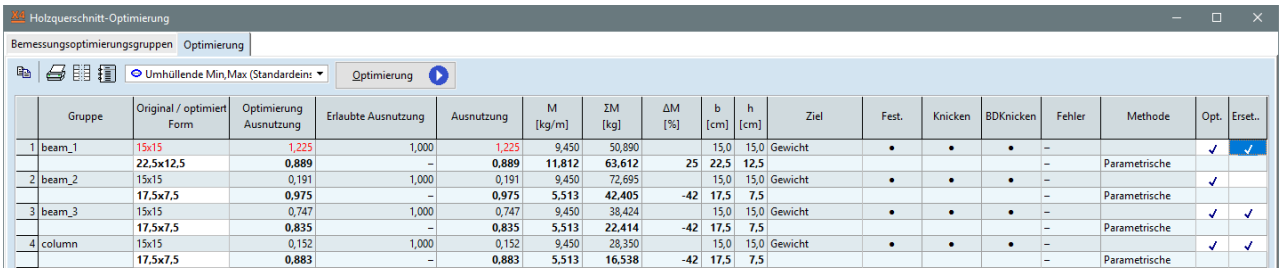
Der Algorithmus versucht einen Querschnitt zu finden, der so nah wie möglich am Ausnützungsmaximum liegt.

Zu grosse Intervalle und/oder zu kleine Inkremente vergrößern die Suche extrem, erhöhen dadurch die Berechnungszeit und/oder verlangsamen die Konvergenz. Daher ist es wichtig, die Bandbreite um das voraussichtliche Optimum zu bilden.

Wenn eine Bemessungsoptimierungsgruppe mehrere Elemente beinhaltet, wird die totale Ausnützung die höchste Ausnützung dieser Elemente sein. Daher ist es nicht empfehlenswert, Gruppen mit unterschiedlichen Längen und Inneren Kräften zu bilden

Optimierung

Nach anklicken des Symbols „Optimierung“ startet diese für den selektierten Lastfall, Lastkombination Umhüllende oder massgebende Kombination.



	Gruppe	Original / optimiert Form	Optimierung Ausnutzung	Erlaubte Ausnutzung	Ausnutzung	M [kg/m]	ΣM [kg]	ΔM [%]	b [cm]	h [cm]	Ziel	Fest.	Knicken	BDKnicken	Fehler	Methode	Opt.	Erset..
1	beam_1	15x15	1,225	1,000	1,225	9,450	50,890		15,0	15,0	Gewicht	•	•	•	–		✓	✓
		22,5x12,5	**0,889**	–	**0,889**	**11,812**	**63,612**	**25**	**22,5**	**12,5**					–	Parametrische		
2	beam_2	15x15	0,191	1,000	0,191	9,450	72,695		15,0	15,0	Gewicht	•	•	•	–		✓	
		17,5x7,5	**0,975**	–	**0,975**	**5,513**	**42,405**	**-42**	**17,5**	**7,5**					–	Parametrische		
3	beam_3	15x15	0,747	1,000	0,747	9,450	38,424		15,0	15,0	Gewicht	•	•	•	–		✓	✓
		17,5x7,5	**0,835**	–	**0,835**	**5,513**	**22,414**	**-42**	**17,5**	**7,5**					–	Parametrische		
4	column	15x15	0,152	1,000	0,152	9,450	28,350		15,0	15,0	Gewicht	•	•	•	–		✓	✓
		17,5x7,5	**0,883**	–	**0,883**	**5,513**	**16,538**	**-42**	**17,5**	**7,5**					–	Parametrische		

Die Tabelle zeigt die Gruppenparameter und Ergebnisse der Optimierung an (Gewicht pro Länge, Gewichtsreduzierung, Breite und Höhe. Die Spalte „Opt“ kann genutzt werden, um zu bestimmen, welche der Gruppen optimiert werden soll.

Falls die Optimierung auf Querschnittsformen aus der Bibliothek basiert, kann in einer dropdown Liste alle nachgewiesenen und brauchbaren Querschnitte ausgewählt werden. Diese Liste ist sortiert von hoher Ausnützung zu niedriger Ausnützung.

Die Spalte „Ersetzen“ kontrolliert, welche Querschnitte zu ersetzen sind. Das Anklicken des Buttons „Querschnitt ersetzen“, ersetzt diesen sofort in der selektierten Gruppe.

☞ ***Querschnittsoptimierung kann eine zeitintensive Aufgabe sein, abhängig von der Bandbreite der möglichen Kandidaten und der Anzahl der Gruppen. Daher ist es empfehlenswert, bei grosser Suchauswahl (z.B. parametrische Querschnittsoptimierung), nicht die langsamere AutoMcr Methode für das seitliche Knicken auszuwählen.***

6.6.2. Stahlbemessung nach SIA 263:2003

SIA 263:2003

Bemessung von Stahlkonstruktionen nach SIA 263:2003

Das Stahlbemessungsmodul kann auf die folgenden Querschnittsformen angewendet werden:

Gewalzte I-Träger
Geschweißte I-Träger
Geschlossene rechteckige Profile
Rohrprofile
Einfach symmetrische I-Träger
T-Träger
Rechteckige Vollquerschnitte
Kreisförmige Vollquerschnitte
Beliebige Querschnitte; einige Nachweise können damit nicht geführt werden.

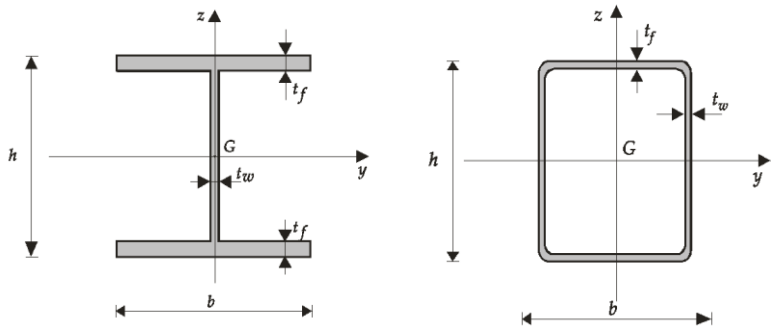
Die Querschnittsformen, die nicht in diese Liste einzuordnen sind, können nicht untersucht werden.
Es wird weiterhin angenommen, dass die Querschnitte keine Verjüngungen, Löcher oder Blechteile mit einer Dicke von mehr als 40 mm Dicke enthalten, doppelt symmetrisch und im Schubmittelpunkt belastet sind.
Der Querschnitt sollte konstant oder linear veränderlich entlang des Konstruktionselementes sein. Es wird vorausgesetzt, dass einfach symmetrische Querschnitte in der Symmetrieebene belastet sind. Im Falle von Stäben mit beliebigen Querschnitten (keine Symmetrieebene vorhanden) werden nur die statischen Nachweise geführt.

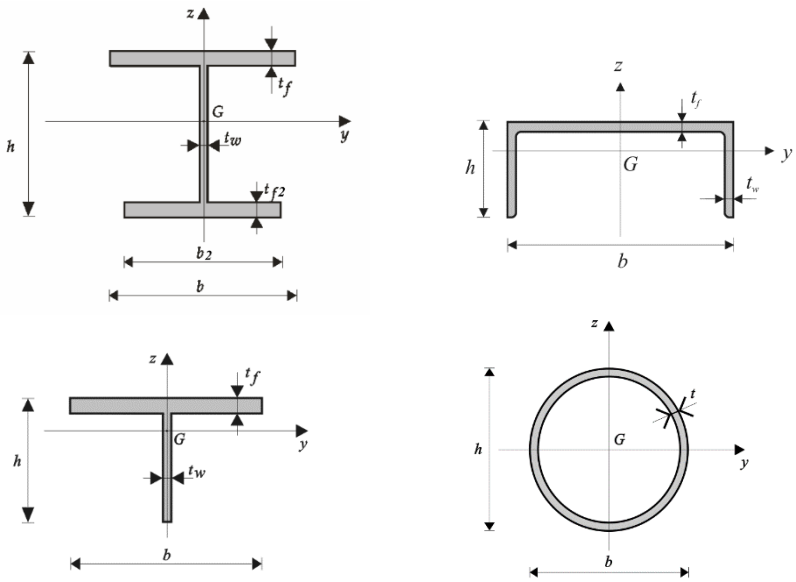
Mit dieser Funktion können Querschnitte der Querschnittklasse 4, einfach- und doppeltsymmetrische I-Querschnitte , rechteckige geschlossene und hohle Profile untersucht werden. Im Falle gleichförmiger Druck- und Biegebeanspruchung werden die effektiven Querschnittswerte berechnet. Diese Querschnittswerte können im Register Stahlbemessung in der Funktion „Tabelle" unter „Bemessungswiderstände" angezeigt werden oder im Pop-Up-Fenster nach Klicken auf den untersuchten Stab.

A_{eff} : die effektive Querschnittsfläche im Fall gleichmässigen Druckes
$e_{N,y}$: die Verschiebung der y-Neutralachse wenn der Querschnitt unter gleichförmiger Druck-beanspruchung angenommen wird (ist Null wenn der Querschnitt zur y-Achse symmetrisch ist). Eine negative Verschiebung wird ein negatives $\Delta My = Ne_{N,y}$ Moment im aktuellen Querschnitt bewirken.
$W_{eff,min}$: elastisches Widerstandsmoment (bezogen auf die Faser mit der maximalen elastischen Spannung) des des effektiven Querschnittes im Falle eines Momentes nur um die relevante Achse
$W_{eff,(+),min}$ bezieht sich auf Querschnitte wo die Momentenbeanspruchung positiv ist
$W_{eff,(-),min}$ bezieht sich auf Querschnitte, wo die Momentenbeanspruchung negativ ist

Es ist wichtig zu wissen, dass diese Querschnittswerte berechnet werden, wenn der Querschnitt zur Querschnittsklasse 4 gehört. Es kann vorkommen, dass keine Spannung vorhanden ist welche Knicken verursacht, aber die Querschnittswerte werden trotzdem in der Tabelle aufgeführt.

Von dem Programm werden nur die unten aufgeführten Untersuchungen durchgeführt. Alle anderen in der Norm vorgeschriebenen Untersuchungen (Torsion, Steg- und Flanschstabilität, Verbindungen, etc.) müssen vom Anwender durchgeführt werden.
Die Hauptachsen eines beliebigen Querschnittes müssen mit den lokalen ***y*** und ***z*** Achsen übereinstimmen.





Querschnittsklassen:

Das Programm bestimmt die Querschnittsklasse gemäß Tabelle 5a und 5b (SIA263 4.3.1) berücksichtigend Druck und Biegung
In Querschnittklassen 1. und 2. werden die plastischen Eiegenschaften ($W_{pl,y}$,$W_{pl,z}$), in Klasse 3. die elastischen Eigenschaften und in Klasse 4. die effektiven Eigenschaften bei der Berechnung des Widerstands berücksichtigt.

Untersuchungen:

Normalkraft-Biegung-Abscheren [N-M-V]	(SIA263 4.4.5.2, 4.4.4.1, 4.5.4)
Druckkraft-Biegung-Stabilität [N-M-Stab.]	(SIA263 4.5.3.3)
Steg-Abscheren /y [V_y]	(SIA263 4.4.3.1, 4.5.5, 5.4.2)
Steg-Abscheren /z [V_z]	(SIA263 4.4.3.1, 4.5.5, 5.4.2)
von Mises Vergleichsspannungen [von Mises]	(SIA263 4.4.6.1)

Widerstände:

Normalkraftwiderstand [NRd]	(SIA263 4.4.1.1)
Normalkraftwiderstand für effective Querschnitt [NeffRd]	(SIA263 4.4.1.1 (8))
Querkraftwiderstand /y axis [Vy,Rd]	(SIA263 4.4.3.1, 4.5.5, 5.4.2)
Querkraftwiderstand /z axis [Vz,Rd]	(SIA263 4.4.3.1, 4.5.5, 5.4.2)
Biegewiderstand /yy [My,Rd]	(SIA263 4.4.2.1)
Biegewiderstand /zz [Mz,Rd]	(SIA263 4.4.2.1)
Biegewiderstand /yy für effective Querschnitt [My,eff,Rd]	(SIA263 4.4.2.1)
Biegewiderstand /zz für effective Querschnitt [Mz,eff,Rd]	(SIA263 4.4.2.1)
Minimaler Knickwiderstand (Biegung in der Ebene oder Torsion) [NK,Rd]	(SIA263 4.5.1.2)
Maximale Knickschlankheit [Lmax] (zugehörig zur minimalen Knickkraft)	
Reduktionsfaktor des Biegeknickwiderstands [χ_K]	
Knickspannungskurve	
Biegedrillknickwiderstand [MD,Rd]	(SIA263 4.5.2.2)
Momentenfaktor [C1]	
Reduktionsfaktor des Knickwiderstand [χ_D]	
Querschnittsklasse	

Gemäß 4.1.3 sind die Widerstandsbeiwerte: $\gamma_{M1} = 1.05$; $\gamma_{M2} = 1.25$

Biegung und Längskraft

Die Untersuchung erfolgt gemäß SIA263 4.4.5.2. Das Bauteil kann unter Zug oder Druck sein

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$$

wobei N_{Rd} gemäß 4.4.1, und M_{Rd} (unter Berücksichtigung der *y-Achse* oder *z-Achse*) gemäß 4.4.2.1. bestimmt wird.
$\Delta M_{y,Ed} = N_{Ed} \cdot e_{N,y} \neq 0$ nur wenn der Querschnitt zur Klasse 4 gehört und der Originalquerschnitt zur y-Achse asymmetrisch ist.

Wenn die Schubkraft grösser als 50% des Schubwiderstandes ist, wird ein reduzierter Momentenwiderstand nach SIA263 4.4.4.1. berücksichtigt.

Druckkraft-Biegung-Stabilität

Die Untersuchung erfolgt gemäß SIA263 4.5.3.3 und 4.5.2.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{K,Rd}} + \frac{\omega_y}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{M_{D,Rd}} + \frac{\omega_z}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$$

$\Delta M_{y,Ed} = N_{Ed} \cdot e_{N,y} \neq 0$ nur wenn der Querschnitt zur Klasse 4 gehört und der Originalquerschnitt zur y-Achse asymmetrisch ist.
Zusätzlich zum Knicknachweis nach SIA263 4.5.1.2, wird das Biegedrillknicken berücksichtigt in $N_{K,Rd}$ durch Berechnen der dimensionslosen Schlankheit $\bar{\lambda}_T$ auf der Basis von EN 1993-1-1, 6.3.1.4:

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,TF}}}$$

wobei $N_{cr,TF}$ die elastische Biegedrillkraft ist. $N_{K,Rd}$ wird berechnet als das Minimum der massgebenden Kräfte.
Das Kippen wird berücksichtigt durch $M_{D,Rd}$ das auf der Basis von $\bar{\lambda}_D$ bestimmt wird (SIA263 4.5.2):

$$\bar{\lambda}_D = \sqrt{\frac{Wf_y}{M_{cr}}}$$

wobei M_{cr} auf der Basis von ENV 1993-1-1, Annex F1.2 berechnet wird:

$$M_{cr} = C_1\frac{\pi^2 EI_z}{(K_z L)^2}\left[\sqrt{\left(\frac{1}{K_\omega}\right)^2\frac{I_\omega}{I_z} + \frac{(K_z L)^2 GI_t}{\pi^2 EI_z} + \left(C_2 z_g - C_3 z_j\right)^2} - \left(C_2 z_g - C_3 z_j\right)\right]$$

mit $z_g = z_a - z_s$ und $z_j = z_s - \frac{0.5}{I_y}\int(y^2+z^2)z\,dA$

wobei $C_1, C_2, C_3, K_z, K_\omega$ und z_a Bemessungsparameter sind, welche später eingegeben werden., wobei z_s die Koordinate des Schubmittelpunktes bezogen auf den Schwerpunkt des Querschnittes ist (auf der lokalen *z-Achse*)

Steg-Abscheren /z

Die Untersuchung basiert auf SIA263 4.4.3, 4.5.5, 5.4.2.

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{z,Rd}} \leq 1$$

Steg-Abscheren /y

Die Untersuchung basiert auf SIA263 4.4.3, 4.5.5, 5.4.2.

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{y,Rd}} \leq 1$$

von Mises

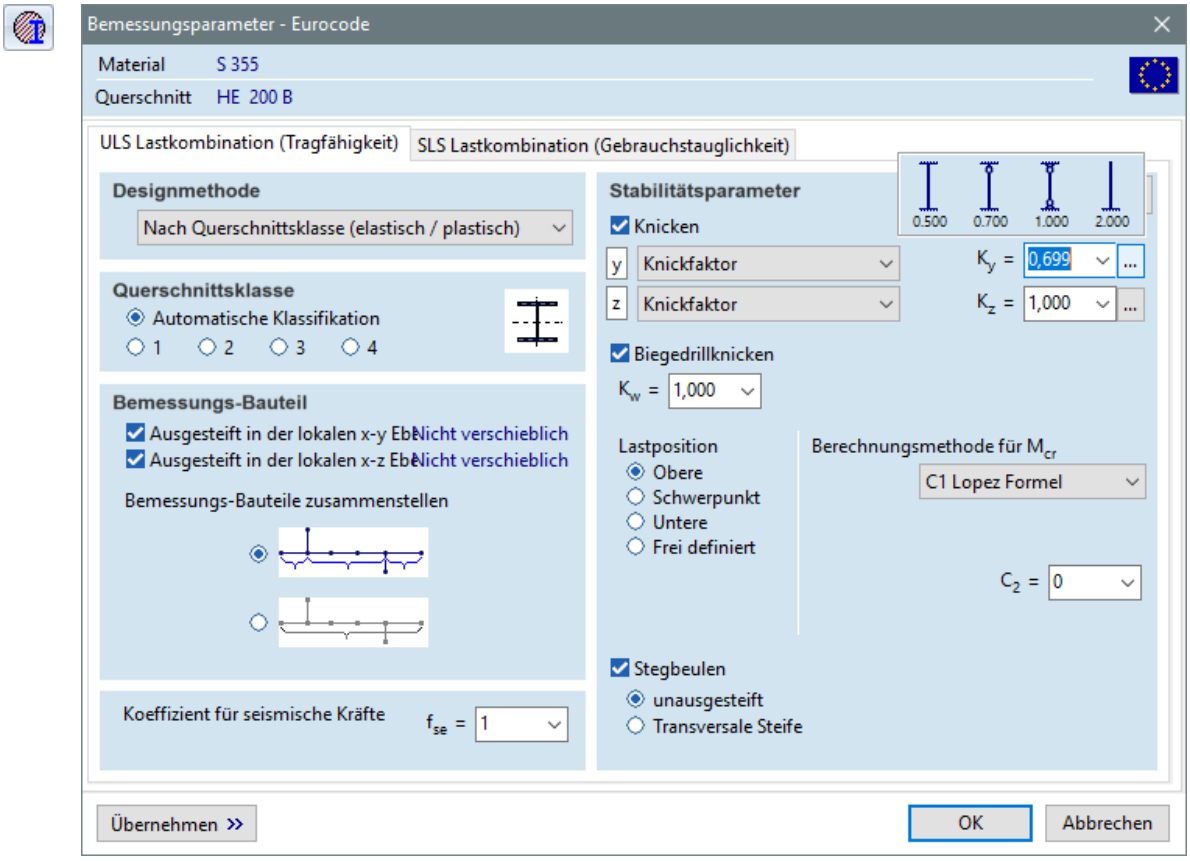
Die Untersuchung basiert auf SIA263 4.4.6.1, am Übergang Steg/Flansch:

$$\frac{\sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + 3\tau_{x,zEd}^2}}{f_y/\gamma_{M1}} \leq 1$$

Es wird vorausgesetzt, dass es keine lokalen Beanspruchungen im Steg gibt, $\sigma_{z,Ed} = 0$.
Wenn das Element zur Querschnittklasse 4 gehört, wird die von Mises Spannung nicht berechnet, denn die effektiven Querschnitteigenschaften wurden im Fall gleichmässiger Normalkraft und Biegemoment definiert

Bemessungs-parameter

Für die Bemessung nach SIA 263, müssen die folgenden Bemessungsparameter definiert und den entsprechenden Stäben zugewiesen werden:



Stabilitätsbeiwerte:

Biegeknicken

K_y, K_z: Knicklängen-Faktoren bezogen auf Knicken um die z- und y-Achse. Falls das Knicken in einer Richtung durch entsprechende Lagerbedingungen längs des Stabes verhindert ist, sollte der entsprechende Knicklängen-Faktor auf beinahe Null gesetzt werden.
Im Falle wo Zwischenauflager ein Knicken um eine Achse verhindern, kann der Knicklängen-Faktor als Verhältnis zwischen der entsprechenden Knicklänge (zwischen den Zwischenauflagern) und der gesamten Stablänge definiert werden.

Verwölbung

K_ω: ist ein Faktor der der Verhinderung gegen Verwölbung zugeordnet ist. Falls Verwölbung
- nicht speziell behindert ist, sollte der Faktor 1 genommen werden.
- an beiden Enden verhindert ist, sollte der Faktor 0.5 genommen werden.
- nur an einem Ende verhindert ist, sollte der Faktor 0.7 genommen werden.

Biegedrillknicken

C_1, C_2, C_3: Faktoren sind abhängig vom Verhältnis der Endmomente, vom Wert K_z und vom Lasttyp. C_1 wird vom Programm zu 1,0 gesetzt. Falls der Stab direkt belastet wird und die Lastposition nicht identisch mit dem Schubmittelpunkt ist, sollte C2 gegeben werden. Im Falle einfach symmetrischer Querschnitte, sollte auch C_3 gegeben werden.

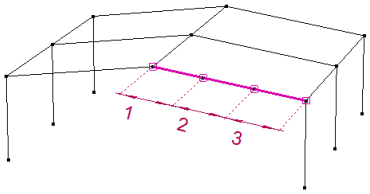
z_a: ist die Koordinate (auf der lokalen z-Achse) des Lastangriffspunktes bezogen auf den Schwerpunkt des Querschnittes. $z_a = 0$ falls nur Endmomente am Stab angreifen. Die Positionen von Schwerpunkt oder das obere oder untere Ende des Querschnittes kann auch über die entsprechenden Auswahlknöpfe gewählt werden.
In dieser Untersuchung wird angenommen, dass die lokale z-Achse die schwache Achse bedeutet, und es wird weiter angenommen, dass der Knicklängen-Faktor auch auf den Flansch unter Druck angewendet werden kann.

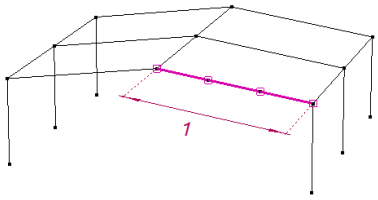
Konstruktions-elemente

Vor der Bemessung erstellt das Programm Bemessungselemente aus den ausgewählten Elementen. Bemessungselemente bestehen aus finiten Elementen mit dem gleichen Material, dem gleichen Typ (Fachwerkstab, Stab, Plattenbalken) und gleichem lokalen Koordinatensystem. Bemessungselemente müssen über ihre gesamte Länge einen konstanten oder linear veränderlichen Querschnitt und Exzentrizität besitzen. Die finiten Elemente müsse dazu auf einer geraden Line liegen.

Darüber hinaus könne Sie bei der Bestimmung der Endpunkte der Konstruktionselemente aus zwei Möglichkeiten wählen:

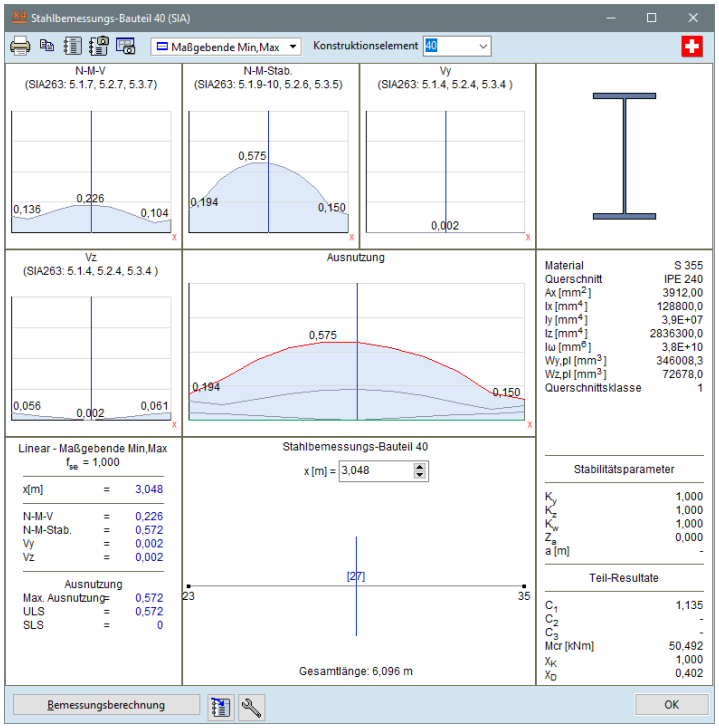
1. In einen Knotenpunkt eines Konstruktionselementes einmündende andere Linien- und Flächenelemente oder Auflager teilen die benachbarten Konstruktionselemente.
2. Die zusammenhängend selektierten Stabelemente bilden ein Konstruktionselement, unabhängig davon, ob in den Knotenpunkten des Konstruktionselementes andere Elemente anschliessen.





Diagramme

Die Diagramme aller Nachweise eines Konstruktionselementes können durch Klicken auf das Element angezeigt werden. Falls irgendein Nachweis nicht geführt werden kann, erscheint das entsprechende Diagramm durchgestrichen



6.6.3. Brandbemessung von Stahlträgern gemäss Eurocode 3 – SD8 modul

Normen

AxisVM führt Brandbemessung gemäss verschiedener nationaler Anhänge durch. Im Falle nationaler Anhänge des Eurocodes, welche nachfolgend nicht aufgelistet sind, werden die allgemeinen Regeln der EN 1993-1-2 berücksichtigt.

Eurocode	*EN 1993-1-2* *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten* *Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall*
EC Deutschland	*DIN EN 1993-1-2:2010-12 NA*
EC Ungarn	*SZ EN 1993-1-2:2013 NA*

	EC Rumänien	*SR EN 1993-1-2:2006/NB:2008*
	EC Slovakei	*STN EN 1993-1-2/NA:2008*
	EC Polen	*PN EN 1993-1-2 NA*
	EC England	*BS EN 1993-1-2:2005 NA*
	EC Finnland	*SFS-EN 1993-1-2:2005 NA*

Brandbemessung von Stahlbauten gem. EN 1993-1-2

Die Brandbemessung von Stahlträgern (SD8 Modul) basiert auf der "normalen" Stahlbemessung (*6.6.1 Stahlbemessung nach Eurocode 3 – SD1 Modul),* **das SD1 Modul ist also Voraussetzung für die Verwendung des SD8 Moduls**.

EN 1993-1-2 (EC3-1-2) diskutiert die Brandbemessung von Stahlbauten. EC3-1-2 ist sehr ähnlich wie EN 1993-1-1, also werden hier nur die Unterschiede besprochen.

Die Brandbemessung von Stahlträgern kann in AxisVM durchgeführt werden, wenn 1) die gewählte Lastkombination eine Brandlastfall enthält (*4.10.1 Lastfälle, Lastfallgruppen*) 2) wenn in diesem Brandlastfall einem oder mehreren der gewählten Elemente ein Feuereffekt zugeteilt worden ist (*4.10.31 Brandeinwirkung auf Lienienelemente aus Stahl – SD8*). Wurden Elementen eines Bemessungselements unterschiedliche Feuereffekte zugewiesen, erscheint eine Fehlermeldung und die Brandbemessung kann nicht ausgeführt werden.

Enthält die Auswahl Elemente ohne Feuereffekt, wird für sie die gewöhnliche Stahlbemessung durchgeführt. Bestimmte Parameter der Brandbemessung für Stahl müssen den Elementen ebenfalls zugeordnet werden (siehe unten).

Bauteilanalyse

EC3-1-2 bespricht verschiedene Methoden: Bauteilanalyse, Analyse einer Teilstruktur und Analyse des gesamten Bauwerks. Aufgrund ihrer Einfachheit ist die Bauteilanalyse die meistverbreitete Nachweismethode. Die beiden anderen Methoden benötigen komplexe nichtlineare numerische Modelle und nichtlineare statische Analysen.

Grundlagen der Bauteilanalyse gemäss EC3-1-2:

- Die Beanspruchung des Bemessungsbauteils kann mit linearer statischer Analyse berechnet werden;
- Es müssen nur die Auswirkungen thermischer Verformungen berücksichtigt werden, die sich aus Temperaturgradienten über den Querschnitt ergeben. Die Auswirkungen von axialen oder Wärmedehnungen in der Querschnittsebene können vernachlässigt werden. (EC3-1-2, 2.4.2 (4));
- Es kann davon ausgegangen werden, dass die Randbedingungen an Auflagern und Enden des Bauteils während der gesamten Brandbeanspruchung unverändert bleiben. (EC3-1-2, 2.4.2 (5)).

SD8 führt eine Bauteilanalyse durch. Es muss geprüft werden, ob die Teilstruktur / das Bauwerk mit einer Bauteilanalyse gemäss den Richtlinien von EC3-1-2 nachgewiesen werden kann.

In bestimmten Fällen kann die Analyse eines Teils der Struktur auch in AxisVM ausgeführt werden, wenn 1) die Randbedingungen sorgfältig festgelegt werden, 2) Brandeinwirkungen als thermische Belastung berücksichtigt werden und 3) die Richtlinien in Abschnitt 2.4.3 des EC3-1-2 berücksichtigt werden.

$k_{y,\theta}$, k_E, $k_{y,\theta,4}$

Gemäss EC3-1-2, werden die folgenden Reduktionsfaktoren für mechanische Eigenschaften von Stahl bei der Brandbemessung in AxisVM berücksichtigt:

- *$k_{y,\theta}$ – Reduktionsfaktor für die Streckgrenze (QS-Klasse 1, 2 und 3), bezogen auf die Streckgrenze bei 20 °C;*
- *$k_{y,\theta,4}$ – Reduktionsfaktor für die Streckgrenze (QS-Klasse 4), bezogen auf die Streckgrenze bei 20°C;*
- *k_E – Reduktionsfaktor für den E-Modul, bezogen auf den E-Modul bei 20 °C.*

Es ist zu beachten, dass bei der Bemessung von Edelstahl andere Reduktionsfaktoren verwendet werden müssen.

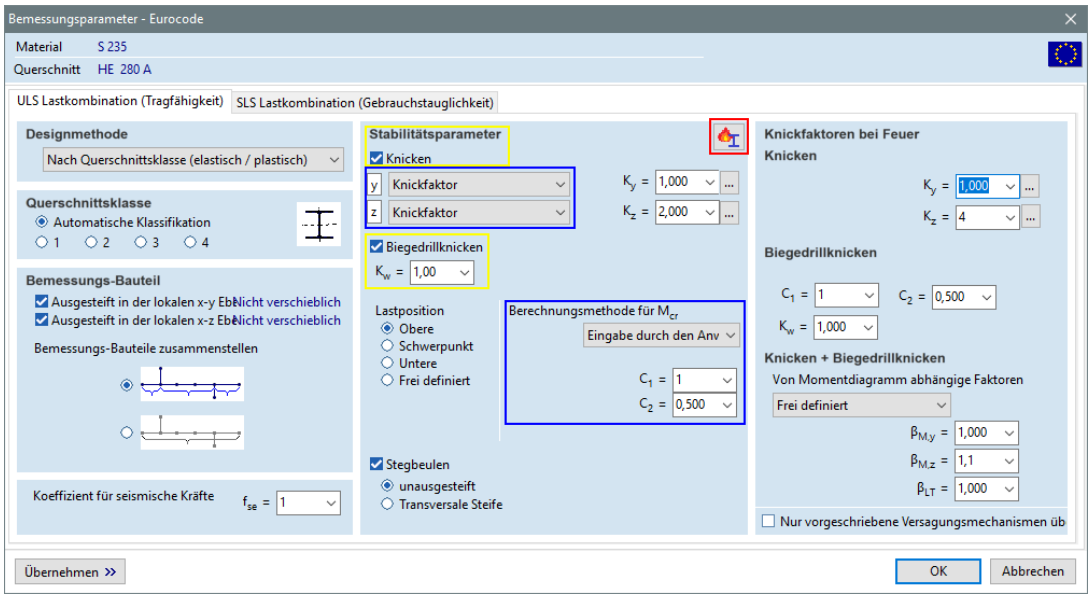
θ_s [°C]	$k_{y,\theta}$	$k_{y,\theta,4}$	k_E
20	1.000	1.000	1.000
100	1.000	1.000	1.000
200	1.000	0.890	0.900
300	1.000	0.780	0.800
400	1.000	0.650	0.700
500	0.780	0.530	0.600
600	0.470	0.300	0.310
700	0.230	0.130	0.130
800	0.110	0.070	0.090
900	0.060	0.050	0.0675
1000	0.040	0.030	0.045
1100	0.020	0.020	0.0225
1200	0.000	0.000	0.000

Parameter für die Brandbemessung von Stahl



Für die Brandbemessung auf der Grundlage von EC3-1-2 sollten Brandschutzparameter definiert und den Bauteilen zugewiesen werden. Klicken Sie auf die unten angezeigte Schaltfläche im roten Rechteck. Diese Schaltfläche ist nur sichtbar, wenn 1) das SD8-Modul Teil der Konfiguration ist und 2) die Brandbemessung für Stahl gemäss der aktuellen Bemessungsnorm unterstützt wird. Die Schaltfläche fügt auf der rechten Seite ein zusätzliches Feld hinzu. Wenn das Symbol nicht angezeigt wird, wird auch keine Brandbemessung durchgeführt.





Stabilitätsparameter im Brandfall

Biegeknicken

Es ist möglich, verschiedene Knicklängen oder Knickfaktoren für die Berechnung des Knickwiderstands um die y- und z-Achse im Brandfall zu definieren, da die Durchbiegung des Elements oft durch dünnwandige Elemente (Pfetten usw.) verhindert wird, die ihre Steifigkeit sehr schnell verlieren bei erhöhter Temperatur. Die Definition / Berechnung der Knicklänge ist die gleiche wie bei Normaltemperatur (blaues Rechteck). Wenn die automatische Knicklängenberechnung ausgewählt ist, verwendet das Brandbemessungsmodul die gleiche Knicklänge wie bei normaler Temperatur.
Wenn *Biegeknicken* angeklickt ist, werden die Knickwiderstandsberechnung und Nachweise sowohl bei normaler als auch bei erhöhter Temperatur durchgeführt.

Drillknicken

Der Faktor K_ω mit Bezug zum Wölbwiderstand kann sich bei erhöhter Temperatur ändern.
Wenn Drillknicken ausgewählt ist, werden Widerstandsberechnung und Nachweis sowohl bei normaler als auch bei erhöhter Temperatur durchgeführt.

M_{cr} – kritisches Biegemoment

Für die Betrachtung und Berechnung des kritischen Biegemoments können verschiedene Parameter definiert werden. Die Berechnung des kritischen Biegemoments und der Lastposition funktioniert gleich wie bei normalen Temperaturen (blaues Rechteck).Wenn *AutoMcr* ausgewählt ist, werden automatisch berechnete oder benutzerdefinierte Längsauflager bei der Berechnung von M_{cr} berücksichtigt.

Biegeknicken + Drillknicken

Der Nachweis gegen Biegedrillknicken wird durchgeführt, wenn *Biegeknicken* und *Drillknicken* ausgewählt und die Stabilitätsparameter definiert sind. Die Bemessungsmethode ist weiter unten beschrieben. Äquivalente einheitliche Faktoren für die Momente ($\beta_{M,y}$, $\beta_{M,z}$ *und* $\beta_{M,LT}$ von EC3-1-2; Fig. 4.2) müssen definiert werden. Es ist möglich, diese Faktoren automatisch anhand des Momentendiagramms zu berechnen.

Nur vorgeschriebene Versagensmechanismen überprüfen

Die Vorgaben der EN 1993-1-1 und EN 1993-1-2 sind analog, aber die EN 1993-1-2 behandelt nicht den Nachweis für mehrere Versagen (z.B. Festigkeitsversagen, verursacht durch innere Kräfte in Wechselwirkung miteinander oder durch Stegbeulen). Gemäss relevanter Literatur können die Formeln der EN 1993-1-1 verwendet werden, allerdings mit reduzierter Streckgrenze und reduziertem E-Modul. Diese Nachweise sind jedoch nicht von der Norm vorgeschrieben.

Wenn *Nur vorgeschriebene Versagungsmechanismen überprüfen* ausgewählt ist, werden nur die Nachweise gemäss EC3-1-2 durchgeführt.

Querschnitts-klassifikation

AxisVM klassifiziert Querschnitte gemäss Tabelle 5.2 der EN 1993-1-1. Im Falle der Brandbemessung wird der Parameter ε gemäss EC3-1-2 berechnet:

$$\varepsilon = 0.85\sqrt{235/f_y}$$

Nachweise der Brandbemessung

SD8 führt folgende Nachweise durch:

Widerstände

Plastischer Widerstand (axial) [Npl,fi,Rd] (EN 1993-1-2, 4.2.3.1, Anhang E)
Effektiver Widerstand (unter zentrischem Druck) [Neff, fi,Rd] (EN 1993-1-2, 4.2.3.2, Anhang E)
Elastischer Querkraftwiderstand /y-Achse [Vel,fi,y,Rd] (EN 1993-1-1, 6.2.6, EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Anhang E)
Elastischer Querkraftwiderstand /z-Achse [Vel,fi,z,Rd] (EN 1993-1-1, 6.2.6, EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Anhang E)
Plastischer Querkraftwiderstand /y-Achse [Vpl,fi,y,Rd] (EN 1993-1-1, 6.2.6, EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Anhang E)
Plastischer Querkraftwiderstand /z-Achse [Vpl,fi,z,Rd] (EN 1993-1-1, 6.2.6, EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Anhang E)
Querkraft Stegbeulen [Vb,fi,Rd] (EN 1993-1-5, 5.1-5.3, EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Anhang E)

Elastischer Momentenwiderstand /yy [Mel,fi,y,Rd] (EN 1993-1-2, 4.2.3.4, Anhang E)
Elastischer Momentenwiderstand /zz [Mel,fi,z,Rd] (EN 1993-1-2, 4.2.3.4, Anhang E)
Plastischer Momentenwiderstand /yy [Mpl,fi,y, Rd] (EN 1993-1-2, 4.2.3.3, Anhang E)
Plastischer Momentenwiderstand /zz [Mpl,fi,z,Rd] (EN 1993-1-2, 4.2.3.3, Anhang E)
Momentenwiderstand für den effektiven Querschnitt bei Biegung um die y-Achse [Meff,fi,y, Rd] (EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Anhang E)
Momentenwiderstand für den effektiven Querschnitt bei Biegung um die z-Achse [Meff,fi,z,Rd] (EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Anhang E)
Minimaler Knickwiderstand [Nb,fi,Rd] (EN 1993-1-2, 4.2.3.2, Anhang E)
Biegedrillknickwiderstand [Mb,fi,Rd] (EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Anhang E)
Kritische Temperatur [θ_{cr}] (EN 1993-1-2)

Normalkraft-Moment-Querkraft

Nur vorge-schriebene Versa- gensmechanismen überprüfen

☐

Elastische Bemessung (QS-Klasse 3)

Allgemeine Formel:

$$\frac{N_{Ed}}{A\dfrac{f_y k_{y,\theta}}{\gamma_{M_{fi}}}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y}\dfrac{f_y k_{y,\theta}}{\gamma_{M_{fi}}}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z}\dfrac{f_y k_{y,\theta}}{\gamma_{M_{fi}}}} \leq 1$$

Wenn die Querkraft grösser als 50% des Querkrafwiderstands ist oder ein Torsionsmoments wirkt, wird die folgende Fliessbedingung geprüft (nur für I-, T-, C-, Kasten- und Kreisquerschnitte):

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y k_{y,\theta}/\gamma_{M_{fi}}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y k_{y,\theta}/\gamma_{M_{fi}}}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y k_{y,\theta}/\gamma_{M_{fi}}}\right)\left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y k_{y,\theta}/\gamma_{M_{fi}}}\right) + 3\left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y k_{y,\theta}/\gamma_{M_{fi}}}\right)^2 \leq 1$$

Elastische Bemessung (QS-Klasse 4)

Allgemeine Formel:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff}\dfrac{f_y k_{y,\theta,4}}{\gamma_{M_{fi}}}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{W_{eff,y}\dfrac{f_y k_{y,\theta,4}}{\gamma_{M_{fi}}}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{eff,z}\dfrac{f_y k_{y,\theta,4}}{\gamma_{M_{fi}}}} \leq 1$$

Wenn die Querkraft grösser als 50% des Querkrafwiderstands oder ein Torsionsmoments wirkt, wird die folgende Fliessbedingung geprüft (nur für I-, T-, C-, Kasten- und Kreisquerschnitte):

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y k_{y,\theta,4}/\gamma_{M_{fi}}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y k_{y,\theta,4}/\gamma_{M_{fi}}}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y k_{y,\theta,4}/\gamma_{M_{fi}}}\right)\left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y k_{y,\theta,4}/\gamma_{M_{fi}}}\right) + 3\left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y k_{y,\theta,4}/\gamma_{M_{fi}}}\right)^2 \leq 1$$

$\Delta M_{y,Ed} = N_{Ed} \cdot e_{N,y}$: Es ist nur dann nicht Null, wenn der Querschnitt Klasse 4 hat und der ursprüngliche Querschnitt asymmetrisch zur Achse y ist.

Plastische Bemessung

Für I-, Rohr- und Hohlkastenquerschnitte der QS-Klasse 1 und 2 wird wird der Nachweis nach EN 1993-1-1 6.2.10 und EC3-1-2 berechnet. Es wird die Einwirkung sowohl der Querkraft als auch der Normalkraft auf den Biegewinderstand berücksichtigt. Neben dem Nachweis reiner Normalkraft und reiner Querkraft sollten auch folgende Kriterien erfüllt sein:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,fi,y,Rd}} \leq 1;\ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,fi,z,Rd}} \leq 1$$

wobei $M_{N,fi,y,Rd}$, $M_{N,fi,z,Rd}$ die reduzierten Biegewiderstände aufgrund Normalkraft und Querkraft sind (EN 1993-1-1 6.2.8. und 6.2.9.1). Für Rohrquerschnitte wird der reduzierte Biegewiderstand folgendermassen berechnet:

$$M_{N,fi,y,Rd} = 1.04 \cdot \left(1 - \rho - \frac{n^{1.7}}{(1-\rho)^{0.7}}\right);\ n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,fi,Rd}};\ \rho = \left(2\frac{V_{Ed}}{V_{pl,fi,z,Rd}} - 1\right)^2$$

$$M_{N,fi,z,Rd} = 1.04 \cdot \left(1 - \rho - \frac{n^{1.7}}{(1-\rho)^{0.7}}\right);\ n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,fi,Rd}};\ \rho = \left(2\frac{V_{Ed}}{V_{pl,fi,y,Rd}} - 1\right)^2$$

Für zweiachsige Biegung sollte die Bedingung nach EN 1993-1-1 6.2.9.1. (6) erfüllt sein (I-, Hohlkasten- und Rohrquerschnitte):

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,fi,y,Rd}}\right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,fi,z,Rd}}\right]^{\beta} \leq 1$$

Andere Querschnittstypen:

$$N_{pl,fi,Rd} = \frac{Af_y k_{y,\theta}}{\gamma_{M_{fi}}}; M_{pl,fi,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y k_{y,\theta}}{\gamma_{M_{fi}}}; M_{pl,fi,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} f_y k_{y,\theta}}{\gamma_{M_{fi}}}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,fi,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,fi,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,fi,z,Rd}} \le 1$$

Wenn die Querkraft grösser als 50% des Querkraftwiderstands ist, wird der Biegewiderstand unter Berücksichtigung der Wirkung der Querkraft gemäss EN 1993-1-1 6.2.8. und EC3-1-2 ($M_{V,fi,y,Rd}$, $M_{V,fi,z,Rd}$) reduziert.

Nur vorge-schriebene Versa- gens-mechanismen überprüfen ☑

Elastische Bemessung (QS-Klasse 3)

$$\frac{N_{Ed}}{A\frac{f_y k_{y,\theta}}{\gamma_{M_{fi}}}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y}\frac{f_y k_{y,\theta}}{\gamma_{M_{fi}}}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z}\frac{f_y k_{y,\theta}}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 1$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{el,fi,y,Rd}} \le 1; \frac{V_{z,Ed}}{V_{el,fi,z,Rd}} \le 1$$

Elastische Bemessung (QS-Klasse 4)

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff}\frac{f_y k_{y,\theta,4}}{\gamma_{M_{fi}}}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{W_{eff,y}\frac{f_y k_{y,\theta,4}}{\gamma_{M_{fi}}}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{eff,z}\frac{f_y k_{y,\theta,4}}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 1$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{el,fi,y,Rd}} \le 1; \frac{V_{z,Ed}}{V_{el,fi,z,Rd}} \le 1$$

Plastische Bemessung

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,fi,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,fi,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,fi,z,Rd}} \le 1$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,fi,y,Rd}} \le 1; \frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,fi,z,Rd}} \le 1$$

Knicken aufgrund Moment und Normalkraft

Gemäss EN 1993-1-2, 4.2.3.5 (4.21a, c):

Elastische Bemessung (QS-Klasse 3)

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{min,fi} A k_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} + k_y \frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y} k_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} + k_z \frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z} k_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 1$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y N_{Ed}}{\chi_{y,fi} A k_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 3; \; k_z = 1 - \frac{\mu_z N_{Ed}}{\chi_{z,fi} A k_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 3$$

Elastische Bemessung (QS-Klasse 4)

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{min,fi} A_{eff} k_{y,\theta,4}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} + k_y \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{W_{eff,y} k_{y,\theta,4}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} + k_z \frac{M_{z,Ed}}{W_{eff,z} k_{y,\theta,4}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 1$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y N_{Ed}}{\chi_{y,fi} A_{eff} k_{y,\theta,4}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 3; \; k_z = 1 - \frac{\mu_z N_{Ed}}{\chi_{z,fi} A_{eff} k_{y,\theta,4}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 3$$

Plastische Bemessung

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{min,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} + k_y\frac{M_{y,Ed}}{W_{pl,y}k_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} + k_z\frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z}k_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 1$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y N_{Ed}}{\chi_{y,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 3;\ k_z = 1 - \frac{\mu_z N_{Ed}}{\chi_{z,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 3$$

wobei

$$\mu_y = \left(2\beta_{M,y} - 5\right)\bar{\lambda}_{y,\theta} + 0.44\beta_{M,y} + 0.29 \le 0.8$$

$$\mu_z = \left(1.2\beta_{M,y} - 3\right)\bar{\lambda}_{z,\theta} + 0.71\beta_{M,z} - 0.29 \le 0.8$$

Die Berechnung der Reduktionsfaktoren $\chi_{y,fi}$ und $\chi_{z,fi}$ erfolgt gemäss EC3-1-2 4.2.3.2.

Normalkraft-Biegung-Biegedrillknicken

Gemäss EN 1993-1-2, 4.2.3.5 (4.21b, d):

Elastische Bemessung (QS-Klasse 3)

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{z,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} + k_{LT}\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT,fi}W_{el,y}k_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} + k_z\frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z}k_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 1$$

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} N_{Ed}}{\chi_{z,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 3;\ k_z = 1 - \frac{\mu_z N_{Ed}}{\chi_{z,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 3$$

Elastische Bemessung (QS-Klasse 4)

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{z,fi}A_{eff}k_{y,\theta,4}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} + k_{LT}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT,fi}W_{eff,y}k_{y,\theta,4}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} + k_z\frac{M_{z,Ed}}{W_{eff,z}k_{y,\theta,4}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 1$$

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} N_{Ed}}{\chi_{z,fi}A_{eff}k_{y,\theta,4}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 3;\ k_z = 1 - \frac{\mu_z N_{Ed}}{\chi_{z,fi}A_{eff}k_{y,\theta,4}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 3$$

Plastische Bemessung

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{z,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} + k_{LT}\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT,fi}W_{pl,y}k_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} + k_z\frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z}k_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 1$$

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} N_{Ed}}{\chi_{z,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 3;\ k_z = 1 - \frac{\mu_z N_{Ed}}{\chi_{z,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 3$$

wobei

$$\mu_{LT} = 0.15\bar{\lambda}_{z,\theta}\beta_{M,LT} - 0.15 \le 0.9$$

$$\mu_z = \left(1.2\beta_{M,y} - 3\right)\bar{\lambda}_{z,\theta} + 0.71\beta_{M,z} - 0.29 \le 0.8$$

Die Berechnung der Reduktionsfaktoren $\chi_{LT,fi}$ und $\chi_{z,fi}$ erfolgt gemäss EC3-1-2 4.2.3.2 und 4.2.3.3.

Querkraft /y [Vy]

Gemäss EN 1993-1-1, 6.2.6, EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Anhang E:

Elastische Bemessung (QS-Klasse 3)

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{el,fi,y,Rd}} \le 1;\ V_{el,fi,y,Rd} = \frac{I_z \cdot t}{S_z}\frac{f_y k_{y,\theta}}{\sqrt{3}\gamma_{M_{fi}}}$$

Elastische Bemessung (QS-Klasse 4)

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{el,fi,y,Rd}} \le 1;\ V_{el,fi,y,Rd} = \frac{I_z \cdot t}{S_z} \frac{f_y k_{y,\theta,4}}{\sqrt{3}\gamma_{M_{fi}}}$$

Unterstützte Querschnitte: 

Nicht unterstützte Querschnitte oder plastische Bemessung:

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,fi,y,Rd}} \le 1;\ V_{pl,fi,y,Rd} = A_v \frac{f_y k_{y,\theta}}{\sqrt{3}\gamma_{M_{fi}}}$$

Querkraft /z [Vz]

Nur vorge-schriebene Versa-gens-mechanismen überprüfen

☐

AxisVM führt folgenden Nachweis durch:

$$\frac{V_{zEd}}{\min\left(V_{z,fi,Rd}, V_{b,fi,Rd}\right)} \le 1$$

Der Schubbeulwiderstand $V_{b,fi,Rd}$ (für I- und Hohlkastenquerschnitte) basiert auf dem Querkraftwiderstand des Steges. Berechnung von $V_{z,fi,Rd}$ wird weiter unten gezeigt.

In EC3-1-2 sind keine Richtlinien zum Nachweis für Schubbeulen im Brandfall vorhanden. In diesem Fall wird der Nachweis gemäss den Abschnitten 5.1-5.3 von EN 1993-1-5 mit reduzierter Streckgrenze und reduziertem E-Modul aufgrund der erhöhten Stahltemperatur (EC3-1-2) durchgeführt. Darüber hinaus werden Forschungsergebnisse von André Reis, Nuno Lopes und Paulo Vila Real im Nachweis berücksichtigt (A. Reis, N. Lopes und P. Vila Real: *Numerical study of steel plate girders under shear loading at elevated temperatures,* Journal of Constructional Steel Research, 117 (2006) 1-12).

QS-Klasse 1,2 und 3:

$$V_{b,fi,Rd} = \chi_{w,\theta} h_w t_w \frac{f_y k_{y,\theta}}{\sqrt{3}\gamma_{M_{fi}}}$$

QS-Klasse 4:

$$V_{b,fi,Rd} = \chi_{w,\theta} h_w t_w \frac{f_y k_{y,\theta,4}}{\sqrt{3}\gamma_{M_{fi}}}$$

wobei

$$\chi_{w,\theta} = 1.2 \quad \bar{\lambda}_{w,\theta} < \frac{0.61}{1.2}$$

$$\chi_{w,\theta} = 0.1 + \frac{0.55}{\bar{\lambda}_{w,\theta}} \quad \bar{\lambda}_{w,\theta} \ge \frac{0.61}{1.2}$$

$$\bar{\lambda}_{w,\theta} = \frac{h_w}{37.4 t_w \varepsilon \sqrt{k_\tau}};\ \varepsilon = 0.85\sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

Nur vorge-schriebene Versa- gens-mechanismen überprüfen

☑

Gemäss EN 1993-1-1, 6.2.6, EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Anhang E:

Elastische Bemessung (QS-Klasse 3)

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{el,fi,z,Rd}} \le 1;\ V_{el,fi,z,Rd} = \frac{I_y \cdot t}{S_y} \frac{f_y k_{y,\theta}}{\sqrt{3}\gamma_{M_{fi}}}$$

Elastische Bemessung (QS-Klasse 4)

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{el,fi,z,Rd}} \le 1;\ V_{el,fi,z,Rd} = \frac{I_y \cdot t}{S_y} \frac{f_y k_{y,\theta,4}}{\sqrt{3}\gamma_{M_{fi}}}$$

Unterstützte Querschnitte: 

Nicht unterstützte Querschnittstypen oder plastische Bemessung:

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,fi,z,Rd}} \leq 1;\ V_{pl,fi,z,Rd} = A_v \frac{f_y k_{y,\theta}}{\sqrt{3}\gamma_{M_{fi}}}$$

Querkraft im Steg-Biegung-Normalkraft

Im Falle von I- und Hohlkastenquerschnitten wird dieser Interaktionsnachweis gemäss Abschnitt 7.1 der EN 1993-1-5 und Abschnitt 6.2.8, 6.2.9 der EN 1993-1-1 mit reduzierter Streckgrenze und reduziertem E-Modul aufgrund der erhöhten Stahltemperatur durchgeführt (EC3-1-2).

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,fi,Rd}} + \left(1 - \frac{M_{f,fi,Rd}}{M_{pl,fi,Rd}}\right) \cdot \left(2\frac{V_{Ed}}{V_{b,fi,,Rd}} - 1\right)^2 \leq 1$$

Nur vorgeschriebene Versagensmechanismen überprüfen

Wobei $M_{f,fi,Rd}$ der plastische Biegewiderstand der Flansche ist.

Wenn *Nur vorgeschriebene Versagungsmechanismen überprüfen* ausgewählt ist, wird dieser Nachweis nicht geführt.

Kritische Temperatur

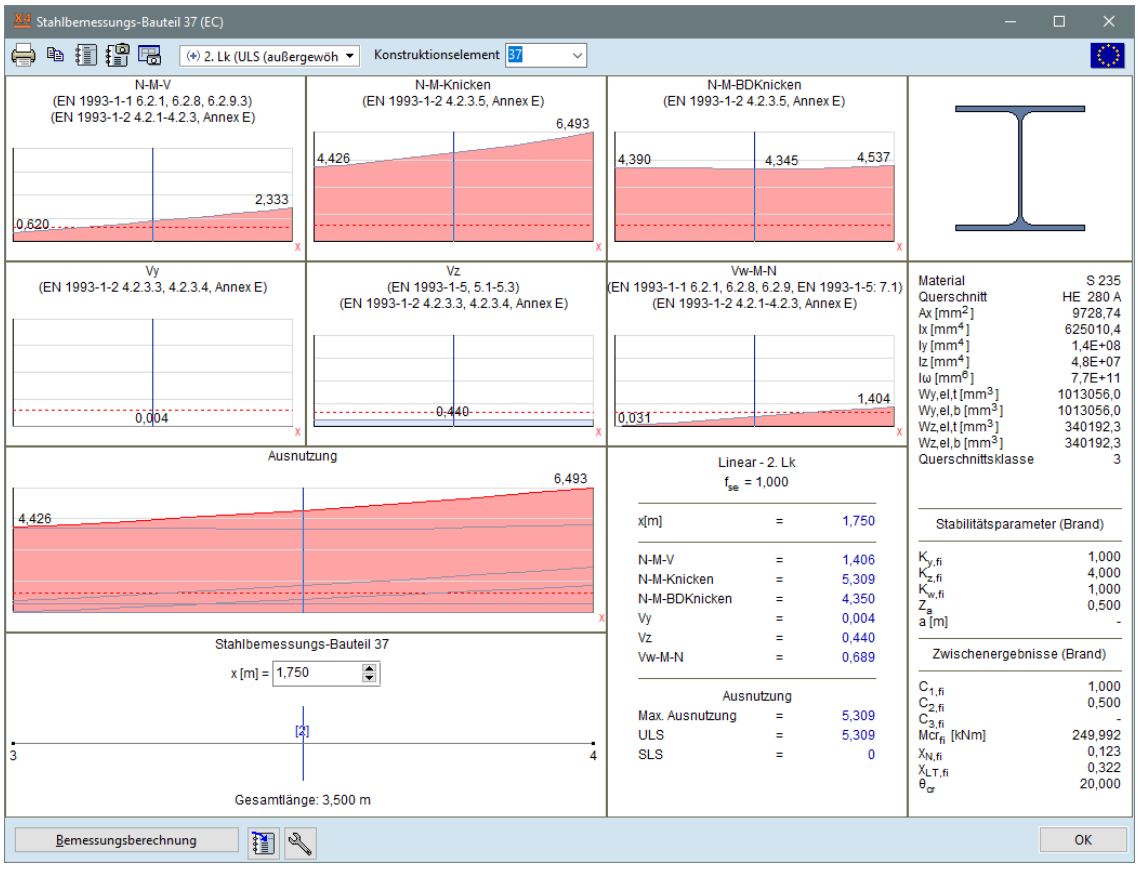
In vielen Fällen muss auch die kritische Temperatur (die Stahltemperatur, bei der ein Versagen des Elements auftritt) bestimmt werden. Zum Beispiel wird die Dicke des Beschichtungsbrandschutzes auf der Grundlage des Profilfaktors (A / V) und der kritischen Temperatur ausgewählt.

AxisVM kann die kritische Temperatur für die oben aufgeführten Versagensmechanismen berechnen. Die kritische Temperatur des Elements ist das Minimum der kritischen Temperaturen für die verschiedenen Versagensmechanismen. Der untersuchte Bereich liegt bei 20 – 1000 °C. Wenn also AxisVM 20 °C als kritische Temperatur eines Elements angibt, bedeutet das, dass die Auslastung hoch ist und der Nachweis auch bei Zimmertemperatur nicht erfüllt werden kann in einer Notsituation gemäss den Vorschriften von EC3-1-2. In diesem Fall ist es sehr wahrscheinlich, dass der Widerstand auch in einer normalen Bemessungssituation nicht adäquat ist. Wenn AxisVM 1001 °C als kritische Temperatur für ein Element angibt, zeugt das von einer sehr tiefen Auslastung.

Diagramme

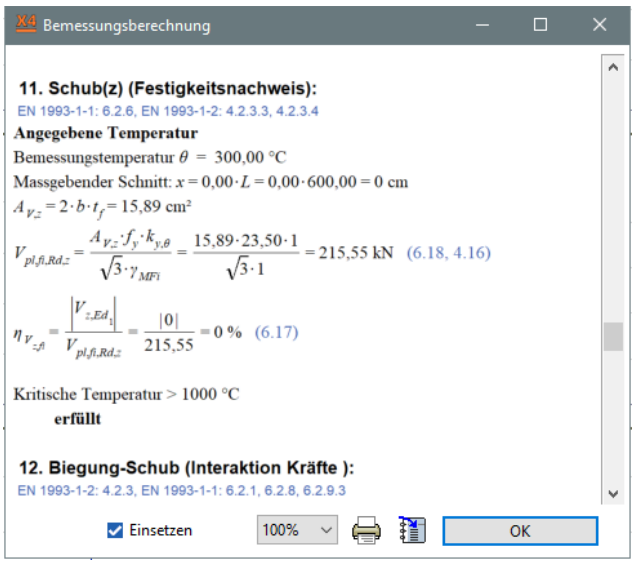
Klicken Sie auf ein Element, um die Diagramme aller Nachweise und deren Umhüllenden anzuzeigen. Für Resultate an einer bestimmten Position des Bauteils kann x festgelegt oder die Anzeigelinie verschoben werden. Wenn ein Nachweis mit dem aktuellen Querschnitt nicht durchgeführt werden kann, wird das entsprechende Diagramm rot durchgekreuzt.

Wenn die ausgewählte oder die kritische Lastkombination einen Brandlastfall enthält und ein Brandnachweis für das ausgewählte Bauteil durchgeführt worden ist, werden die Stabilitätsparameter für Brand und kritische Temperatur angezeigt..



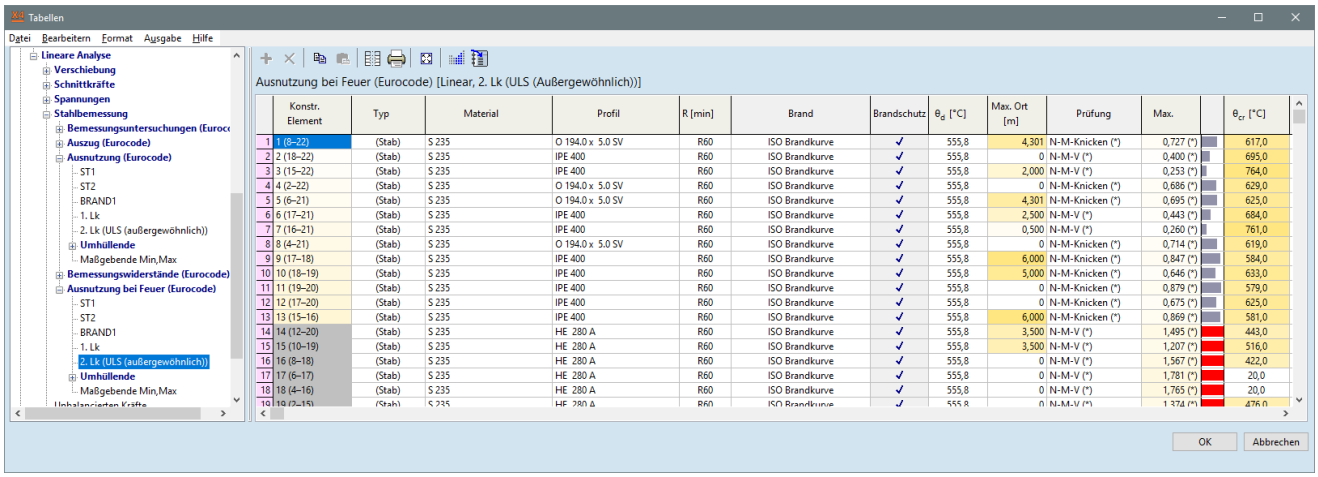
Bemessungs-berechnungen

Drücken Sie auf die Schaltfläche *Berechnungen*, um die Bemessungsdetails anzuzeigen. Die Berechnung kann in der Dokumentation gespeichert werden. Im Brandfall werden der Typ der Brandkurve, die Bemessungstemperatur und die kritische Temperatur auch angezeigt.



Resultattabelle

Bei den Resultattabellen für Stahlbemessung fasst *Ausnützung bei Feuer* die Resultate der Brandbemessung zusammen, um die Kommunikation mit Brandsicherheitsingenieuren zu vereinfachen.



Neben den grundlegenden Anfangsparametern sind die folgenden Parameter aufgeführt: erforderliche Feuerwiderstandsdauer (z. B. R30), Typ der ausgewählten Brandkurve, Bemessungsstahltemperatur, kritischer Versagensmechanismus, Ausnützung und kritische Temperatur.

Querschnitts-optimierung

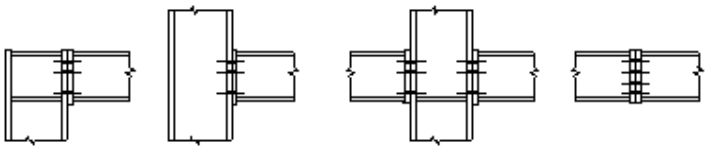
Wenn das SD9-Modul installiert ist, kann eine Stahlquerschnittsoptimierung für Lastkombinationen durchgeführt werden, die einen Brandlastfall enthalten. Während der Optimierung wird die Bemessungstemperatur nicht automatisch neu berechnet. Aus diesem Grund kann die Ausnützung nach der Querschnittsoptimierung leicht anders sein.

6.6.4. Schraubenverbindungen

AxisVM berechnet das Momenten-Krümmungs-Diagramm, das Widerstandsmoment und die innere Tragfähigkeit von Stahlstützen-Stahlriegel Schraubverbindungen entsprechend Eurocode3 (**Abschnitt 1.8**).

Die folgen Schraubverbindungen können berechnet werden:

- Riegel-Stütze Verbindung
- Riegel-Riegel Verbindung



Voraussetzungen:

- Die Riegel und Stützen sind gewalzte oder geschweißte I-Profile.
- Die Riegel Kopfplatte wird mit dem Stützenflansch verbunden.
- Die Neigung des Riegels ist ± 30°.
- Die Querschnittsklasse sollte 1, 2 oder 3 sein.
- Die Normalkraft im Riegel sollte kleiner sein als 0.05* $_{Npl,Rd}$

Das Programm prüft, ob diese Voraussetzungen erfüllt sind.

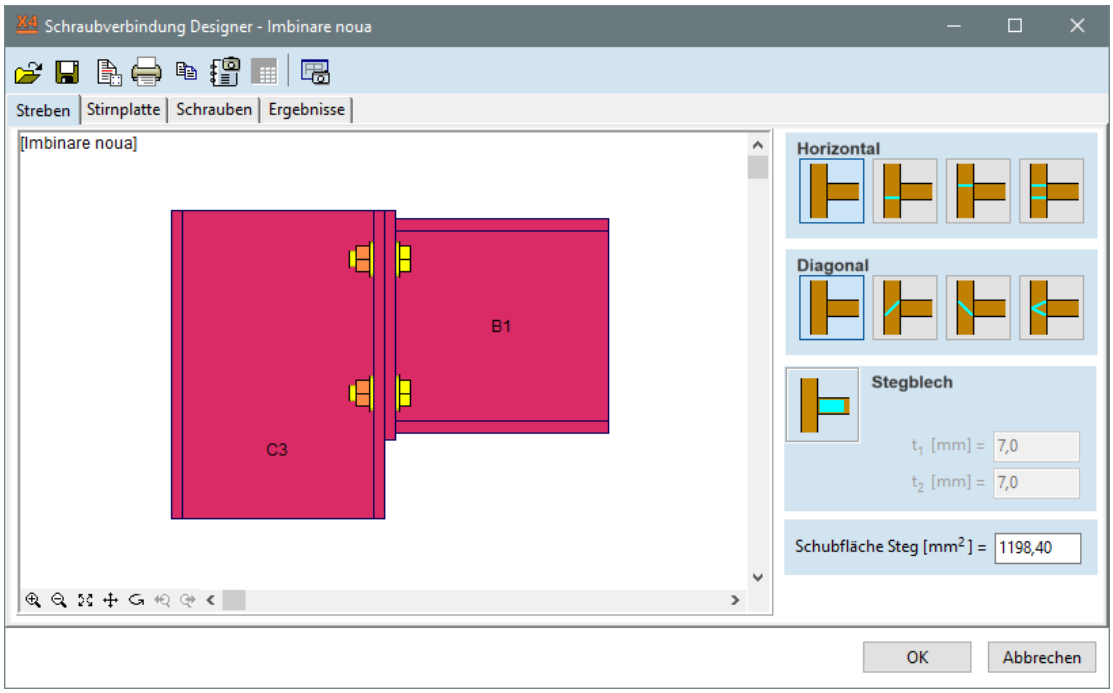
Die Schritte der Bemessung

Markieren Sie den Riegel und einen seiner Endknoten.
(Sie können mehrere Riegel auf einmal markieren wenn die Riegel den gleichen Querschnitt und das gleiche Material und die verbundenen Stützen ebenfalls das gleiche Material und den gleichen Querschnitt haben).



Wählen Sie das Schraubverbindungsicon.
Der Schreibverbindungsdialog erscheint:

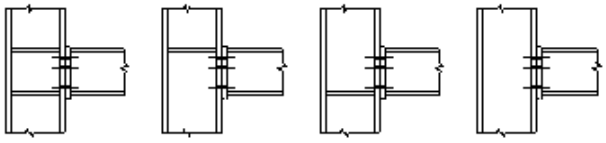
Streben



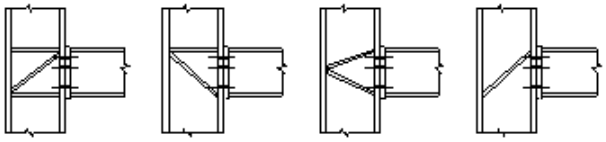
Aussteifung

Zuweisen der Schraubenparameter in drei Schritten
Sie können horizontale, diagonalen Aussteifungen und Stegbleche zur Verstärkung zuweisen.

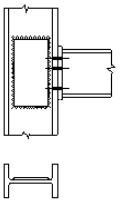
Horizontale Aussteifung



Diagonale Aussteifung



Stegblech

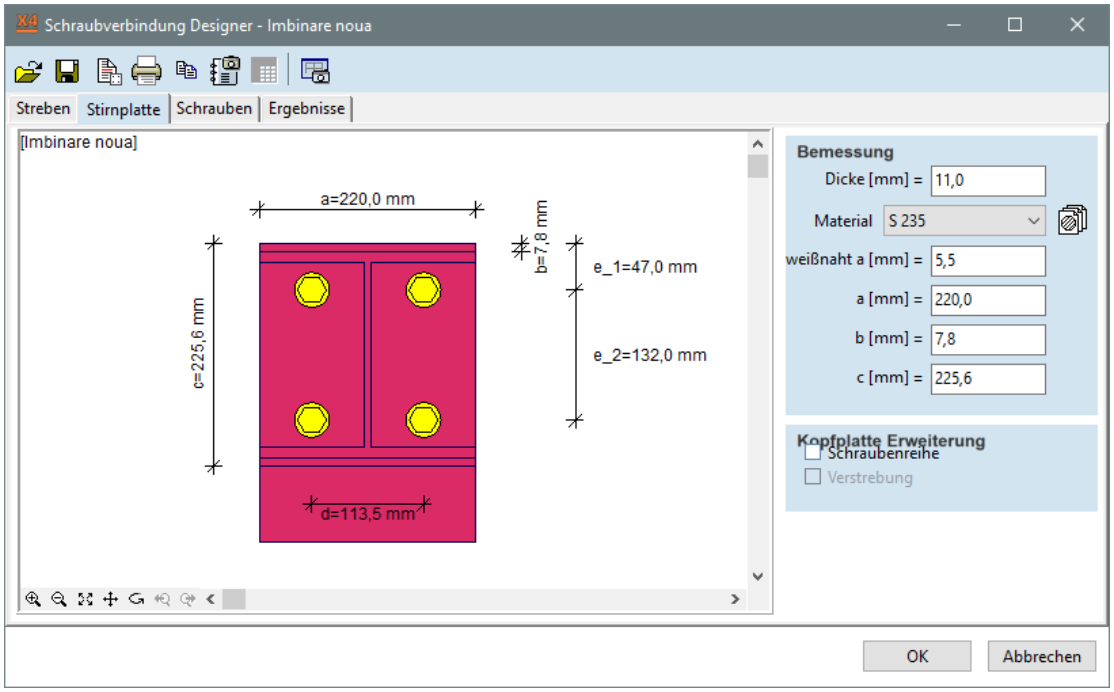


t1: Stegblechdicke auf der Stütze
t2: Stegblechdicke auf dem Riegel

Stegschubfläche

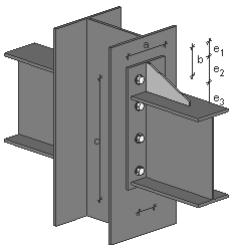
Das Programm berechnet die Stegschubfläche einschliesslich der Stegbleche. Wenn ein Loch im Steg in der Nähe der Verbindung ist können Sie diesen Wert entsprechend der Lochfläche anpassen.

Kopfplatte



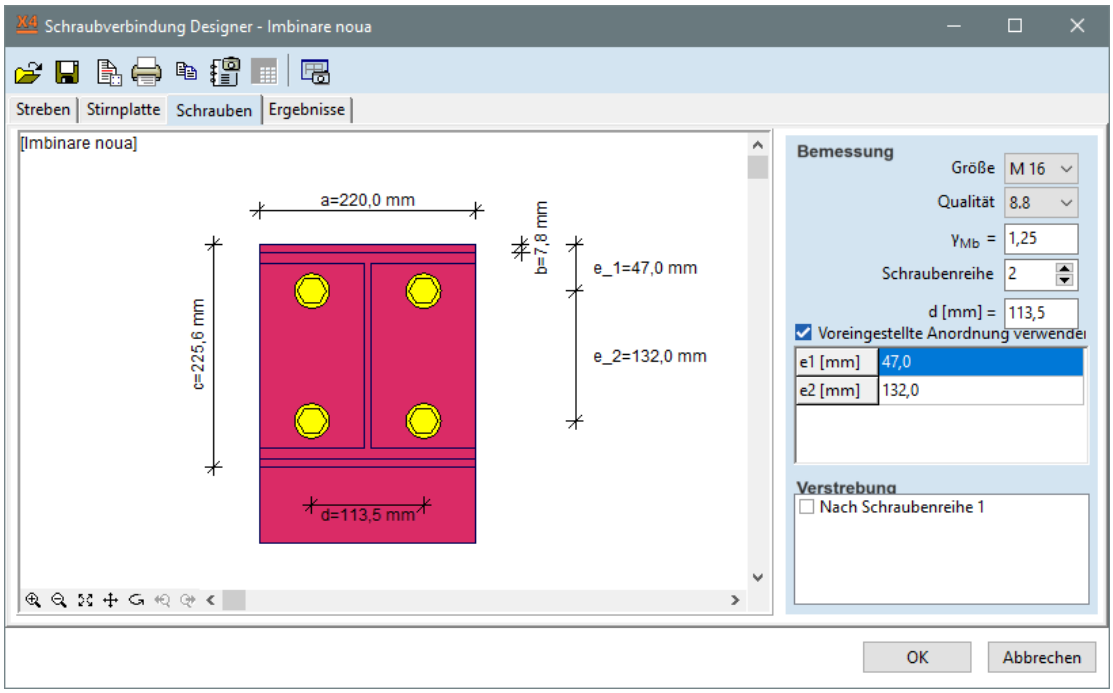
Parameter der Kopfplatte:

Dicke, Material, Schweissnahtdicke
Breite der Kopfplatte (a)
Höhe der Kopfplatte (c)
Überstand der Kopfplatte (b)
Die Schraubenabstände



Schraubenreihen können dem Zugbereich der Kopfplatte zugewiesen werden.

Schrauben



Das Programm setzt die Schrauben in zwei Reihen symmetrisch zum Riegelsteg. Der gleiche Schraubentyp wird für die gesamt Verbindung verwendet.

Schraubenparameter: *Größe, Material, Anzahl der Reihen, Abstand der Spalten (d)*

Durch die automatische Anordnung der Schrauben werden diese mit gleichem Abstand angeordnet. Das Programm prüft den minimalen Abstand der Schrauben zum Rand.
Durch Deaktivieren von *Voreingestellte Anordnung verwenden* können die Schraubenreihen frei gesetzt werden.

☞ ***Eine Fehlermeldung erscheint, wenn der Mindestabstand nicht eingehalten wird.***
Der minimale Schraubenabstand wird gemäß EC2 überprüft:

Zwischen den Schrauben:	2,2 d
Von Rand der Platte:	1,2 d
In der Richtung senkrecht zur Last	1,2 d

Ergebnisse

Nach der Anwahl von Ergebnisse berechnet AxisVM das Momenten-Krümmungs- Diagramm, das Bemessungswiderstandsmoment (M_{rD}) und die Vorspannung der Verbindung ($S_{j,init}$).

☞ ***Eine Warnung erscheint, wenn das Widerstandsmoment kleiner ist als das Bemessungsmoment. Die Berechnung berücksichtigt Schub- und Normalkräfte zusammen mit den Momenten. Dadurch können sich unterschiedliche Widerstandsmoment für unterschiedliche Lastkombinationen entstehen. Deshalb prüft AxisVM alle Lastkombinationen.***

Icon-Leiste



Speichern



Speichert die Verbindungsparameter.
Gespeicherte Verbindungsparameter können für andere Verbindungen erneut benutzt werden.

Laden



Laden von Verbindungsparametern.



Liste von vorhandenen Knotenverbindungen

Drucken



Drucken das Diagramm. **Siehe...** *3.1.12 Drucken*

Kopieren



Kopiert das Diagramm in die Zwischenablage

Einfügen



Speichert das Diagramm in der Galerie

Tabelle



Die Ergebnistabellen beinhalten Folgendes:

Knotennummer, Riegelnummer
Name des Lastfalls oder Lastgruppe
Bemessungsmoment (M_{sD})
Bemessungswiderstandsmoment (M_{rD})
Eine Zusammenstellung der Ergebnisse und Zwischenergebnisse

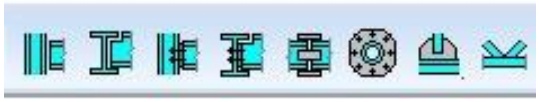


Speichern in der Zeichnungsbibliothek



Zusätzliche Parameter (f_{se} Koeffizient zur Erdbebenlast, **siehe**... *4.10.24 Erdbebenbemessung – SE1 Modul*

6.6.5. Bemessung von Stahlbauverbindungen – SC1 Modul



Dieses Modul wird von der Firma GammaCAD sp. z o.o. aus Polen entwickelt.

gammaCAD *www.gammacad.pl*

Nachweis von Stahlverbindungen

Das SC1-Modul ermöglicht den Nachweis von geschraubten und geschweißten Stahlverbindungen. Es wird geprüft, ob die Anforderungen nach Norm erfüllt sind.
Der Nachweis basiert auf der „Komponentenmethode“, welche durch die relevanten Bemessungsnormen definiert bzw. unterstützt wird.

Norm

Folgende Normen werden unterstützt:

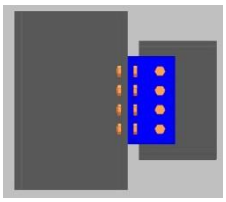
EN 1993-1-1 (2005): Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
EN 1993-1-8 (2012): Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen

Die unterstützten Stahlverbindungstypen, Einschränkungen und Anweisungen zur Definition von Verbindungen sind in einem separaten PDF-Dokument enthalten: Stahlverbindungen – Modul SC1 (sc_manualX6_de.pdf), welches im Installationsverzeichnis gespeichert ist.

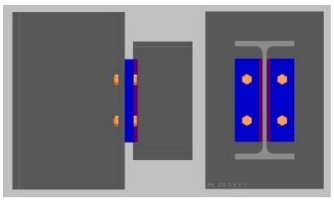
Verbindungstypen

Verfügbare Verbindungen

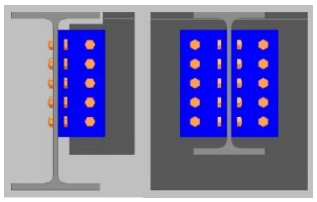
a) Stütze – Träger (nachgiebig)



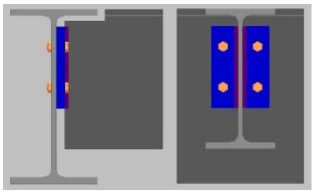
b) Stütze – Träger (nominal gelenkig)



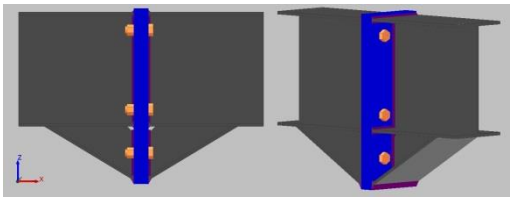
c) Nebenträger – Hauptträger (nachgiebig)



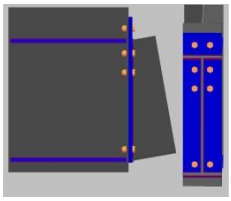
d) Nebenträger – Hauptträger (nominal gelenkig)



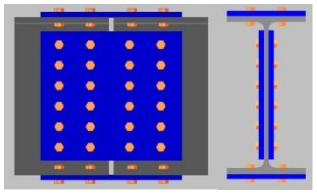
e) Hauptträger – Hauptträger (Stirnplattenstoss)



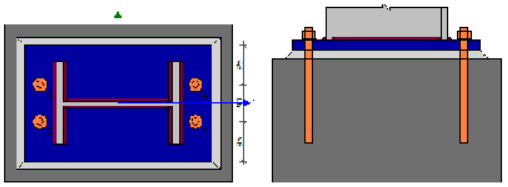
f) Rahmenecke (Stirnplattenstoss)



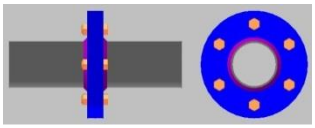
g) Laschenstoss



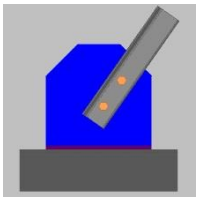
h) Stützenfuss-Verbindung (column base)



i) Rohrstoss



j) Knotenblech (Einzelstab)

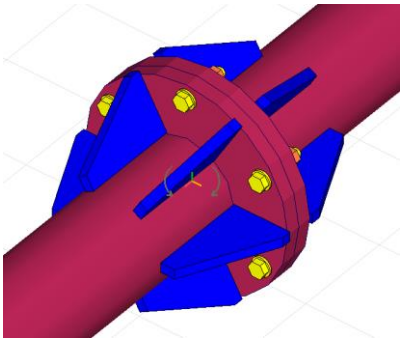


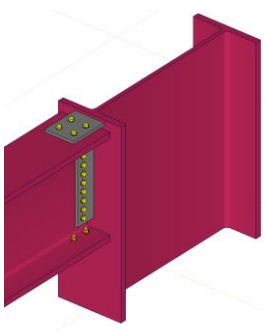
k) Rohranschluss



Gerenderte Ansicht

Anschlussparameter werden im AxisVM-Modell gespeichert. Verbindungsdetails werden in der gerenderten Ansicht angezeigt.





Weitere Informationen

Weitere Infromationen sind im SC1-Handbuch zu finden. Download >>

6.7. Holzbemessung

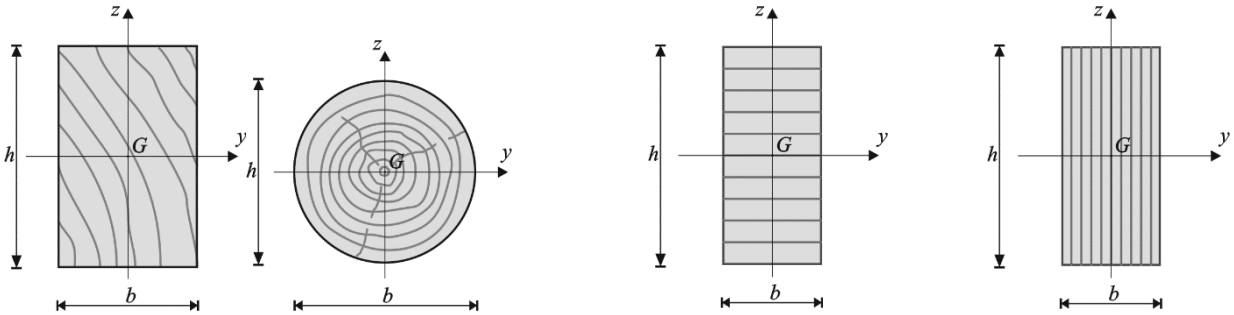
6.7.1. Holzbemessung – TD1 Modul



EUROCODE 5 (EN 1995-1-1:2004)

Das Modul *Holzbemessung* kann für die folgenden Querschnitte und Holzmaterialien angewandt werden:

a) Rechtwinklige Querschnitte für Massivholz, geleimtes lamelliertes Holz (Brettschichtholz, kurz BSH) und lamelliertes Furnierschichtholz (FSH oder LVL)
b) Runde Querschnitte für Massivholz



Massivholz (Weichholz, Hartholz) | *BSH* | *FSH oder LVL*

Material-eigen-schaften

Die Materialdatenbank enthält die Massivholz-, BSH- und FSH-Eigenschaften gemäß dem EC-Standard (Massivholz Festigkeitsklassen nach EN 338, BSH nach EN 1194)

Charakteristische Festigkeitswerte	*Formelzeichen*
Biegefestigkeit	$f_{m,k}$
Zugfestigkeit parallel zur Faser	$f_{t,0,k}$
Zugfestigkeit senkrecht zur Faser	$f_{t,90,k}$
Druckfestigkeit parallel zur Faser	$f_{c,0,k}$
Druckfestigkeit senkrecht zur Faser in y-Richtung*	$f_{c,90,k,y}$
Druckfestigkeit senkrecht zur Faser in z-Richtung*	$f_{c,90,k,z}$
Schubfestigkeit senkrecht zur Faser in y-Richtung*	$f_{v,k,y}$
Schubfestigkeit senkrecht zur Faser in z-Richtung *	$f_{v,k,z}$

**Im Falle von Massivholz oder BSH* $f_{v,k,z} = f_{v,k,y} = f_{v,k}$

E-Modul	*Formelzeichen*
Mittelwert parallel zur Faser	$E_{0,mean}$
Mittelwert senkrecht zur Faser	$E_{90,mean}$
5%-Wert des Moduls parallel zur Faser	$E_{0,05}$
Mittelwert des Schubmoduls	G_{mean}

Dichte	*Formelzeichen*
Charakteristischer Wert der Dichte	ρ_k
Mittelwert der Dichte	ρ_{mean}

Teilsicherheitsbeiwert	*Formelzeichen*
Teilsicherheitsbeiwert für Material	γ_M

Holzklassen

Holzelemente müssen eine Nutzungsklasse haben. Die Nutzungsklasse kann im Dialog Einstellungen für Holzträger festgelegt werden.

Nutzungsklassen nach EN 1995-1-1, 2.3.1.3:

Nutzungsklassen 1 – Hier übersteigt der durchschnittliche Feuchtigkeitsgehalt (Gleichgewichtsfeuchte) in den meisten Weichhölzern nicht 12%. Dieses entspricht einer Temperatur von 20°C und einer relativen Luftfeuchte der umgebenden Luft, die nur 65% für einige Wochen pro Jahr übersteigt.

Nutzungsklassen 2 – Hier übersteigt der durchschnittliche Feuchtigkeitsgehalt in den meisten Weichhölzern nicht 20%. Dieses entspricht einer Temperatur von 20°C und einer relativen Luftfeuchte der umgebenden Luft, die nur 85% für einige Wochen pro Jahr übersteigt.

Nutzungsklassen 3 – Hier übersteigt der durchschnittliche Feuchtigkeitsgehalt in den meisten Weichhölzern 20%.

Die Materialfestigkeit und andere Eigenschaften sind von der Nutzungsklasse abhängig.

Festigkeits-komponenten für die Berechnung

Die Rechenwerte der Festigkeit werden berechnet von den charakteristischen Werten der Festigkeit gemäß den folgenden Formeln:
Im Falle von $f_{t,90,d}, f_{c,0,d}, f_{c,90,d}, f_{v,d}$ (Massivholz, BSH oder FSH/LVL-Holz): $f_d = k_{mod} f_k / \gamma_M$
Im Falle von $f_{m,d}$ (Massivholz, BSH oder FSH/LVL-Holz): $f_d = k_{mod} k_h f_k / \gamma_M$
Im Falle von $f_{t,0,d}$ (Massivholz und BSH): $f_d = k_{mod} k_h f_k / \gamma_M$
Im Falle von $f_{t,0,d}$ (FSH/LVL-Holz): $f_d = k_{mod} k_l f_k / \gamma_M$
where

- k_{mod} Modifikationsbeiwert (EN 1995-1-1, 3.1.3)
- k_h Tiefenbeiwert (EN 1995-1-1, 3.2, 3.3, 3.4)
- k_l Längenbeiwert für LVL-Holz (EN 1995-1-1, 3.4)
- f_k charakteristische Festigkeit
- γ_M Sicherheitsbeiwert des Materials (EN 1995-1-1, Tabelle 2.3)

k_h Beiwert

Die $f_{m,k}$ und $f_{t,0,k}$ charakteristischen Festigkeitswerte werden bestimmt für eine Referenztiefe des Trägers. Im Falle von Massivholz und BSH wird die errechnete Steifigkeit mit dem folgenden Faktor multipliziert, falls die Tiefe (*h*) des Querschnitts kleiner als der Referenzwert ist.

Massivholz: $k_h = \min\left\{\left(\frac{150}{h}\right)^{0.2}; 1.3\right\}$ (falls $\rho_k \leq 700$ kg/m^3)

BSH: $k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$

Im Falle von LVL-Holz wird die errechnete Steifigkeit mit dem folgenden Faktor multipliziert, falls die Tiefe (*h*) des Querschnitts nicht gleich dem Referenzwert ist.

FSH/LVL: $k_h = \min\left\{\left(\frac{300}{h}\right)^{s}; 1.2\right\}$ (wobei *s* die Größe des Exponenten ist)

h ist die Querschnittstiefe in mm.
Referenztiefen sind die folgenden: Massivholz: 150 mm; BSH: 600 mm; FSH/LVL: 300 mm

k_l Beiwert

Der $f_{t,0,k}$ charakteristische Festigkeitswert von LVL-Holz wird bestimmt für eine Referenzlänge des Trägers. Falls die Länge (*l*) des Trägers nicht gleich der Referenzlänge ist, wird die errechnete Steifigkeit mit dem folgenden Faktor multipliziert.

$k_l = \min\left\{\left(\frac{3000}{l}\right)^{s/2}; 1.1\right\}$ (wobei s der Größeneffekt-Exponent ist)

l ist die Trägerlänge in mm.
Referenzlänge: 3000 mm

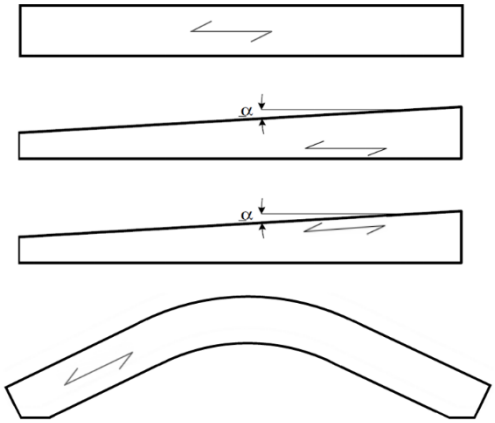
Module zur Berechnung

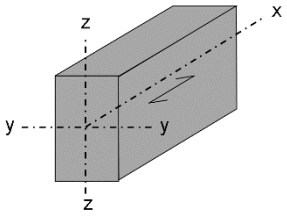
Berechnungstyp	*Modul (SLS)*	*Modul (ULS)*
I. Ordnung, linear elastisch	$E_{mean,fin} = \frac{E_{mean}}{1 + k_{def}}$	$E_{mean,fin} = \frac{E_{mean}}{1 + \psi_2 k_{def}}$
	$G_{mean,fin} = \frac{G_{mean}}{1 + k_{def}}$	$G_{mean,fin} = \frac{G_{mean}}{1 + \psi_2 k_{def}}$
II. Ordnung, linear elastisch	$E_d = E_{mean}/\gamma_M$	$E_d = E_{mean}/\gamma_M$
	$G_d = G_{mean}/\gamma_M$	$G_d = G_{mean}/\gamma_M$
Häufigkeit	E_{mean}, G_{mean}	E_{mean}, G_{mean}

Der konservative Weg ψ_2 = 1,0 wird benutzt.

Bemessungsannahme

- Es gibt kein Loch oder eine andere Schwächung in dem Träger.
- Der Querschnitt ist konstant (rechtwinklig, rund) oder ändert seine Tiefe entlang des Trägers linear (verjüngender Träger).
- Die Typen von Stabelementen, welche mit dem Modul nachgewiesen warden können, sind in der nachfolgenden Abbildung zusammengefasst.
- Die Faser ist parallel mit der x-Achse des Trägers.
- Im Fall des verjüngenden Trägers ist die Faser parallel zu einem längslaufenden Rand.
- Die dominierende Biegungsebene ist die x-z-Ebene des Trägers (Moment über y-Achse).
- $I_y \geq I_z$
- Im Falle von BSH sind die Laminate parallel zur y-Achse des Querschnitts.
- Im Falle von FSH/LVL sind die Laminate parallel zur z-Achse des Querschnitts.





Überprüfungen

Biegung mit Normalkraft [N-M]	(EN 1995-1-1, 6.2.3, 6.2.4)
Druck-Biegung-Beulen (in Ebene) [N-M-Beulen]	(EN 1995-1-1, 6.3.2)
Normalkraft-Biegung-Biegedrillknicken [N-My-Mz]	(EN 1995-1-1, 6.3.3)
Schub / y-Torsion /x [V_y-T_x]	(EN 1995-1-1, 6.1.7, 6.1.8)
Schub(y) - Schub(z) -Torsion(x) [Vy- Vz-Tx]	(EN 1995-1-1, 6.1.7, 6.1.8)
Moment /y – Schub /z (Zugspannung senkrecht zur Faser) [My-Mv]	(EN 1995-1-1, 6.4.3)

☞ ***AxisVM führt nur die folgenden Überprüfungen durch. Alle anderen Überprüfungen, die in der Norm festgelegt sind, wie z. B. Auflager, Verbindungen usw. hat der Anwender zu ergänzen.***

Berechnete Parameter

$\lambda_{rel,y}$ Bezogener Schlankheitsgrad (y) /in der z-x-Ebene des Trägers / []
$\lambda_{rel,z}$ Bezogener Schlankheitsgrad (z) /in der y-x-Ebene des Trägers / []

$k_{c,y}$ Beulwert (Labilität) (y) /in der z-x-Ebene des Trägers/ []	(EN 1995-1-1, 6.3.2)
$k_{c,z}$ Beulwert (Labilität) (z) /in der x-y-Ebene des Trägers / []	(EN 1995-1-1, 6.3.2)
k_{crit} Kippbeiwert []	(EN 1995-1-1, 6.3.3)
k_h Tiefenbeiwert []	(EN 1995-1-1, 3.2, 3.3, 3.4)
k_{mod} Modifikationsbeiwert []	(EN 1995-1-1, 3.1.3)
$\sigma_{t,90,d}$ (Zugbeanspruchung senkrecht zur Faser) [N/mm²]	(EN 1995-1-1, 6.4.3)

Biegung mit Normalkraft

Der Rechenwert der Normalkraft kann Zug oder Druck sein.
Zug und Moment (EN 1995-1-1, 6.2.3)

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Druck und Moment (EN 1995-1-1, 6.2.4)

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

wobei $k_m = 0.7$ im Falle vom rechtwinkligen Querschnitt, $k_m = 1$ in allen anderen Fällen

Druck-Moment-Beugen

(EN 1995-1-1, 6.3.2)

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}f_{c,0,d}} + k_m\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$$

wobei,

$k_{c,y}$ Beulwert (Labilität) (*y*) /in der *z-x-Ebene des Trägers* / (EN 1995-1-1, 6.3.2)

$k_{c,z}$ Beulwert (Labilität) (*z*) /in der *x-y-Ebene des Trägers* / (EN 1995-1-1, 6.3.2)

Im Falle der Zugkraft wird $f_{c,0,d}$ ersetzt mit $f_{t,0,d}$, und $k_{c,y} = k_{c,z} = 1{,}0$

Normalkraft -Biegen-Biegedrillknicken

Für Biegedrillknicken überprüft das Programm die Annahme, dass der Träger in der z-x-Ebene (um die y-Achse) gebogen wird. Wenn es zeitgleich ein M_z-Moment auf dem Träger gibt und die Druckbeanspruchung von M_z 3% von $f_{c,0,d}$ erreicht, erscheint eine Warnmeldung.

Nur Biegung (EN 1995-1-1, 6.3.3)

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit}f_{m,d}} \le 1$$

Druck und Moment (EN 1995-1-1, 6.3.3)

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit}f_{m,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{cd}}{k_{c,z}f_{c,0,d}} \le 1$$

Zug und Biegung

Im Fall von geringem Zug und Biegung könnte Biegedrillknicken auftreten; dennoch gibt es für diesen Fall keine Regel im EC5.

Die folgende konservative Prüfung wird verwendet.

$$\frac{|\sigma_{mt,d}|}{k_{crit}f_{m,d}} \le 1;\ \sigma_{mt,d} = \frac{M_d}{W_y} + \frac{N_d}{A} < 0$$

wobei,

k_{crit} ist der Kippbeiwert gemäß der folgenden Tabelle:

$\lambda_{rel,m} \le 0{,}75$	k_{crit} = 1,0
$0{,}75 < \lambda_{rel,m} \le 1{,}4$	k_{crit} = 1,56-0,75 $\lambda_{rel,m}$
$\lambda_{rel,m} \le 0{,}75$	$k_{crit} = 1/\lambda_{rel,m}^2$

Schub-Torsion

Gibt es für diesen Fall keine Regel im EC5. Prüfung aus DIN EN 1995-1-1/NA:2010.

Schub(y) , Schub(z) und Torsion:

$$\max\left[\frac{\tau_{v,y,d}}{f_{v,d}}; \frac{\tau_{v,z,d}}{f_{v,d}}; \frac{\tau_{tor,d}}{k_{shape}f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_{v,y,d}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{v,z,d}}{f_{v,d}}\right)^2\right] \le 1$$

wobei

k_{shape} ein Faktor für die Querschnittsform:

für Kreise $k_{shape} = 1.2$,

für rechteckige Formen: $k_{shape} = \min\{1 + 0.15 \cdot h/b\,; 2.0\}$

Moment-Schub

Im Falle von gekrümmten Trägern prüft das Programm die Zugbeanspruchung senkrecht zur Faser von M_y- und V_z-Kräften. (EN 1995-1-1, 6.4.3.)

Moment(*y*) und Schub(*z*)

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} + \frac{\sigma_{t,90,d}}{k_{dis}k_{vol}f_{t,90,d}} \le 1$$

wobei,

k_{dis} ein Beiwert ist, der die Auswirkung der Spannungsverteilung in der Spitzenzone berücksichtigt (k_{dis} = 1,4 für gekrümmte Träger).

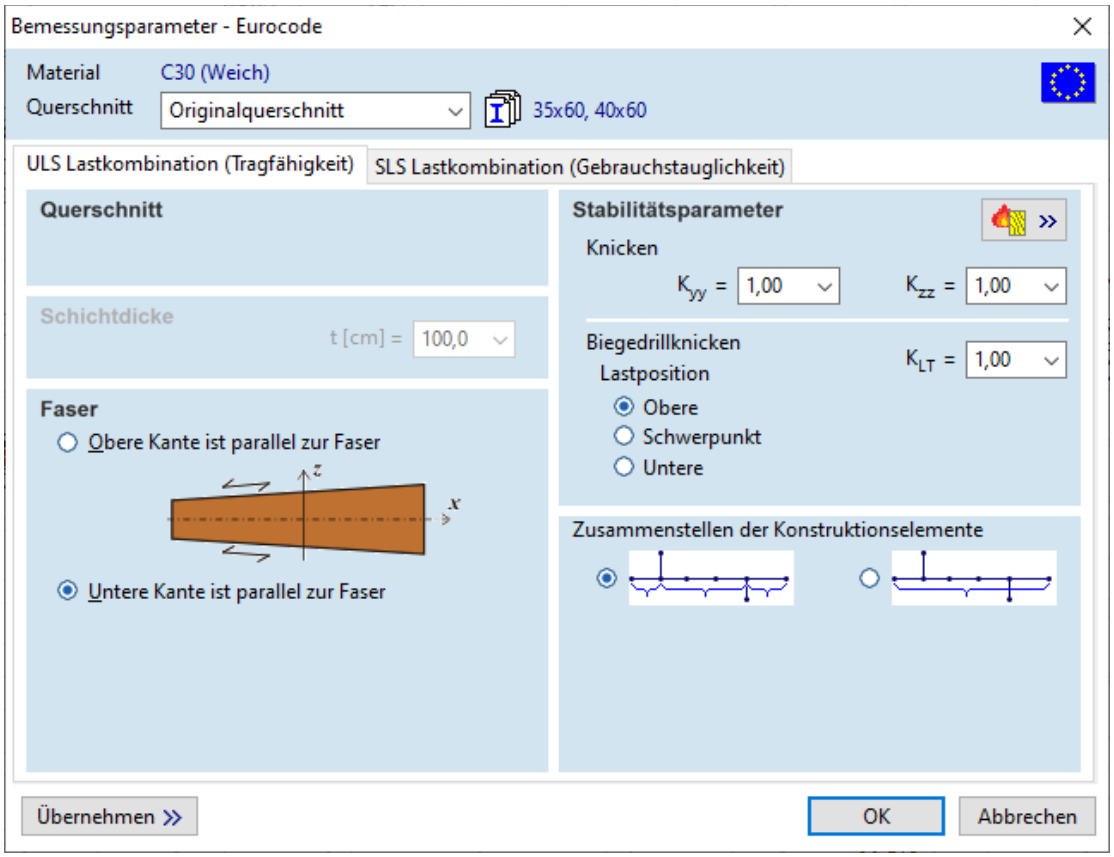
k_{vol} ist ein Volumenbeiwert ($k_{vol} = [V_0/V]^{0,2}$)

6.7.1.1. GZT-Bemessungsparameter (ULS)

Bemessungsparameter

Für die Bemessung gemäß Eurocode 5 sollten die folgenden Bemessungsparameter festgelegt und den Konstruktionselementen zugeordnet werden:





Querschnitt

Für die Holzbemessung kann ein Querschnitt definiert werden, der sich vom ursprünglichen Querschnitt, welcher für die Schnittgrössenermittlung verwendet wurde, unterscheidet. Bei Änderung der Querschnittsabmessung werden die Nachweise für die ursprünglichen Schnittgrössen geführt, jedoch mit der angepassten Querschnittsabmessung. Ebenso werden bei einer Brandbemessung die ursprünglichen Brandabminderungsfaktoren verwendet *(**siehe**... 6.7.2 Holz Brandbemessung – TD8).* Bei der Ergebnisanzeige wird ein geändertes Bemessungsbauteil durch ein * hinter dem Namen des Querschnitts gekennzeichnet, um es vom ursprünglichen Querschnitt zu unterscheiden. Im Dropdown-Menü können wir aus den im Modell verfügbaren Querschnitten auswählen.



Durch Klicken auf dieses Symbol können weitere Querschnitte aus der *Querschnittsbibliothek* geladen oder eine parametrische Form definiert werden. Auf der rechten Seite dieses Symbols werden die ursprünglichen Querschnittsgrössen angezeigt.



Durch Klicken auf das Symbol *Querschnitte ersetzen* wird der ursprüngliche Querschnitt der ausgewählten Stäbe mit dem im Dialog *Bemessungsparameter* eingegebenen Querschnitt ersetzt.

Schichtdicke

Im Fall von Brettschichtholz-Bögen muss die Dicke von einer Schicht festgelegt werden.

Faserrichtung

Setzt die Faserrichtung im Falle eines verjüngendem Trägers. Die Faserrichtung kann parallel zur oberen oder unteren Kante sein. Die obere Kante liegt in der positiven z-Richtung des Querschnitts.

Einstellung Stabilität

Beulen K_y, K_z: Knicklängenbeiwerte der y- und z-Achsen:

$$K_y = l_{ef,y}/l$$
$$K_z = l_{ef,z}/l$$

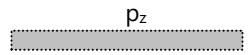
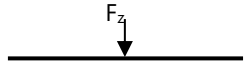
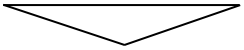
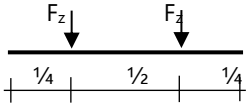
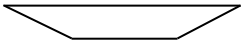
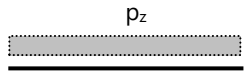
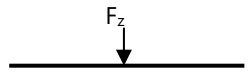
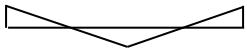
wobei,
l ist die Länge des Stabes
$l_{ef,y}$ und $l_{ef,z}$ sind die Knicklängen der y- und z-Achsen.
($l_{ef,y}$ ist die Knicklänge in der *x-z-Ebene*)
($l_{ef,z}$ ist die Knicklänge in der *x-y-Ebene*)

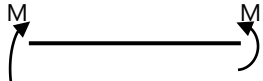
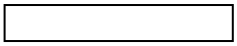
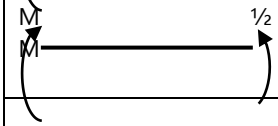
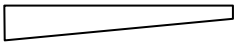
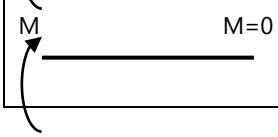
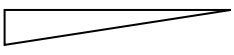
Biegedrillknicken K_{LT}: Biegedrillknick-Längenbeiwerte zur z-Achse:

$$K_{LT} = l_{ef}/l$$

wobei,
l ist die Länge des Stabes
l_{ef} ist die Biegedrillknick-Länge zur z-Achse.
Wenn die Last nicht am Schwerpunkt angesetzt wird, ändert das Programm die Biegedrillknick-Länge folgendermassen:
- wenn die Last am Druckrand des Stabes angesetzt wird, erhöht sich l_{ef} um $2h$
- wenn die Last am Zugrand des Stabes angesetzt wird, verringert sich l_{ef} um $0{,}5h$

Werte des $\boldsymbol{K_{LT}}$ Beiwertes.
(Einige dieser Werte stehen im EN 1995-1-1, Tabelle 6.1)

Lasttyp (direkte Last)	***M**y Momentenverteilung zwischen den seitlichen Auflagern*	*Seitliche Auflagerbedingung (in der x-y-Ebene)*
		○—○
		0,9
		0,8
		0,96
		0,42
		0,64

Lasttyp (keine direkte Last)	***M**y Momentenverteilung zwischen den seitlichen Auflagern*	*Seitliche Auflagerbedingung (in der x-y-Ebene)*
		○—○
		1,0
		0,76
		0,53

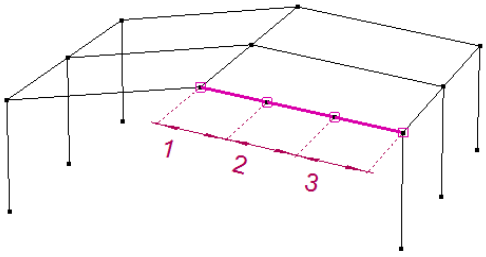
M M ½		0,37
M M		0,36

Lasttyp (Auskragung)	***M_y*** *Momentenverteilung*	*Seitliche Auflagerbedingung (in der x-y-Ebene)*
p_z		0,5
F_z		0,8

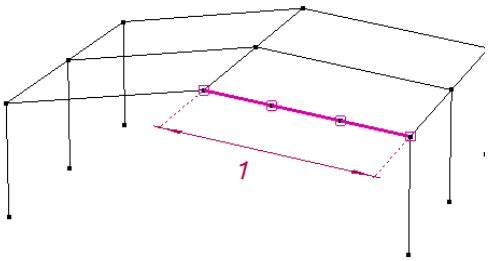
Bemessungsstäbe

Die Bemessung wird an Bemessungsstäben, die aus ein oder mehrere finite Elementen (Träger oder Rippen) bestehen. Eine Gruppe finiter Elemente kann ein Bemessungsstab nur werden, wenn wenn die finiten Elemente in der Gruppe einige Voraussetzungen erfüllen, die durch das Programm überprüft werden: Sie müssen auf de selben gerade Linie oder einem Kreisbogen angeordnet sein; sie müssen dasselbe Material und denselben Querschnitt aufweisen und sie müssen dem lokalen Koordinatensystem angegliedert sein. Das Programm erlaubt die folgenden zwei Methoden, Bemessungsstäbe zu definieren:

Jeder möglicher Knoten eines Auswahlsatzes finiter Elemente, mit denen ein anderes finite Element angeschlossen ist, wird ein Endpunkt eines Bemessungsstabes innerhalb des Auswahlsatzes der finiten Elemente.



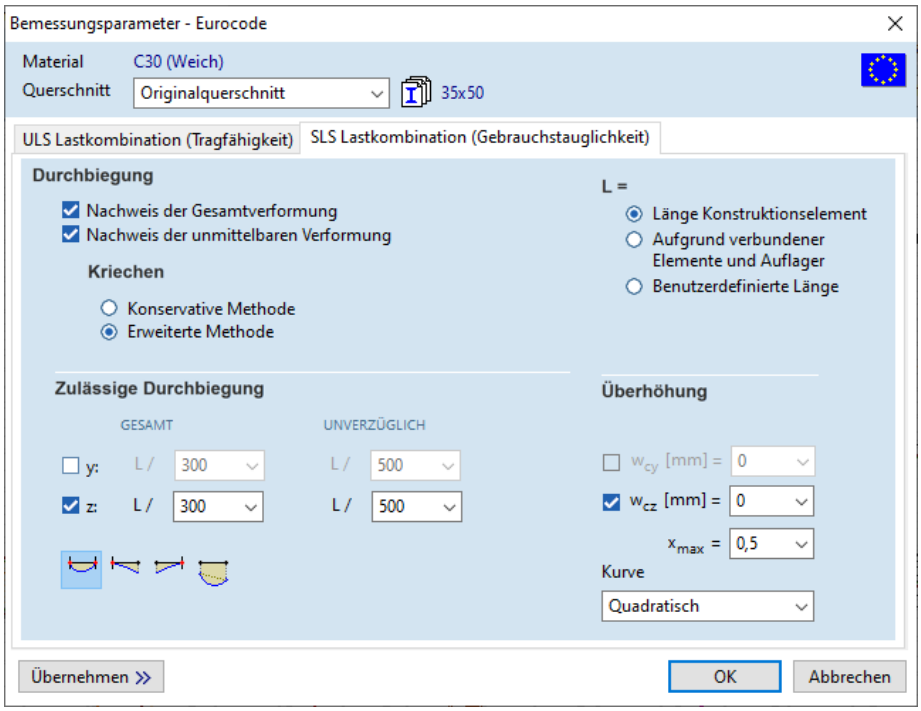
Die finiten Elemente im Auswahlsatz erhalten nur einem Bemessungsstab ungeachtet anderer finiter Elemente, die an ihren Knoten anschließen.



6.7.1.2. GZG-Bemessungsparameter (SLS)

Die Parameter für die Gebrauchstauglichkeitsnachweise können im Gebrauchstauglichkeits-Tab des Bemessungsparameter-Fensters eingestellt werden. Das Programm überprüft die Durchbiegung von Trägern. Die erforderlichen Parameter und die Art der Gerauchstauglichkeitsnachweise nach Eurocode und SIA-Norm (Schweiz) sind unterschiedlich.

Eurocode Parameter



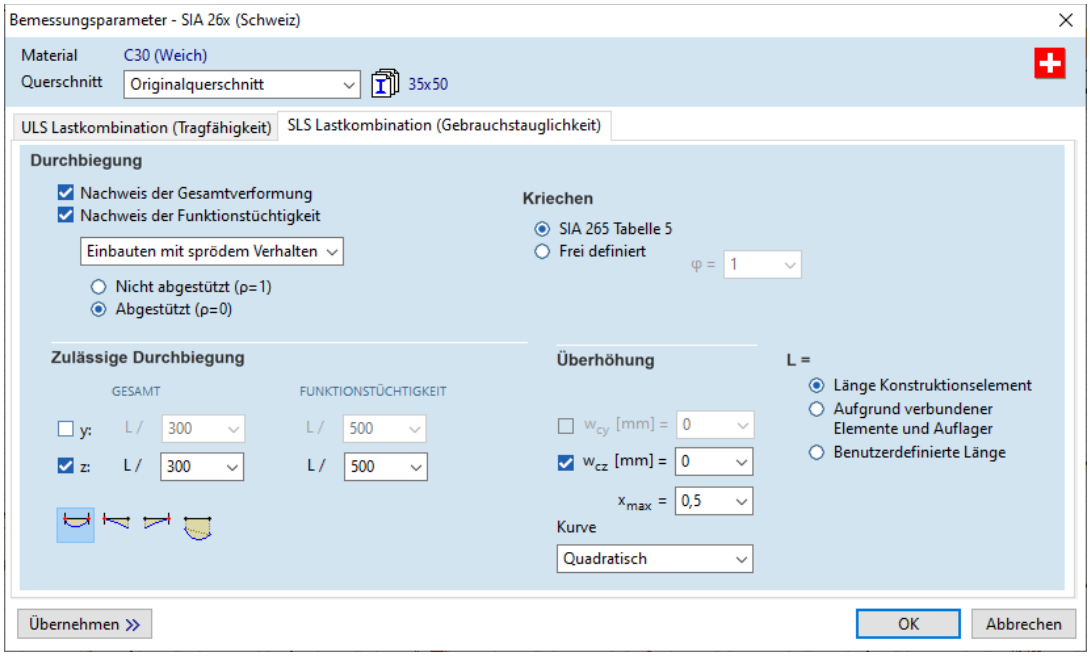
Im Fall von Eurocode können die endgültige (u_{fin}) und die unmittelbare Verformung durch das Modul nachgewiesen werden. Der Gebrauchstauglichkeitsnachweis ist nur für die Ergebnisse einer linearen statischen Berechnung verfügbar.
Für die statische Berechnung wird der Elastizitätsmodul unter Berücksichtigung des Kriecheffekts reduziert (geteilt durch den Wert 1+kdef). Die Gebrauchstauglichkeitsnachweise (SLS) basieren auf den Ergebnissen der statischen Berechnung, die Verformungswerte werden jedoch wiefolgt bestimmt:

- Unmittelbare Verformung: Die Ergebnisse der statischen Berechnung werden durch (1+kdef) dividiert (eine weitere statische Berechnung mit Kurzzeit-E-Modul wird nicht durchgeführt).
- Den genauen Wert der Endverformung zu berechnen (mit Berücksichtigung der unterschiedlichen Kirechbeiwerten und Steifigkeiten der Bauteile) würde in vielen Fällen zu komplizierten Lösungen führen. Um die Verschiebungen kombinieren zu können, wären zwei unterschiedliche statische Berechnungen (Kurz- und Langzeitverhalten mit Kriecheffekten) erforderlich. Als Näherung bietet das Modul zwei verschiedene Lösungen, die im Folgenden beschrieben werden:

  a) Konservatives Verfahren: beim diesem Verfahren wird die Endverformung durch die resultierenden Verschiebungen infolge die charakteristische Gebrauchstauchglichketskombination (mit reduziertem E-Modul) bestimmt. Dieses konservative Verfahren basiert auf der Empfehlung des Buches: *Jack Porteous: Structural Timber Design to Eurocode 5*. Diese Lösung ist aufgrund der berücksichtigten charakteristischen Kombination auf der sicheren Seite.

  b) Bei der Korrektur-Methode wird die Endverformung neu berechnet. Das Modul führt eine Korrekturberechnung mit den vorhandenen statischen Ergebnissen durch und berücksichtigt dabei die kurz- und langfristigen Effekte der Belastungen. Das Ergebnis errechnet sich als Summe der Verformungsergebnisse der einzelnen Lastfälle unter Berücksichtigung der zugehörigen Kombinationsfaktoren. Diese Neuberechnung wird für jedes Bemessungselement separat und ohne erneute statische Berechnung durchgeführt. Aus diesem Grund stellt diese Methode ebenfalls eine Näherungslösung dar, führt aber im Vergleich zur konservativen Methode zu genaueren Ergebnissen.
  Die Neuberechnung kann nur für charakteristische Lastkombinationen oder für einzelne Lastfälle durchgeführt werden. Bei einer benutzerdefinierten Lastkombination ergibt sich der Faktor ψ_0 aus den Faktoren der variablen Lasten in der gegebenen Lastkombination (das bedeutet, dass der gegebene Faktor zwischen 0 und 1 liegen sollte). Der Kombinationsfaktor ψ_2 wird gemäss den Lastgruppeneigenschaften der veränderlichen Last angesetzt.

SIA Parameter



Nach SIA (Schweizer-Norm) können die Gesamtverformung bzw. Endverformung (u_{fin}) und die unten aufgeführten Grenzzustände der Funktionstüchtigkeit nachgewiesen werden. Das Nachweisverfahren ist nur für die lineare statische Berechnung verfügbar. Für jeden Nachweis können unterschiedliche Durchbiegungskriterien eingestellt werden.

- Um den Wert der Endverformung zu erhalten, wird die aus der statischen Berechnung resultierende Verschiebung (quasi-ständige Kombinationen) mit dem Faktor (φ+1) multipliziert.
- Die folgenden drei Grenzzustände der Funktionstüchtigkeit können überprüft werden (nur einer davon kann ausgewählt werden). Die Nachweise erfolgen unter Berücksichtigung der Anforderungen gem. SIA 260: 2013 Tabelle 3. Das Ergebnis errechnet sich aus der Summierung der Verformungsergebnisse der einzelnen Lastfälle unter Berücksichtigung der zugehörigen Kombinationsbeiwerte. Diese Neuberechnung wird für jedes Bemessungselement separat ohne erneute statische Berechnung durchgeführt. Aus diesem Grund kann es nur als Näherungsverfahren angesehen werden.

  a) Einbauten mit sprödem Verhalten:
  Der Nachweis wird für SLS-seltene Lastkombinationen geführt. Die Struktur kann als abgestützt oder nicht abgestützt betrachtet werden. Bei der abgestützen Tragkonstruktion tritt die Verformung infolge ständiger Lasten nach dem Einbau der sekundären Bauteile (Einbauten) auf. *Nicht abgestützt* bedeutet, dass die Verformung infolge ständiger Lasten vor dem Einbau der sekundären Bauteilen erfolgt.

  b) Einbauten mit duktilem Verhalten:
  Der Nachweis wird für SLS-häufige Lastkombinationen geführt. Die Struktur kann als abgestützt oder nicht abgestützt betrachtet werden. Bei der abgestützen Tragkonstruktion tritt die Verformung infolge ständiger Lasten nach dem Einbau der sekundären Bauteile (Einbauten) auf. *Nicht abgestützt* bedeutet, dass die Verformung infolge ständiger Lasten vor dem Einbau der sekundären Bauteilen erfolgt.

  c) Nutzung und Betrieb:
  Der Nachweis wird für SLS-häufige Lastkombinationen geführt.

☞ ***Wenn die massgebenden Lastkombinationen automatisch generiert werden, führt das Programm die Gebrauchstauglichkeitsnachweise mit den Lastkombination nach Norm.***

Durchbiegungen können gemäss den z- oder y-Achsenrichtungen des Holzelements überprüft werden. Die Kontrolle in jeder Richtung kann aktiviert oder deaktiviert werden, indem das Kontrollkästchen vor den Grenzwerten aktiviert wird. Die Durchbiegungsgrenzwerte sind entsprechend der nachstehend beschriebenen Länge (L) festzulegen.

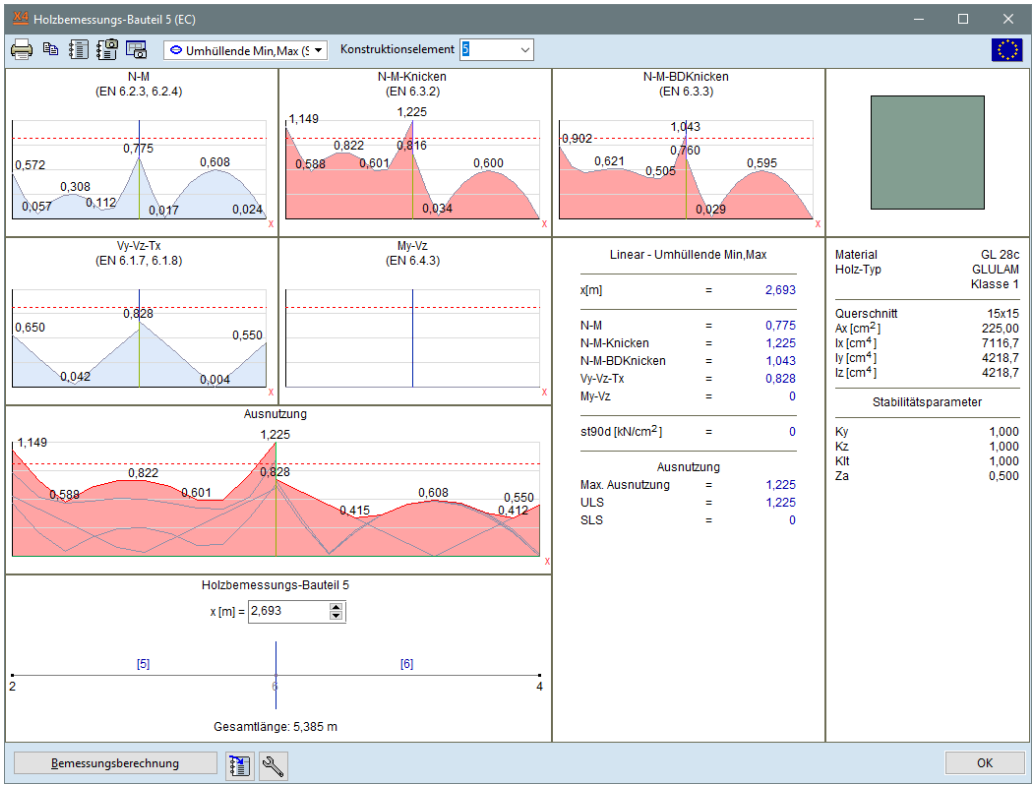


Durchbiegungen können auf verschiedene Weise betrachtet werden: auf der Grundlage der tatsächlichen Verschiebungen oder auf der Grundlage der relativen Verschiebungen nur links, nur rechts oder an beiden Endpunkten.

Länge (L) Durchbiegungen eines Bemessungselements und die Durchbiegungsgrenzen (zum Beispiel L/300) basieren auf einem der folgenden Längenwerte:
Länge Konstruktionselement: L ist gleich der Länge des Konstruktionselements;
Aufgrund verbundener Elemente und Auflager: Wenn unter *Bemessungsbauteile zusammenstellen* im ULS Tab die erste Option ausgewählt ist (Bauteile werden bei Verbindungspunkten und Auflagern getrennt), dann ist diese Länge gleich der Bauteillänge und somit gleich dem oben beschriebenen Wert. Wurde die zweite Option gewählt (gewählte Stäbe werden als ein Bauteil überprüft), dann prüft das Programm, ob irgendwelche Auflager oder Verbindungselemente entlang des Bemessungsbauteils sind, die die Durchbiegung des verhindern.. Zwischen diesen wird der Nachweis für jeden Abschnitt des Bauteils durchgeführt. Wenn Sie einen 15 Meter langen Balken überprüfen und Stützen in den Endpunkten und beim ersten Drittelspunkt vorhanden sind, führt das Programm Gebrauchstauglichkeitsnachweise getrennt für die ersten 5 Meter und die verbleibenden 10 Meter des Balkens durch.
Benutzerdefinierte Länge: es kann ein eigener Wert eingegeben werden.

Überhöhung Die Überhöhung kann für die Konstruktionselemente definiert werden, wobei die Werte (uz und uy) im lokalen Koordinatensystem interpretiert werden. Die Form der Überhöhung kann mit drei Parametern eingestellt werden: Die Kurve kann *Quadratisch* oder *Linear* gewählt werden, für welche der Maximalwert *(u)* und dessen Standort *(x_{max})* definiert werden. Wenn ausnahmsweise die tatsächlichen Verschiebungen durch den Benutzer eingestellt werden (z. B. wird nur ein Abschnitt eines Balkens als ein Bemessungsbauteil ausgewählt), sind die Überhöhungswerte entlang der Länge konstant. Wenn die Länge L auf die Bauteillänge oder auf eine benutzerdefinierte Länge eingestellt ist, ist die Überhöhung in den Endpunkten Null. Wenn L *Aufgrund verbundener Elemente und Auflager* bestimmt wird, ist die Überhöhung in den Endpunkten und an den Auflagern Null.

Ergebnisdiagramm Wird ein Bemessungselement angeklickt, öffnet sich ein Fenster mit den entsprechenden Nachweisen.



Bemessung

Wird *Bemessungsberechnung* angewählt, erscheint eine detaillierte Ausgabe der Berechnung. Alle Kräfte und Stabilitätsnachweise werden als komplette Formeln mit Zahlenwerten und Normverweis ausgegeben.



Das Symbol *Einstellung* neben der *Bemessungsberechnung* ermöglicht die Einheiten für Kräfte und Längen in der Bemessungsberechnung einzustellen. Wichtige Ergebnisse erscheinen auch in den Standardeinheiten von AxisVM (**siehe...** *3.3.8 Einheiten*).
Für weitere Informationen **siehe...** *6.6.1 Stahlbemessung nach Eurocode 3 – SD1 Modul*

6.7.2. Holz Brandbemessung – TD8 Modul

Normen

AxisVM führt Brnadbemessungen für den Holzbau nach vielen nationalen Normen durch. Im Falle von nationalen Anhängen des Eurocodes, die im Folgenden nicht aufgeführt sind, werden die allgemeinen Regeln der EN 1993-1-2 berücksichtigt.

Eurocode	*EN 1995-1-2 Eurocode 5: Bemessung von Holztragwerken Part 1-2: Allgemein - Brandbemessung*
EC Deutschland	*DIN EN 1995-1-2:2010-12 NA*
EC Ungarn	*MSZ EN 1995-1-2:2013 NA*
EC Rumänien	*SR EN 1995-1-2:2004/Ac:2006*
EC Tschech-ien	*CSN EN 1995-1-2/NA 2011*
EC Slowakei	*STN EN 1995-1-2:2008/NA:2011*
EC Grossbritannien	*BS EN 1995-1-2:2004 NA*
EC Niederlande	*NEN EN 1995-1-2/NB:2016*
EC Finnland	*SFS-EN 1995-1-2:2004 NA*

Brandbemessung im Holzbau gemäss EN 1995-1-2

Die Holzträger-Brandbemessung (TD8-Modul) basiert auf Methoden der allgemeinen Holzträgerbemessung (**siehe...** *6.7.1 Holzbemessung – TD1 Modul)* **daher ist das TD1-Modul eine Voraussetzung für die Verwendung von TD8.**
EN 1995-1-2 (EC5-1-2) thematisiert die Brandbemessung im Holzbau. Dieser Abschnitt beschreibt die Unterschiede zwischen der allgemeinen Bemessung und der Brandbemessung.
Die Brandbemessung kann in AxisVM durchgeführt werden, wenn 1) die gewählte Lastkombination einen Brandlastfall beinhaltet (**siehe...** *4.10.1 Lastfälle, Lastfallgruppen) 2)* wenn einem der ausgewählten Elemente ein Brandeffekt zugeordnet wurde (**siehe...** *4.10.32 Brandeinwirkung auf Lienienelemente aus Holz* – TD8 modul*) ein* diesem Brandlastfall. Wenn den Elementen eines Bauteiles unterschiedliche Brandeinwirkungen zugeordnet wurden, kann die Bemessung nicht durchgeführt werden und es erscheint eine Fehlermeldung.
Für ausgewählte Elemente ohne Brandeinwirkung wird die allgemeine Holzbemessung durchgeführt. Den Elementen (siehe unten) müssen auch die Parameter für die Brandbemessung zugeordnet werden.

Bauteilbemessung

EC5-1-2 diskutiert verschiedene Methoden: Bauteilanalyse, Analyse eines Teils der Struktur und Analyse der gesamten Struktur. Die Bauteilanalyse ist aufgrund ihrer Einfachheit die am weitesten verbreitete Nachweismethode. Die Analyse eines Teils oder der Gesamtstruktur erfordert in der Regel komplexe nichtlineare numerische Modelle und nichtlineare statische Analysen.

Leitsätze der Bauteilanalyse nach EC5-1-2:

- Die Schnittgrössen der Bauteile können mit einer linearen statischen Berechnung berechnet werden;

- Die Randbedingungen an den Auflagern können als zeitkonstant angenommen werden. (EC5-1-2, 2.4.2 (4)).

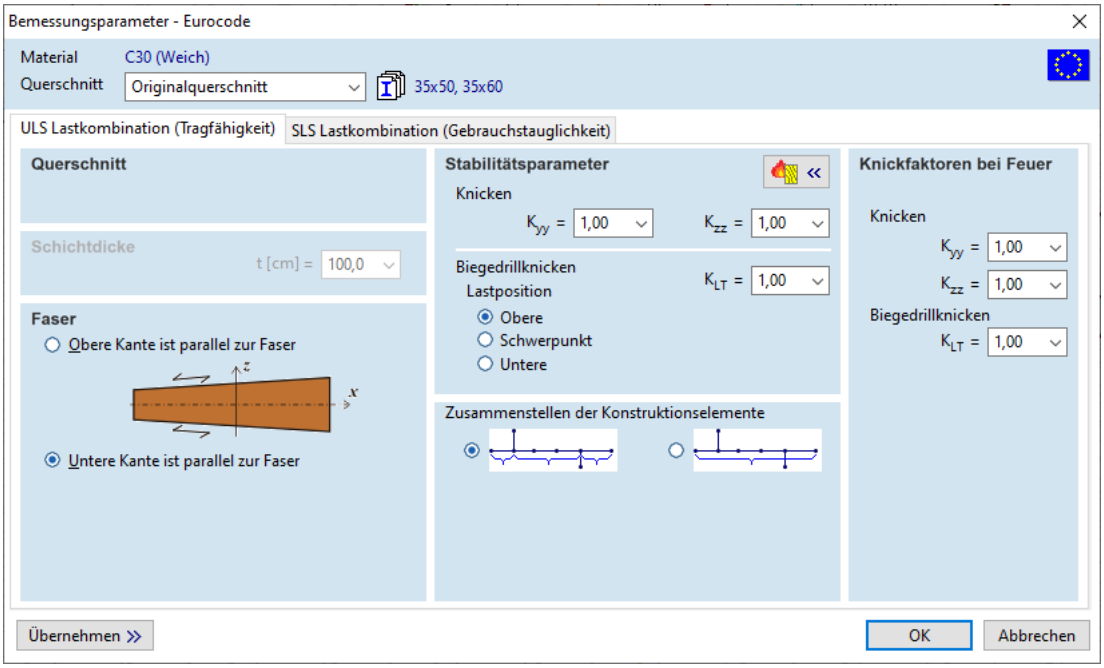
Das TD8-Modul führt eine Bauteilanalyse durch. Es ist zu prüfen, ob die Struktur/der Strukturteil mit der Bauteilanalyse nach den Richtlinien der EC5-1-2 nachgewiesen werden kann.

Bemessungs-parameter



Die Brandbemessung auf Basis von EC5-1-2 erfordert Brandbemessungsparameter, die definiert und den Bauteilen zugeordnet sind. Diese Schaltfläche ist nur verfügbar, wenn 1) das TD8-Modul Teil der Konfiguration ist und 2) die aktuelle Norm die Brandbemessung unterstützt. Die Schaltfläche fügt auf der rechten Seite ein zusätzliches Fenster hinzu. Wenn es verborgen bleibt, wird die Brandbemessung des Elements nicht durchgeführt.





Knickparameter bei Brand

Es ist möglich, verschiedene Knicklängenparameter im Brandfall zu definieren, da die Durchbiegung des Elements oft durch andere Elemente verhindert wird, die in kürzerer Zeit ihre Steifigkeit oder ihren Widerstand verlieren können. Die Definition/Berechnung der Knicklänge ist die gleiche wie bei der normalen Bemessung.

Reduzierter-Querschnitt-Methode

EC5-1-2 bietet zwei verschiedene Methoden zur Berechnung der mechanischen Festigkeit im Brandfall:

- Reduzierter-Querschnitt-Methode,
- Reduzierte-Eigenschaften-Methode.

In der Software ist die Methode des reduzierten Querschnitts implementiert. In einem ersten Schritt wird die sogenannte effektive Abbrandtiefe auf folgende Weise aus der fiktiven Abbrandtiefe berechnet ($d_{char,n}$; **siehe...** *4.10.32 Brandeinwirkung auf Lienienelemente aus Holz – TD8 modul*)

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 d_0$$

wobei $d_0 = 7mm$, k_0 ist ein Koeffizient

Mit dieser effektiven Abbrandtiefe an den freiliegenden Seiten wird der Querschnitt reduziert. Dieser reduzierte Querschnitt wird als effektiver Querschnitt bezeichnet.

Nachweise bei Brand

Das TD8-Modul führt, ähnlich wie das TD1-Modul, die folgenden Nachweise durch:

Normalkraft-Moment [N-M]	*(EN 1995-1-1, 6.2.3, 6.2.4)*
Druck-Biege-Knicken (in der Ebene) [N-M-Knicken]	*(EN 1995-1-1, 6.3.2)*
Normalkraft-Biegung-Drillknicken [N-M-LT Knicken]	*(EN 1995-1-1, 6.3.3)*
Querkraft (y) - Querkraft (z) - Torsion (x) [Vy- Vz-Tx]	*(EN 1995-1-1, 6.1.7, 6.1.8)*
Moment /y - Querkraft /z (Querzugspannung) [My-V z]	*(EN 1995-1-1, 6.4.3)*

Die Details zu den Berechnungen werden im vorhergehenden Kapitel beschrieben (**siehe...** *6.7.1 Holzbemessung – TD1 Modul*), weshalb hier nur die Unterschiede aufgezeigt werden:

1. Unterschiedliche Festigkeiten müssen berücksichtigt werden,
2. erschiedene Stabilitätsparameter werden berücksichtigt.

Berechnung der Holzfestigkeit

Gemäss EC5-1-2 wird die Holzfestigkeit folgendermassen berechnet:

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi}\frac{f_{20}}{\gamma_{M,fi}}$$
$$f_{20} = k_{fi}f_k$$

wobei

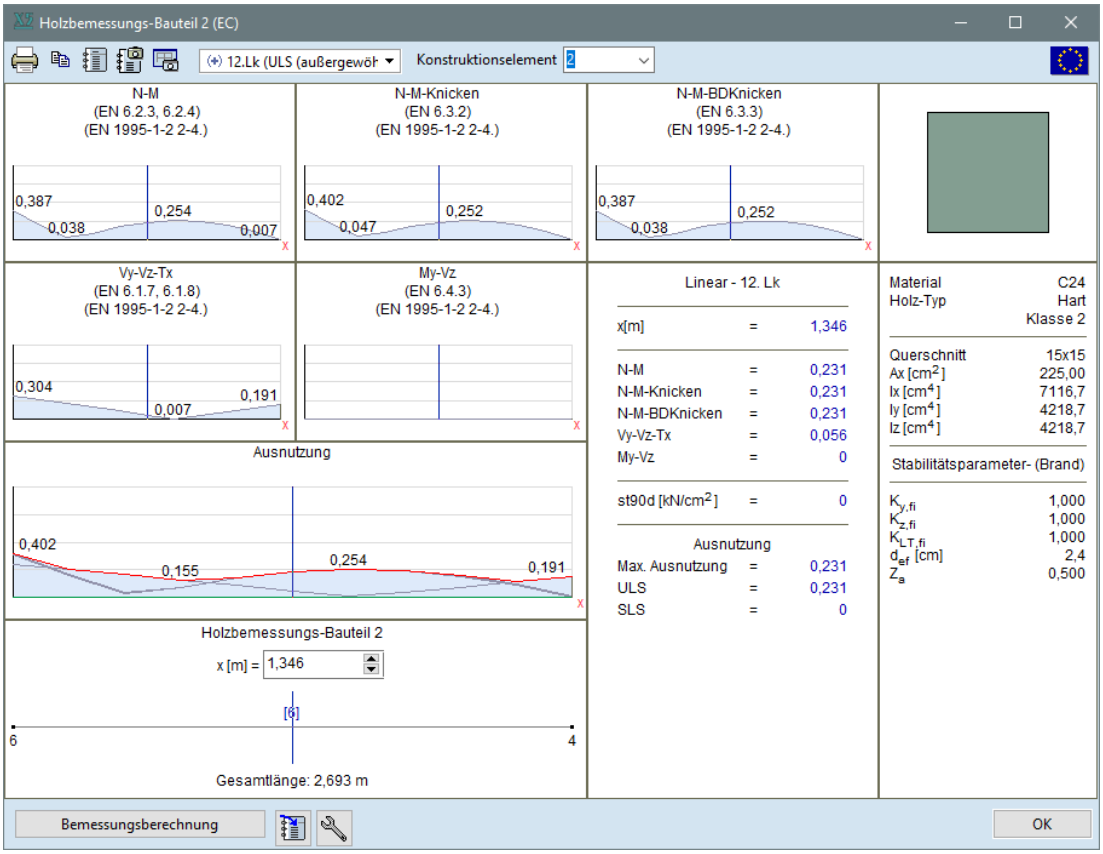
f_{20} die 20% Fraktil Festigkeite bei Nomaltemperatur ist
$k_{mod,fi} = 1$ der Brandfaktor ist
k_{fi} ein Koeffizient, $\gamma_{M,fi}$ ein Partialfaktor sind.

Stabilitäts-nachweise

Die Koeffizienten Knicklänge *($K_{y,fi}$* und *$K_{z,fi}$)* und Biegedrillipplänge *($K_{LT,fi}$)* gegeben im *Bemessungsparameter Fenster* werden verwendet, um den Biegeknick- und den Biegedrillknickwiderstand zu berechnen.

Resultatdiagramme

Klicken Sie auf ein Holzkonstruktionselement, um Diagramme für alle Einzelnachweise und deren Umhüllende anzuzeigen. Ergebnisse für jede Position eines Holzbauteils in jedem Lastfall oder jeder Lastkombination können durch Setzen von x oder Ziehen der Tracking-Linie erzielt werden. Kann die Bemessung mit dem aktuellen Querschnitt nicht durchgeführt werden, wird das Diagramm durch ein Kreuz ersetzt.
Wenn die ausgewählte oder die kritische Kombination einen Brandlastfall enthält und die Brandbemessung für das ausgewählte Bauteil durchgeführt wurde, werden auch Knickparameter im Brandfall und die Abbrandtiefe angezeigt.



Bemessungs-berechnungen

Klicken Sie auf die Schaltfläche Berechnungen, um die Bemessungsdetails zu sehen. Die Berechnung kann in der Dokumentation gespeichert werden. Im Falle der Brandbemessung werden auch die Art der Brandkurve und die berechnete effektive Abbrandtiefe angezeigt.

2. Biegung (y)

EN 1995-1-1: 6.1.6

EN 1995-1-2: 2-4.

Brandkurve: **ISO Brandkurve**

Erforderliche Zeit für Brandwiderstand : **R30**

Effektive Abbrandtiefe: $d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 = 1{,}73 + 1 \cdot 0{,}70 = 2{,}43$ cm

Massgebender Schnitt: $x = 0{,}00 \cdot L = 0{,}00 \cdot 269{,}26 = 0$ cm

$$\sigma_{m,y,d,fi} = \frac{|M_y|}{W_{y,fi}} = \frac{|217{,}78|}{173{,}32} = 1{,}26 \text{ kN/cm}^2$$

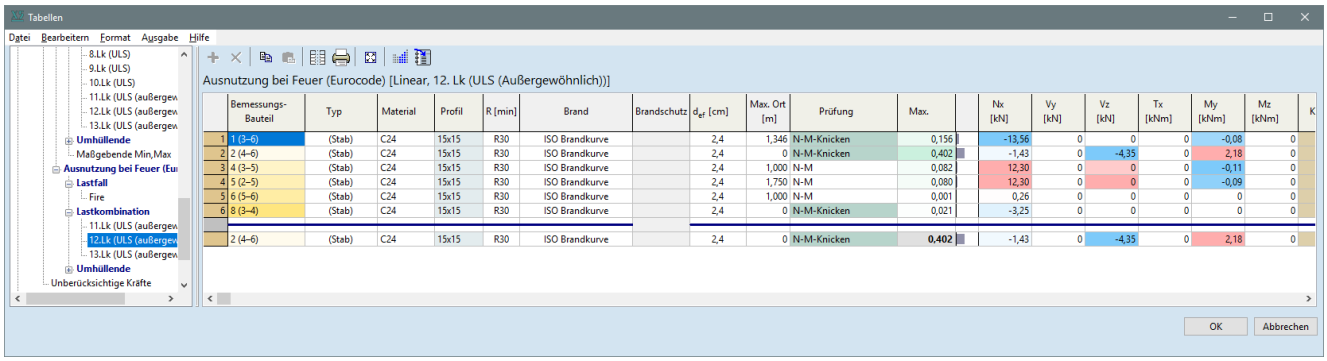
$$k_{h,y} = \min\left(\left(\frac{150}{h_{fi}}\right)^{0.2}; 1.3\right) = \min\left(\left(\frac{150}{10{,}13}\right)^{0.2}; 1.3\right) = 1{,}082 \quad (3.1)$$

$$f_{m,y,d,fi} = \frac{k_{mod,fi} \cdot k_{h,y} \cdot f_{m,20}}{\gamma_{M,fi}} = \frac{1 \cdot 1{,}082 \cdot 3{,}00}{1} = 3{,}24 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_{M_y,fi} = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} = \frac{1{,}26}{3{,}24} = 38{,}7\ \% \qquad \textbf{erfüllt}$$

Ergebnistabelle

Unter den Ergebnistabellen der Holzbemessung fasst die *Ausnutzung bei Brand* die Ergebnisse der Brandbemessung zusammen, um die Kommunikation mit den Brandschutzingenieuren zu erleichtern.



Querschnitt-optimierung

Bei Vorhandensein des TD9-Moduls kann eine Holzquerschnittsoptimierung für Lastkombinationen durchgeführt werden, die einen Brandlastfall unter Berücksichtigung der Brandbemessungsregeln enthalten.

6.7.3. Holzquerschnitt-Optimierung – TD9 Modul

TD9 Modul erfordert TD1 Modul

Die Optimierung von Holzquerschnitten führt zu kleineren besser ausgenutzten Querschnitten und Eigengewichtsreduktion.

☞ ***Die Optimierung untersucht die Bemessungselemente für dieselben Schnittkräfte ohne die Steifigkeitsunterschiede zu berücksichtigen, welche sich im Modell durch neue optimierte Querschnitte ergeben. Für gewisse optimierte Strukturen ergibt eine Neuberechnung des Modells beträchtliche Änderungen der Schnittgrössen. In solchen Fällen führen mehrere hintereinander geführte Optimierungen zu einer viel effizienteren Struktur.***

Die Optimierung benützt die Holzbemessungsparameter welche vorgängig den Bemessungselementen zugewiesen wurden.

Zulässige Querschnitte für eine Optimierung sind: Rechteck, abgerundetes Rechteck und kreisförmiger Querschnitt. Veränderliche Querschnitte können nicht optimiert werden.

Für weitere Detailinformationen **siehe...** *6.6.1.4 Stahl-Querschnitt optimieren*

6.8. Bemessung von XLAM Bereichen – XLM Modul

Bemessungs-normen

Es gibt keine derzeit gültige, allgemeine Normvorschrift für XLAM (CLT) Platten. Weitere Details zum Berechnungsverfahren und zu den Referenzen finden Sie im Handbuch "XLAM Theorie und Bemessung".

Material--Eigenschaften

In der Materialbibliothek befindet sich ein spezielles XLAM-Material mit vordefinierten Steifigkeits- und Festigkeitseigenschaften. Auf Wunsch des Benutzers können die Materialeigenschaften in der dem Modell zugeordneten Materialbibliothek beliebig verändert werden.

Charakteristische Werte der Materialparameter	*Bezeichnung*
Biegefestigkeit	$f_{m,k}$
Zugfestigkeit parallel zur Faser	$f_{t,0,k}$
Zugfestigkeit senkrecht zur Faser	$f_{t,90,k}$
Druckfestigkeit parallel zur Faser	$f_{c,0,k}$
Druckfestigkeit senkrecht zur Faser (*y*)	$f_{c,90,k}$
Druckfestigkeit senkrecht zur Faser (*z*)	$f_{c,90,k}$
Torsionsfestigkeit	$f_{T,k}$
Schubfestigkeit in y Richtung	$f_{v,k,y}$
Schubfestigkeit in z Richtung	$f_{v,k,z}$
Rollschubfestigkeit	$f_{r,k}$*

**angenommen als 1.0 N/mm², unabhängig von der Schubestigkeitsklasse*

Steifigkeitswerte	*Bezeichnung*
Mittlerer E-Modul parallel zur Faser	$E_{0,mean}$
Mittlerer E-Modul senkrecht zur Faser	$E_{90,mean}$
Mittlerer E-Modul parallel zur Faser für die Bedeutigkeitsstufe von 0.05	$E_{0,05}$
Mittelwert des Schubmoduls	G_{mean}
Mittelwert des Rollschubmoduls	$G_{R,mean}$*

**es wird angenommen dass $G_{R,mean} / G_{mean}$ = 0,1 hält, unabhängig von der Schubestigkeitsklasse*

Dichte	*Bezeichnung*
Charakteristischer Wert der Dichte	ρ_k
Mittelwert der Dichte	ρ_{mean}

Teilsicherheitsbeiwert	*Bezeichnung*
Teilsicherheitsbeiwert für das Material	γ_M

Nutzungsklassen

Siehe in Kapitel... *6.7.1 Holzbemessung – TD1 Modul*

Lastdauerklassen

Siehe in Kapitel... *6.7.1 Holzbemessung – TD1 Modul*

Charakteristische Festigkeitswerte

Die Spannungswerte werden unabhängig voneinander durch Biege-, Normal-, Scher- und Torsionseinflüsse bestimmt.

$\sigma_{\mathrm{mx,t}}$ $\sigma_{mx,f}$ massgeblicher Wert der Normalspannung in x Richtung infolge Biegung, in der oberen Hälfte der Zone (die Seite der Zone welche in der Richtung der positiven lokalen z-Achse liegt).

$\sigma_{mx,a}$ massgeblicher Wert der Normalspannung in x Richtung infolge Biegung, in der unteren Hälfte der Zone (die Seite der Zone welche in der Richtung der negativen lokalen z-Achse liegt)..

$\sigma_{my,f}$ massgeblicher Wert der Normalspannung in y Richtung infolge Biegung, in der oberen Hälfte der Zone (die Seite der Zone welche in der Richtung der positiven lokalen z-Achse liegt)

$\sigma_{my,a}$ massgeblicher Wert der Normalspannung in y Richtung infolge Biegung, in der unteren Hälfte der Zone (die Seite der Zone welche in der Richtung der negativen lokalen z-Achse liegt)..

σ_{nx} relevanter Wert der Normalspannung in x-Richtung durch Normalkräfte.

σ_{ny} relevanter Wert der Normalspannung in y-Richtung durch Normalkräfte.

$\tau_{n,xy}$ relevanter Wert der ebenen Schubspannung aus Normalkraft.

$\tau_{m,xy}$ relevanter Wert der ebenen Schubspannung aus dem Torsionsmoment.

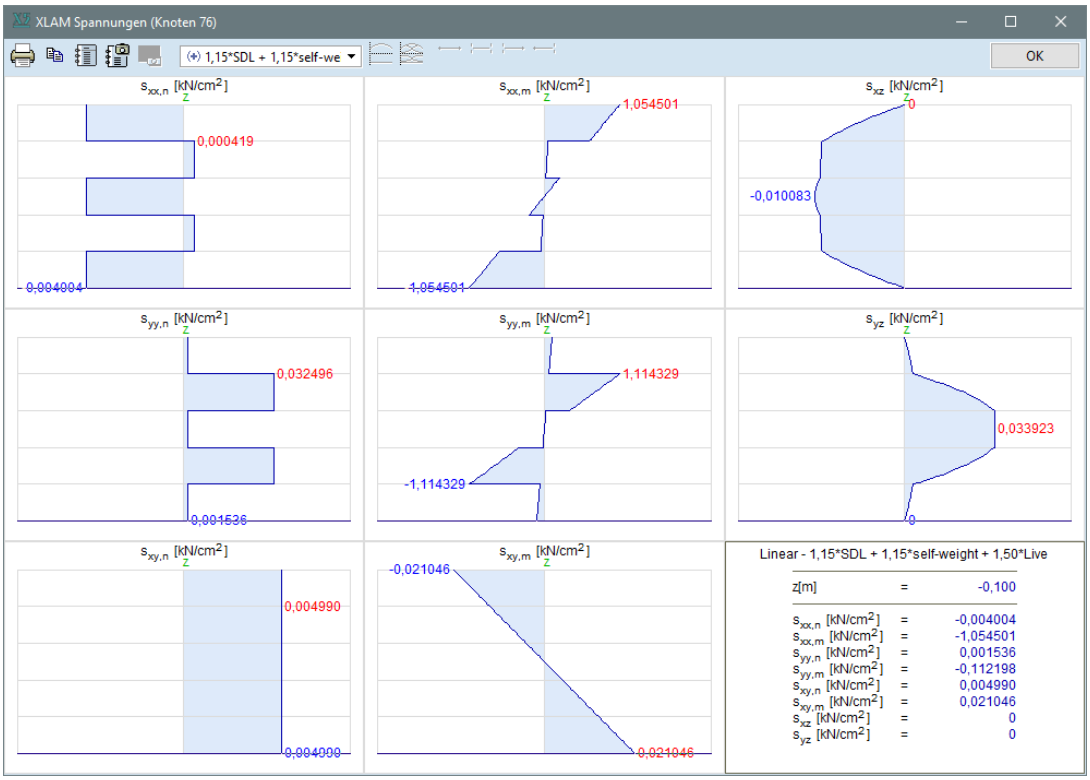
$\tau_{xz,max}$ massgebende Schubspannung, wirkend in z-Richtung auf der Ebene deren Normale in x-Richtung zeigt

$\tau_{yz,max}$ massgebende Schubspannung, wirkend in z-Richtung auf der Ebene deren Normale in y-Richtung zeigt

$\tau_{rx,max}$ massgebende Rollschubspannung, wirkend in z-Richtung auf der Ebene deren Normale in x-Richtung zeigt.

$\tau_{rx,max}$ massgebende Schubspannung, wirkend in z-Richtung auf der Ebene deren Normale in y-Richtung zeigt.

Wenn man auf einen Knoten klickt, kann man die Verteilung jeder berechneten Spannungskomponente über die Dicke sehen:



Bemessungswerte der Festigkeit

Die Bemessungswerte der Festigkeit können gemäß folgender Formel ermittelt werden:

$f_{c0d}, f_{c90d}, f_{vd}, f_{rd}$: $f_d = k_{mod} f_k / \gamma_M$

$f_{m90d}, f_{t0d}, f_{t90d}$: $f_d = k_{sys} k_{mod} f_k / \gamma_M$

f_{m0d}: $f_d = k_{sys} k_{mod} k_{fin} f_k / \gamma_M$

wobei,

k_{mod}	Modifikationsfaktor für Lastdauer und Feuchtigkeitsgehalt (EN 1995-1-1, 3.1.3)
k_{sys}	Festigkeitsfaktor des Systems
k_{fin}	Biegespannungsreduktionsfaktor
f_k	charakteristischer Festigkeitswert
γ_M	Teilsicherheitsfaktor des Materials (EN 1995-1-1, Tabelle 2.3)

k_{sys} faktor

$k_{sys} = \min\{1 + 0.025 \cdot n; 1.2\}$ (n bezeichnet die Anzahl Schichten, aber n>1)

Interaktionen

Normalkraft-Biegemoment in Faserrichtung [M-N-0]
Normalkraft-Biegemoment senkrecht zur Faserrichtung [M-N-90]
Querkraft-Torsion [V-T]
Normalkraft - Rollschub [Vr-N]

Normalkraft-Biegemoment in Faserrichtung (M-N-0)

Bei Zug

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,0,d}|}{f_{m,0,d}} \leq 1$$

Bei Druck

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{|\sigma_{m,0,d}|}{f_{m,0,d}} \leq 1$$

Normalkraft-Biegemoment senkrecht zur Faserrichtung (M-N-90)

Bei Zug

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{f_{t,90,d}} + \frac{|\sigma_{m,90,d}|}{f_{m,90,d}} \leq 1$$

Bei Druck

$$\left(\frac{\sigma_{c,90,d}}{f_{c,90,d}}\right)^2 + \frac{|\sigma_{m,90,d}|}{f_{m,90,d}} \leq 1$$

Querkraft-Torsion [V-T]

$$\frac{|\tau_{T,d}|}{f_{T,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{r,d}}{f_{r,d}}\right)^2 \leq 1$$

Normalkraft - Rollschub (Vr-N)

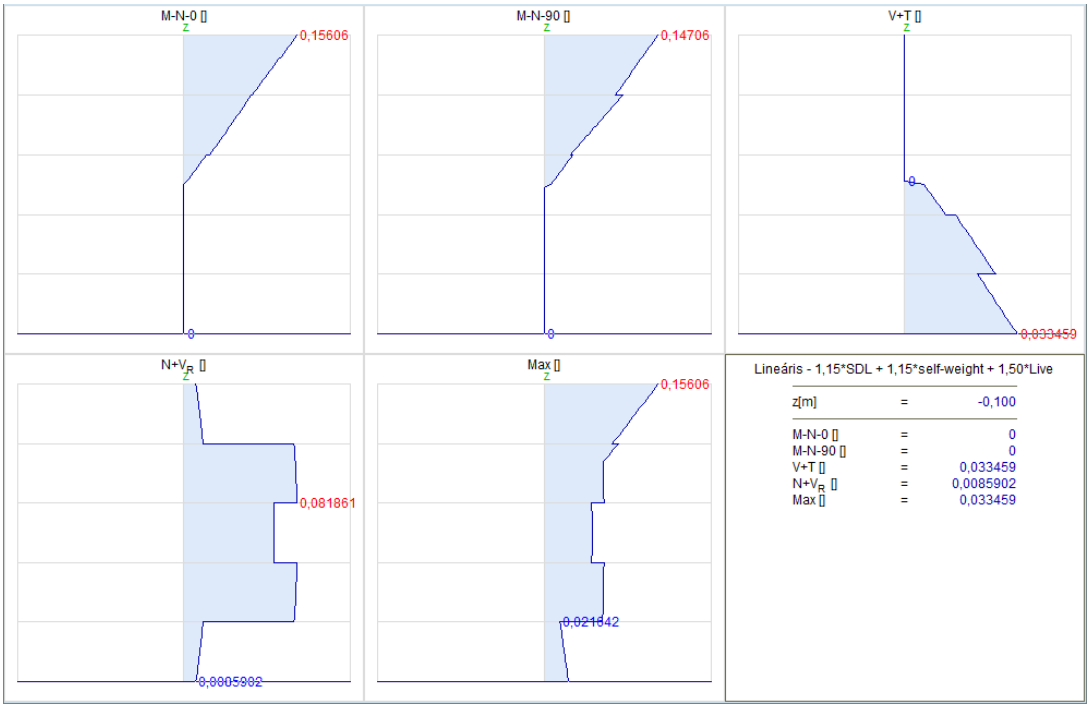
Senkrecht zur Faserrichtung

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{f_{t,90,d}} + \frac{|\tau_{r,d}|}{f_{r,d}} \leq 1\,; \quad \frac{|\sigma_{c,90,d}|}{f_{c,90,d}} + \frac{|\tau_{r,d}|}{f_{r,d}} \leq 1$$

Parallel zur Faserrichtung

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{|\tau_{r,d}|}{f_{r,d}} \leq 1\,; \quad \frac{|\sigma_{c,0,d}|}{f_{c,0,d}} + \frac{|\tau_{r,d}|}{f_{r,d}} \leq 1$$

Wenn man auf einen Knoten klickt, sieht man die Verteilung der berechneten Ausnutzung über die Dicke:



6.9. Mauerwerkwände Bemessung – MD1 Modul

Das MD1 Modul erlabut es die typsichen Analysen für unbewehrte Mauerwerkwände durchzuführen und ihre Bemessungsparameter für die Überprüfung zu definieren. Ein allesumfassender und komplexer Verifikationsprozess wurde für Mauerwerkwände, welche hauptsächlich von vertikalen und in der Ebene Querkräften belastet werden, implementieret.

Es stellt eine Lösung für die globale Analyse von ein- oder mehrstöckigen Mauerwerkswänden mit Anschlüssen dar.

Die Verifikation ist erhältlich für *Eurocode, NTC* und *SIA* Normen.

6.9.1. Komplexe Analyse von unbewehrten Mauerwerken

Generelle Prinzipen

Die folgenden Analysetypen sind in diesem Modul vorhanden:

A) *Stabilitätsanalyse von Mauerwerken, welche hauptsächlich durch vertikale Lasten belasted sind*. Diese Analyse beachtet nur die Exzentrizitäten lotrecht zur Wandebene unabhängig der Dicke des Wandstreifens. Zweiseitig exzentrische Wände können nicht bemessen werden..

B) *Komplexer Stabilitätsnachweis* behandelt Normalkraftexzentrizität in beide Richtung gekoppelt mit Querkraftüberprüfung in der Ebene.

A) und B) Überprüfungen benutzen verschiedene benutzerdefinierte Bemessungsspezifikationen (**siehe...** *6.9.1.3*). Die B) Überprüfung wird nur durchgeführt, falls die Querkraftüberprüfung im Parameterdialog Mauerstreifen ausgewählt ist (**siehe...** *6.9.1.2*).

Es können nur unbewehrte Mauerwerkswände unter der Annahme von konstanter Wanddicke entlang einer Etage analysiert werden. Nur einschalige Wände können spezifiziert werden.

Die Mauerwerkwände können nach *EN 1996-1-1 (Kapitel 6.1), NTC (Kapitel 4.5.6.2)* und *SIA 266 (Kapitel 4.3.1 und 4.4)* mit folgenden Annahmen und Anwendungsgrenzen überprüft werden.

Die oben erwähnten Normen gehen gehen von durch Platten ,horizontal gestützten Wänden aus. Das heisst, dass alleinstehende oder kragarmähnliche Wanscheiben nicht analysiert werden können.

Verschiedene Parameter können dem Model hinzugefügt werden (siehe Anschlusseinstellungen), welche in zusätzlichen Biegemomenten im Strukturmodell resultieren (mehrstöckige Wände mit verschiedenen Wanddicken, Anschlussseinstellungen, Effekt von exzentrischen Plattenreaktionskräften).

Diese Effekte sind in der Berechnung des Lasttragvermöges der Elemente nicht vernachlässigbar, jedoch benötigt das exakte modellieren in einigen Fällen signifikant kompliziertere Modelle. Um die Bemessungsüberprüfung zu vereinfachen, werden zwei Annäherungsmodelle angeboten (**siehe...** *Berechnung von zusätzlichen Biegemomenten*). Der Benutzer sollte in allen Fällen entscheiden, ob diese Lösungen anwendbar sind.

Das MD1 Modul arbeitet mit virtuellen Streifen (**siehe...** *2.16.16 Virtuelle Stäbe*). *Bemessungsparameter werden zu virtuelle Streifen zugewiesen und die Überprüfung kann nur über das Aufintegrierte Ergebnis der Streifen erfolgen.*

Virtuelle Streifen können mehrere Geschosse enthalten, so dass das gesamte Wandsegment als ein komplettes Tragsystem analysiert werden kann, jedoch können Geschosse verschiedene Parameter haben.

Die Kapitel *6.9.1.7... 6.9.1.10* enthalten Informationen über spezifische Standardgrenzen.

6.9.1.1. Definition von Mauerwerkswänden und ihre Paramter

Bemessungsparameter



Klicken Sie auf das Symbol für Bemessungsparameter um die Etagen des Mauerwerkswandstreifens zu spezifizieren und überprüfen Sie die Wand im *Mauerwerkwand dialog*.

Klicken Sie auf das Symbol oder auf die Achse eines virtuellen Streifens um diesem Bemessungsparameter zuzuweisen (**siehe...** *2.16.16 Virtuelle Stäbe*). Das Symbol ist nur dann aktiviert, falls mindestens ein virtueller Streifen im Modell mit statischer oder dynamischen Resultaten ist.

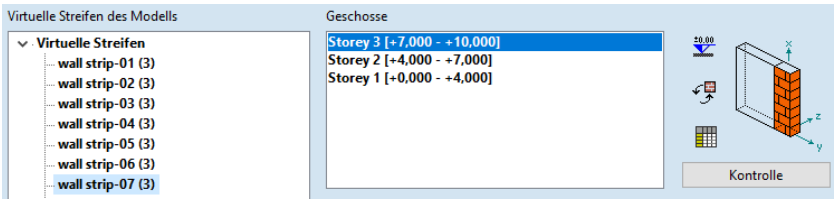
Zuallererst muss der virtuelle Streifen markiert werden (**siehe...** *2.16.1 Markierung*). Es kann nur ein virtueller Streifen markiert werden, sein Bereich kann keine anderen Materialien als Mauerwerke

enthalten, der Streifen muss zusammenhängend sein, die Bereiche können nicht tailliert sein und müssen vertikal sein mit einer maximalen Neigung von 15°. Falls einer dieser Kriterien nicht zutrifft, wird eine Warnung angezeigt, sonst wird der Mauerwerkwanddialog angezeigt und der virtuelle, markierte Streifen wird von der Liste der virtuellen Mauerwerkstreifen markiert.

☞ ***Mauerwerkwanddialog wird automatisch geöffnet sobald ein (korrekter) virtueller Streifen des Modells angeklickt wird.***

Virtuelle Streifen

Der Mauerwerkwanddialog zeigt eine Liste von *virtuellen Streifen* des Modells. Diese sind die existierenden virtuellen Mauerwerkstreifen. Das Markieren eines virtuellen Streifens zeigt eine Liste der zugewiesenen Stockwerke (*Stockwerke)* an. Das Markieren eines solchen Geschosses zeigt die Geschossparameter des markierten Geschosses an.
Da Bemessungparameter den Stockwerken zugewiesen sind, beinhaltet der erste Schritt das Zuweisen von Geschossen zum markierten Streifen.
Falls einem virtueller Streifen bereits Stockwerke zugewiesen sind, wird sein Name fett angezeigt. Die Zahl in Klammern zeigt die Anzahl an zugewiesenen Stockwerken an.

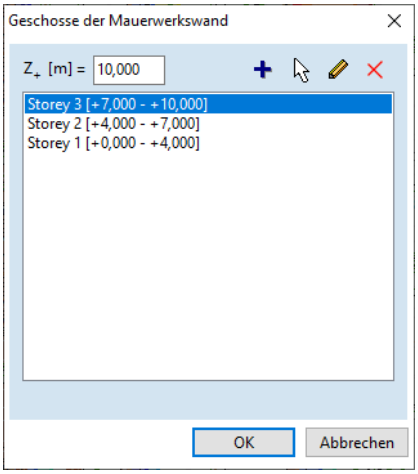


Stockwerke

Der erste Schritt beinhaltet das Zuweisen von Stockwerken zu Streifen. Bemessungüberprüfungen werden für Stockwerke ausgeführt. Die eingestellten Geschosse bezeichnen die Koten, auf welchen die Wand quer zu ihrer Ebene gehalten ist.



Klicken Sie auf das *Stockwerke bearbeiten* Symbol, um die Stockwerke für den virtuellen Streifen zu bearbeiten.



Jedes Stockwerk muss die Achse des markierten virtuellen Balkens/Streifens kreuzen. Falls das Modells Stockwerke hat (**siehe...** *3.3.4 Stockwerke*), werden die Stockwerke automatisch importiert, jedoch müssen die Stockwerke, welche den virtuellen Streifen zugewiesen werden, nicht identisch mit den Stockwerken des Modells sein.

Die Stockwerke können entfernt (Löschsymbol), modifiziert (Stift) und neue Stockwerke hinzugefügt werden (+ und Pfeil). Die Stockwerke werden zum virtuellen Streifen gespeichert. Falls Stockwerke zum virtuellen Streifen zugewiesen sind, werden Querschnitte und vertikale Sektionen (**siehe...** *6.9.1.4 Nachweis von Mauerwerkwänden, Definition von Bemessungs- und Anschlussparameter*) der Wand im Hauptfenster ebenfalls angezeigt. Stockwerkgrenzen werden als Kreise auf der Achse des virtuellen Streifens angezeigt.

Automatische Bemessungsparameter

Nach dem Einstellen der Stockwerke werden die folgenden Parameter basierenden auf den Bereichseinstellungen, assoziiert mit dem virtuellen Streifen, vom Modell genommen.

- *Mauerwerkmaterial von jedem Stockwerk*.
  Falls der virtuelle Streifen durch mehrere verschiedenen Bereiche von Mauerwerks(wände) geht, wird nur ein Material zum Streifen zugewiesen (nur ein Material pro Stockwerk kann beachtet werden). Das zugewiesene Material kann in den *Bemessungsparameter* überschrieben werden. Die Elastizitätsmoduli (in der Bemessungsüberprüfung benötigt) werden durch das Untersuchen des lokalen Koordinatensystems des Bereiches erkannt. Falls keine Achse des lokalen Koordinatensystems mit der vertikalen Richtung übereinstimmt, wird die Achse, welche am nächsten zur vertikalen Richtung ist, benutzt um die Paramter zu bestimmen. Die zugewiesenen Elastizitätsmoduli können in den *Bemessungsparameterfenster* überschrieben werden (**siehe...** *6.9.1.3*).

- *Die Wanddicke jedes Stockwerkes.*
  Falls der virtuelle Streifen durch mehrere verschiedene Bereiche von Mauerwerks(wände) geht, wird nur ein Mächtigkeitsparameter dem Streifen zugewiesen (nur konstante Mauermächtigkeit kann in der Verifikation berücksichtigt werden). Die Mächtigkeit der Wand kann später nicht mehr modifiziert werden, stattdessen muss die Eigenschaft des betroffenen Bereiches geändert werden.
- *Die Breite der Wand ist das Gleiche wie die Breite des virtuellen Streifens.*
  Die Tragfähigkeit wird unter Berücksichtigung der Breite berechnet.
- *Der (Beton)Plattentyp, welcher mit dem Wandstreifen und ihrer Mächtigkeit verbunden ist.*
  Der Typ der Platte kann *kontinuierlich* und *einseitig Platte* sein. Falls keinen verbundene Betonplatte gefunden werden kann, erscheint der Wert *Platte nicht definiert* (**siehe...** *6.9.1.3*).

  Anmerkung: die verfügbaren Normen gehen davon aus, dass die Wände durch die Platten lateral gestützt sind. Das heisst, dass der Wert "Platte nicht definiert" nur andeutet, dass keine stützende Platte im Modell gefunden werden kann.

  Falls mehr als ein Bereich zum virtuellen Streifen verbunden ist, wird die Mächtigkeit der dünnsten Platte verwendet.
  Der Plattentyp und seine Mächtigkeit kann später unabhängig vom Modell im Fenster *Mauerwerkanschlüsse* geändert werden.
- *Bemessungsquerschnitte* (4 oder 6 verschiedene Positionen, siehe später) basierend auf den verbundenen Strukturen.

☞ ***Falls Platteneigenschaften verbunden zu Stockwerken überschrieben werden, aktualisieren Veränderungen in den Bereichsparameter die Mauerwerksparameter nicht mehr. Dies sollte vom Benutzer durch das Löschen und neu Definieren der Mauerwerksparameter aktualisiert werden, oder die Parameter müssen manuell geändert werden.***

Automatisch Bemessungsparameter wiederherstellen



Einige oder alle der automatischen Bemessungsparameter der markierten Stockwerke des virtuellen Streifens können durch diese Taste wiederhergestellt werden. Diese sind:

- Mauerwerksmaterial (und seine Parameter),
- Wandmächtigkeit
- Mauerwerksanschlüsse (obere und untere Anschlüsse, mit allen Querschnittsreferenzen),
- Bemessungsparameter (alle Daten, welche im Dialog *Bemessungsparameter* angezeigt werden ausser das Material)

Für Details, **siehe...** *6.9.1.3***.**

Tabelle der gloablen Bemessungsparameter



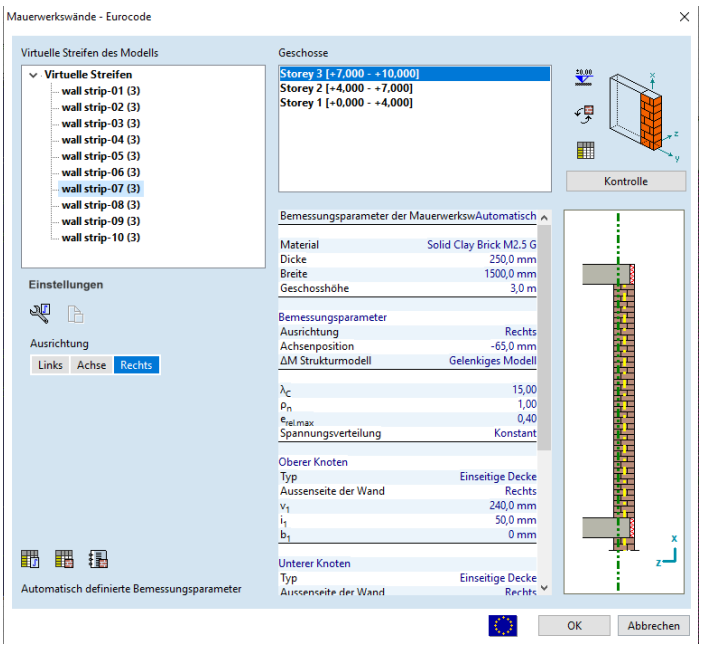
Durch das Klicken auf das Symbol *Tabelle der globalen Bemessungsparameter*, können den *Bemessungsparameter* der *virtuellen Streifen* zusammengefasst in einer Tabelle gesehen werden.

Für Details, **siehe...** *6.9.1.6 Resultate.*

Überprüfung

Klicken Sie auf den Überprüfungsknopf um die Bemessungsüberprüfung der Stockwerke durchzuführen.

Für Details, **siehe...** *6.9.1.4 Nachweis von Mauerwerkwänden, Definition von Bemessungs- und Anschlussparameter*.



Der Name der Stockwerke kann durch einen Rechtsklick auf den Namen und durch das Auswählen von neu benennen geändert werden.

Andere Bemessungsparameter

Andere Bemessungsparameter werden analog zu den Empfehlungen der Normen oder durch Standardeinstellungen in AxisVM vorbestimmt.

Bemessungsparameter von Mauerwerkswänden

Falls Bemessungsparameter nicht geändert werden, wird *Auto* in der ersten Linie der Liste angezeigt, ansonsten *benutzerdefiniert*.

Seitenansicht der Stockwerke

Der Dialog der Mauerwerkswände zeigt die Seitenansicht des markierten Mauerwerkswandstreifens mit den verbundenen Platten.

Koordinatensystem



Die Seitenansicht der Wand und die innen Kräfte des Streifens werden im lokalen Koordinatensystem des virtuellen Streifens angezeigt. Das selbe System wird im Dialog *Mauerwerkswand* und im *Bemessungsüberprüfung der Mauerwerkswand* verwendet.

Durch das Schliessen des Dialogs *Mauerwerkwand* wird im Hauptfenster die vertikale Sektion der Wände mit ihren Anschlüssen angezeigt. (**siehe...** *6.9.1.5*).

Einstellungen

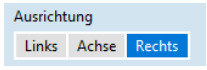
Die folgenden Einstellungen werden auf den ganzen virtuellen Streifen angewendet.

Definieren der globalen Bemessungseinstellungen

Die globalen Einstellungen des Mauerwerkswandstreifens sind durch das Klicken auf das Symbol *Definieren der globalen Bemessungseinstellungen* verfügbar.



Ausrichtung



Falls der markierte virtuelle Streifen verschiedene Stockwerke mit unterschiedlichen Wandmächtigkeiten enthält, kann der Benutzer die Referenzebene der Wand anpassen. Das Programm stimmt standardmässig die Mittelebenen (Achse) der Wände aufeinander ab (wie bei Innenwänden).
Im Falle von Fassadenwänden oder in anderen Situationen können die Wände nach *Links* oder *Rechts* (basierend auf das lokale Koordinatensystem des virtuellen Streifens) um auf die rechte oder linke Seite der Wand angepasst zu werden. In diesen Fällen muss der Effekt von zusätzlichen Biegemomenten berücksichtigt werden (siehe nächstes Kapitel).
Die Seitenansicht zeigt die Achse des virtuellen Streifens und die Achse der Wand mit der grössten Wandmächtigkeit als gestrichelte grüne Linie an. Die gestrichelte gelbe Linie zeigt die Achse der Wand im markierten Stockwerk an. Falls alle Wände im Streifen die gleiche Mächtigkeit haben, ist die Option *Ausrichtung* nicht verfügbar.

Bemessungsparameter von Mauerwerkswänden

Durch das Klicken auf das Symbol *Bemessungsparameter von Mauerwerkswänden* können die *Bemessungsparameter* der *Stockwerke* zusammengefasst in einer Tabelle angezeigt werden. Das Symbol ist nur aktiv, falls das Modell bereits mindestens einen virtuellen (Mauerwerks)Streifen mit zugewiesenen Stockwerken hat.

Für Details, **siehe...** *6.9.1.6 Resultate.*

Bemessungsberechnungen

Durch das Klicken auf das Symbol *Bemessungsberechnungen* generiert die Software einen detailierte Bericht basierend auf den aktiven virtuellen Streifen und die im Modell ausgewählte Lastkombination/Lastfälle. Das Symbol ist nur aktiv, wenn das modell bereits mindestens einen virtuellen (Mauerwerks)Streifen mit zugewiesenen Stockwerken enthält.

Für Details, **siehe...** *6.9.1.6 Resultate.*

Enwturfsresultate

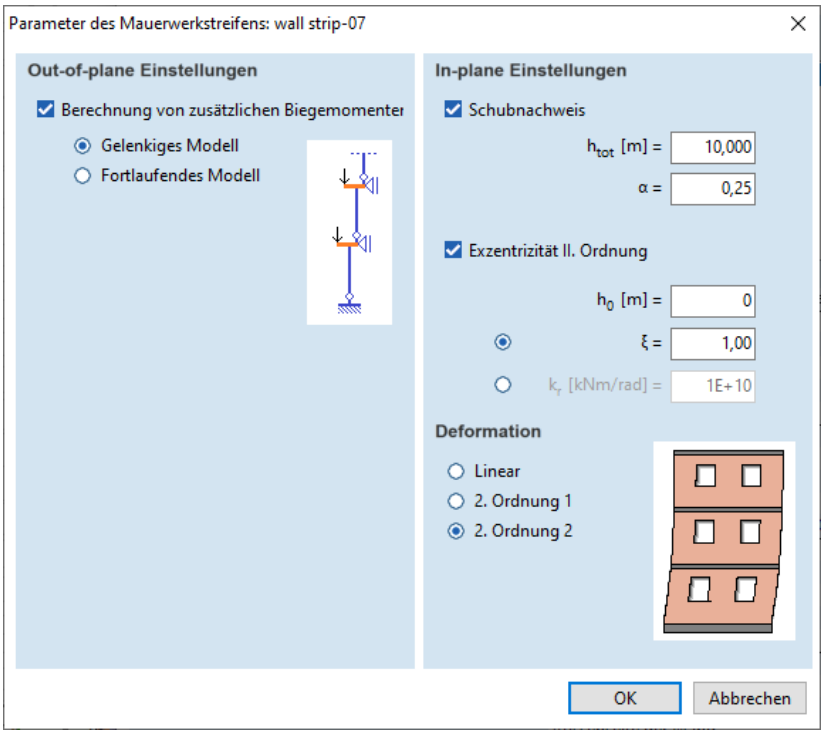
Durch das Klicken auf das Symbol *Bemessungsresultate* werden die *Bemessungsresultate* von dem *virtuellen Streifen* in Tabellenfrom zusammengefasst. Das Symbol ist nur aktiv, wenn das modell bereits mindestens einen virtuellen (Mauerwerks)Streifen mit zugewiesenen Stockwerken enthält.

Für Details, **siehe...** *6.9.1.6 Resultate.*

6.9.1.2. Parameter von Mauerwerkswandstreifen

Globale Parameter von Mauerwerkswandstreifen

Klicken Sie auf das Symbol *Einstellung der globalen Bemessungsparameter* um die Parameter des gesamten Mauerwerksstreifens zu bearbeiten.

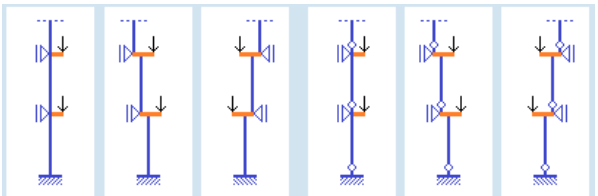


Ausserhalb der Ebene Einstellungen

Berechnung von zusätzlichen Biegemomenten

Die Einstellungen von Mauerwerkswandstreifen (Ausrichtung der Wänden, Mauerwerkanschlusseinstellungen, Spannungsverteilung und die Plattenreaktionskräfte) verursachen eventuell zusätzliche Exzentrizitäten. Dies führt zu zusätzlichen Biegemomenten. Falls das Modell diese Effekte nicht berücksichtigt, offeriert das Mauerwerksmodul zwei verschiedene Modelle um diese Effekte anzunähern und zu berchnen; *Gelenkiges Modell* oder *Kontinuierliches Modell*. Für Details **siehe...** *6.9.1.7 Prinzipien der Überprüfung*. Das Bemessungsbiegemoment ist die Summe der Momente der virtuelle Streife und das Resultat aus den obigen Modellen.

Das Diagramm neben dem markierten Modell symbolisiert die Exzentrizitätskräfte der Anschlüsse und die verschiedenen Wanddicken. Die Abbildung basiert ebenfalls auf der Referenzebene der Wände (*Links/Achse/Rechts*) im Falle von verschiedenen Wandmächtigkeiten.

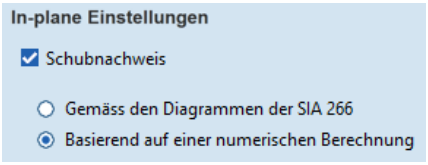


Falls *Berechnung von zusätzlichen Biegemomenten* nicht ausgewählt ist, werden keine zusätzlichen Biegemomente berechnet.

In der Ebene Einstellungen Diese Einstellungen sind zu den in der Ebene Überprüfungen verbunden.

Schubnachwes Durch das Auswählen des *Schubnachweises* führt das Modell Überprüfungen des Typs *A* und *B*, wie in Kapitel 6.9.1 beschrieben, durch. Falls diese Eigenschaft nicht aktiviert ist, wird nur die Überprüfung des Typs *A* durchgeführt.

SIA Norm Für die SIA-Norm stehen folgende Möglichkeiten zur Ermittlung der Schubtragfähigkeit zur Verfügung:



Die oben genannten Methoden werden im Kapitel *6.9.1.10 Nachweis nach SIA* detailliert beschrieben.

Anfangsexzentriztät Nur wenn diese Option gewählt ist, berechnet das Programm die Anfangsexzentrizität. Diese wird nach der allgemeinen Regelung in *EN 1996-1-1 Abschnitt 5.3* berechnet, unter der Annahme, dass die Struktur in einem bestimmten Winkel zur Vertikalen geneigt ist, und unter Berücksichtigung der obigen Parameter.

Exzentrizität zweiter Ordnung Durch Aktivieren der *Exzentrizität zweiter Ordnung* wird dieser Effekt berücksichtigt. Die Bedingung der Notwendigkeit wird in *EN 1996-1-1 Abschnitt 5.4* detailliert beschrieben. Nur wenn diese Option gewählt ist, berechnet das Programm die Exzentrizität 2. Ordnung.

Berechnung der Bemessungsexzentrizitäten Die Exzentrizitäten ersten und zweiten Grads in der Wandebene werden mit folgenden Parametern berechnet

h_{tot} Komplette Höhe der Wand, gemessen von der Spitze der Fundation
α Verhältnis der vertikalen Lasten stabilisiert durch den Wandstreifen ($0 < \alpha \leq 1$).

Zusätzliche Parameter für die Exzentrizitäten zweiter Ordnung.

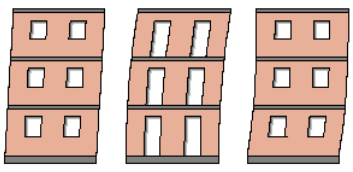
h_0 Basispunkt
ξ Vergrösserungsfaktor für die Rotationssteiffigkeit falls die Einspannung des Strukturelementes berücksichtigt wird
k_r Rotationssteifigkeit der Einspannung

Nur einer der zwei vorangegangenen Parameter können bestimmt werden.

☞ ***Im Falle von seismischen Kombinationen berechnet das Programm nicht automatisch Exzentrizitäten zweiter Ordnung. Dies kann Berücksichtigt durch den plastischen Stabiliätindex berücksichtigt warden, welcher in der seismischen Sensitivitätstabelle der Stockwerke zu finden ist. Berücksichtigen Sie auch die verbundenen Regulationen des Eurocodes 1998-1-1.***

Verformung In den Bemessungsquerschnitten wird die Exzentrizität zweiter Ordnung unter Annahme einer der folgenden (typischen) Verformungsformen angenähert.

- Linear
- 2ter Ordnung 1
- 2ter Ordnung 2



6.9.1.3. Bereich als Mauerwerkswand überprüfen

Bereich als Mauerwerkswand überprüfen



Bereich als Mauerwerkswand überprüfen ist eine vereinfachte Überprüfung einer einstöckigen Wand ohne virtuelle Streifen. Der virtuelle Streifen wird in diesem Prozess automatisch generiert. Eine einfache Mauerwerkregion wird markiert und ein Referenzpunkt für den virtuellen Streifen definiert.

Der generierte virtuelle Streifen ist immer 1 m breit. Dieser Wert kann jedoch jederzeit durch das Bearbeiten der *virtuellen Streifen* (**siehe...** *2.16.16 Virtuelle Stäbe*) geändert werden. Falls der eingegebene Startpunkt in der Nähe eines Bereichrandes zuliegen kommt, wird die Achse des virtuellen Streifens automatisch verschoben um zu gewährleisten, dass der ganze Streifen in einem Bereich zu liegen konnt.

Das Beenden der Auswahl öffnet das Fenster *Bemessungsüberprüfung von Mauerwerkswänden*, wo die Bemessungsparameter und Anschlüsse definiert und die Resultate überprüft werden können.

Die Mauerwerkswandstreifen, welche durch die Funktion *Bereich als Mauerwerkswand überprüfen* definiert werden, können ebenfalls durch die *Bemessungsparameter* Funktion bearbeiten werden, wie bei anderen virtuellen Streifen.

Hinweis: Durch das Anwenden dieser Funktion nimmt die Software an, dass die Berechnung der zusätzlichen Biegemomente (siehe später) nicht benötigt und die Querkraftüberprüfung nicht ausgewählt wird. Um diese Einstellungen zu ändern, klicken Sie auf den automatisch generierten virtuellen Streifen und nehmen Sie die Änderunge durch den Dialog *Mauerwerkswände* vor.

6.9.1.4. Nachweis von Mauerwerkwänden, Definition von Bemessungs- und Anschlussparameter

Bemessungsüberprüfung von Mauerwerkswänden

Setzen Sie den Haken im Dialog bei *Mauerwerkswänden* um den Dialog der *Bemessungsüberprüfung von Mauerwerkswänden* anzuzeigen. Hier können Sie die Bemessungsparameter der Wandstockwerke spezifizieren und die Bemessungsüberprüfung wird hier durchgeführt.

Setzen Sie die erste Dropdown Liste der oberen Symbolleiste auf das gewünschte Stockwerk der Wand und laden Sie den Lastfall oder die Lastkombination.

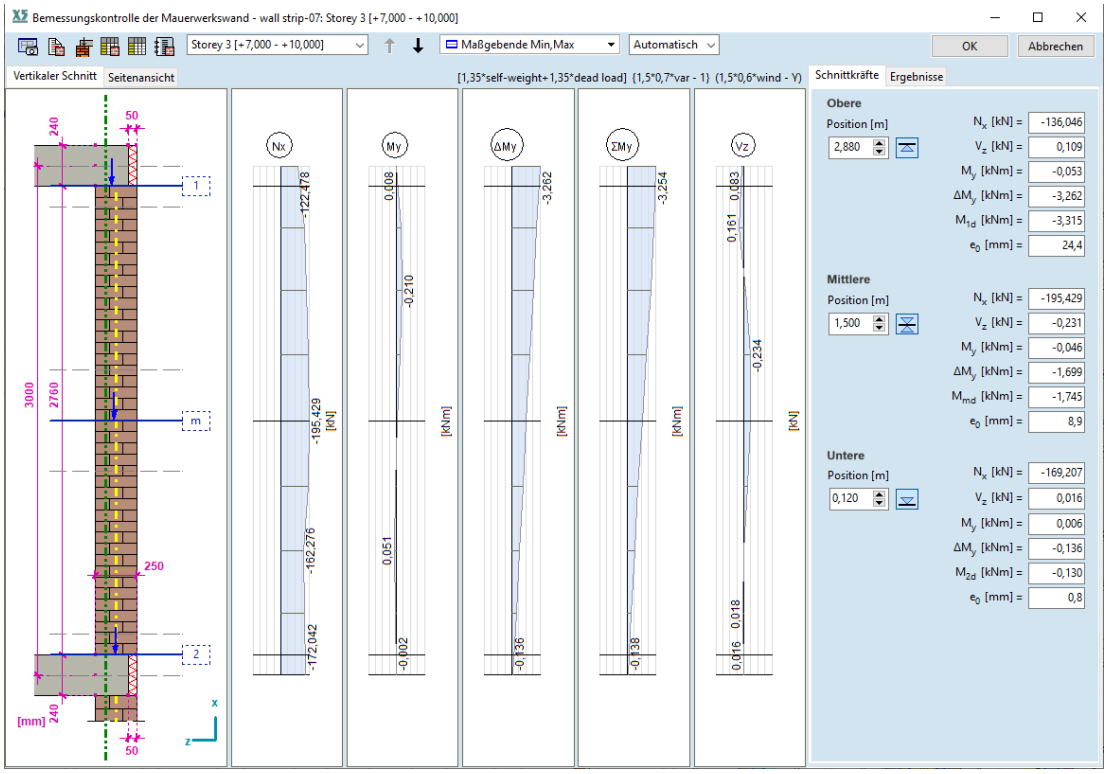
Die linke Seite des Fensters zeigt die *Vertikalschnitte* oder die *Seitenansicht* der ausgewählten Mauerwerksstockwerke an. (Falls die Querkraftsüberprüfung nicht aktiv ist, können nur die Schnitte der Wand angezeigt werden.) Dimensionen und Anschlüsse werden im Detail einschliesslich der verbundenen Platte, thermischer Isolation, usw angezeigt. In der *Seitenansicht* der Wand werden ebenfalls die verbundenen Wandbereiche in einer hellen Farbe angezeigt, was als Hilfe für die Spezifikation der Bemessungssektoren (Aussparungen) für Querkräfte zu definieren.

Das Koordinatensystem im rechten/linken Ecken (hängt von der ausgewählten Ansicht ab) zeigt das Koordinatensystem des virtuellen Streifens.

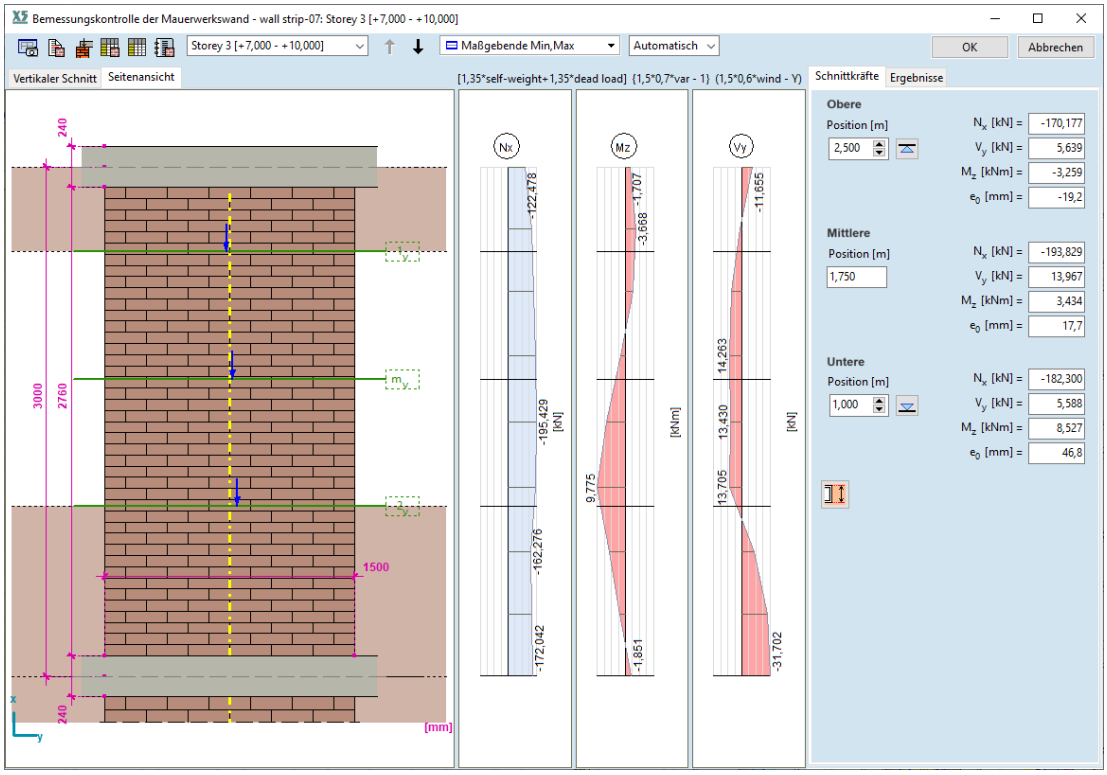
Die grüne Achse zeigt die Achse der virtuellen Streife. Falls die Wandmächtigkeit nicht über alle Stockwerke konstant bleibt, ist diese Achse identisch zur Achse der mächtigsten Wand. Die gelbe Achse ist die Achse des Stockwerkes. Falls die Wanddicke nicht über alle Stockwerke constant bleibt, fällt die gelbe Achse nicht notwendigerweise mit der grünen Achse zusammen.

Die benutzte Materialfarbe ist die Gleiche, wie die farbe der Mauerwerkselemten. Das Füllungsmuster kann nicht geändert werden und folgt auch nicht den Typen der Mauerwerkselementen.

Vertikalschnitt



Seitenansicht



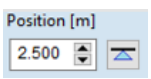
Aktive Stockwerke

☞ ***Falls die Maus über die Mauerwerkswand bewegt wird, wechselt der Zeiger zu einem Handsymbol. Ein Doppelklick auf die Wand führt zum Dialog Bemessungsparameter von Mauerwerkswände.***

☞ ***Falls die Maus über den oberen oder unteren Anschluss der Mauerwerkswand bewegt wird, wechselt der Zeiger zu einem Handsymbol. Ein Doppelklick öffnet den Dialog Mauerwerksanschlüsse.***

Referenzquerschnitt

Die Position des Referenzquerschnittes kann als Oben / Mitte / Unten eingegeben werden. Innere Kräfte des virtuellen Streifens werden an dieser Position für die Bemessungsüberprüfung abgelesen.



Referenzquerschnitt 1, m, 2

Falls die Querkraftüberprüfung nicht ausgewählt ist, können nur drei Referenzquerschnitte bestimmt werden (mit der Kennzeichnung ***1,m,2***). Diese können bearbeitet werden, wenn der *Vertikalschnitt* der Wand aktiv ist. Diese Schnitte gehören zum *Überprüfungstyp A* (siehe vorher).

Dicke, blaue Linien zeigen die Position des Referenzquerschnittes an. Diese Linien können zwischen den Grenzen (schwarze gestrichelte Linien) hin und hergezogen werden.

Die Position des Referenzquerschnittes ist automatisch oben und unten an die Ränder der Betonplatten angepasst, falls Betonplatten nach den Anschlusseinstellungen vorhanden sind. Klicken Sie auf die kleine Taste rechts von dem Bearbeitungsfeld um die automatische Postiion wiederherzustellen.

☞ ***Im Falle der Norm SIA 266 kann die Position des mittleren Querschnitten nicht bestimmt werden.***

Referenzquerschnitt 1_v, m_v, 2_v (Position der Aussparungen)

Falls die Querkraftüberprüfung aktiviert ist, können drei weitere Referenzquerschnitte in der *Seitenansicht* der Wand bestimmt werden. Dies sind die Postiionen, an denen die Überprüfung nach Typ B durchgeführt werden (komplexe Stabilität und Querkraftüberprüfung). Die Effekte von Aussparungen und verbundenen Bereichen kann mit diesen Positionen berücksichtigt werden (Querkraftsüberprüfung ist im Wandschnitt zwischen dem unteren und darüberliegenden Schnitt). Diese Positionen sind abhänging von den Schnitten 1, m, 2 und werden in Grün mit Schildern ***1_v, m_v, 2_v*** angezeigt. Nur die oberen und unteren Postiionen können bestimmt werden, die mittlere Referenzlinie ist immer in der Mitte der beiden.

Bestimmen der Position von Aussparungen

Standardmässige Positionen von 1_v, m_v, 2_v Abschnitten werden durch die verbunden Bereiche bestimmt. Diese können modifiziert werden durch Ziehen der Referenzlinie oder sie können direkt im Modell nach dem Klicken auf das Symbol *Postion von Aussparungen* definiert werden. Das Symbol ist nur in der Tafel *Innere Kräfte* verfügbar (falls *Seitenansicht* ausgewählt ist).



Zusätzliche Information zu den Referenzquerschnitten

Druch das Benützen der drei Bearbeitungskästchen im Reiter *Innere Kräfte* kann die Position mit exakten Werten definiert werden. Diese Werte werden nur akzeptiert, falls sie zwischen den Grenzen (gestrichelte Linien) sind.

Die Position der Pfeile oberhalb der blauen, dicken Linie stellt die Exzentrizität der Druckkraft in dem spezfischen Querschnitt dar. Die Farbe des Pfeils ist Blau, aber falls der Widerstand des Querschnittes nach dem Bemessungsqueck nicht ausreichend ist, ändert sich die Farbe zu Rot. Falls der Widerstand aufgrund eines Fehlers nicht berechnet werden kann, wird er nicht angezeigt.

☞ ***Falls die Position des Referenzquerschnittes geändert wird, werden auch die inneren Kräfte und die Bemessungsresultate ändern.***

Innere Kräfte

Im Fenster *Bemessungsüberprüfung von Mauerwerkswänden* werden die folgenden Diagramme der inneren Kräfte angezeigt:

Vertikalschnitt

- N_x Normalkraft (Bemessungsnormalkraft)
- M_y Biegemoment über die y-Achse
- DM_y Zusätzlichen Biegemoment infolge der Effekte der Exzentrizität (werdne nur berechnet, falls die Option *Berechnung von zusätzlichen Biegemomenten* im Fenster *Mauerwerkswände* ausgewählt ist)
- SM_y Bemessungsbiegemomente (Die Summe der Biegemomente der virtuellen Streifen und der zusätzlichen Biegemomente)
- V_z Querkraft der virtuellen Streifen lotrecht zur Wandebene

Seitenansicht

- N_x Normalkraft (Bemessungsnormalkraft)
- M_z Biegemomente über die lokale z-Achse
- V_y Querkraft der virtuellen Streifen in der Wandebene

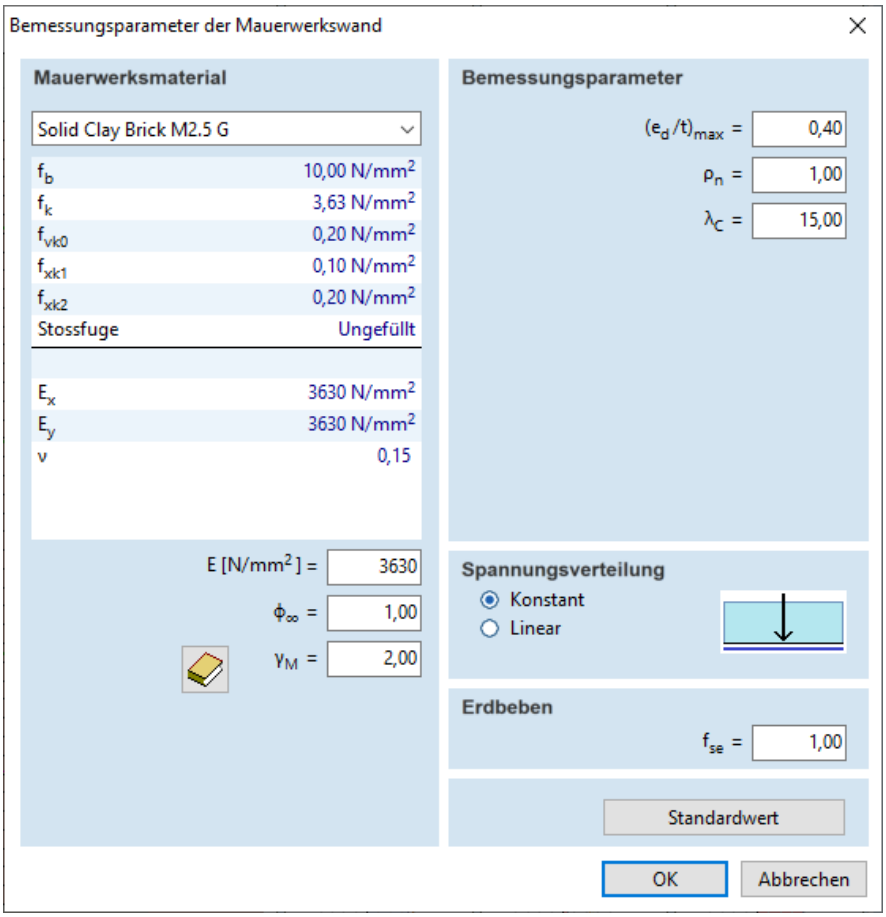
Dünne, schwarze Linien deuten die Position des Referenzquerschnittes im inneren Kräfte Diagramm an.

Resultatstafel

Die Bemessungsresultae sind zusammengefasst in einer Tabelle im Reiter *Resultate*. Für mehr Informationen **siehe...** *6.9.1.6 Resultate.*

Bemessungsparameter für Mauerwerkswände

Bemessungsparameter vom ausgewählten Stockwerk können im Dialog *Bemessungsparameter für Mauerwerkswände bearbeitet werden:*



Mauerwerkmaterial

Nach dem Definieren der Stockwerke setzt das Modul das Mauerwerksmaterial automatisch basierend auf dem Material des involvierten Bereiches. Das Standardmaterial kann hier bearbeitet werden.

Bearbeitbare Materialparameter

Die folgenden Parameter können bearbeitet werden. (Änderungen in diesem Fenster verändern nicht die Paramter des Bereichmaterials. Diese Werte werden nur für die Bemessungsüberprüfung dieses speziellen Stockwerkes der markierten Mauerwerkswand verwendet:

Eurocode

- E Elastizitätsmodul
- φ_∞ Kriechwert mit Langzeiteinflüssen
- γ_M Partieller Sicherheitsfaktor der Materialstärke

NTC

- γ_M Partieller Sicherheitsfaktor der Materialstärke

SIA 266

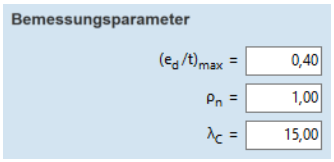
- E_{xk} Elastizitätsmodul
- γ_M Partieller Sicherheitsfaktor der Materialstärke

☞ ***Wie im vorherigen Kapitel erklärt, wird das Mauerwerkmaterial automatisch ausgewählt nach der anfänglichen Stockwerksdefinition. Im Falle von orthotropischen Material muss die Ausrichtung der lokalen Achsen überprüft werden.***

☞ ***Jegliche Veränderungen im Fenster, welches mit den Mauerwerkswandmaterial verbunden ist, haben keinen Einfluss auf das Bereichsmaterial, welches mit dem virtuellen Streifen verbunden ist. Das Material des Bereiches muss, falls notwendig, vom Benutzer separat geändert werden.***

Spezifische Norm-Parameter

Eurocode 6



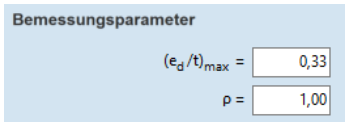
- $(e_d/t)_{max}$ – Der Grenzwert der relativen (in der Ebene oder ausserhalb der Ebene) Exzentrizität der Axialkraft:

Falls die relative Exzentrizität grösser als der Grenzwert in einem Querschnitt ist, wird die Bemessungsüberprüfung scheitern und der Widerstand des Querschnittes wird als unzureichend eingestuft.

Im Falle von oberen und unteren Schnitten wird die relative Exzentrizität anhand der effektiven Dicke der Wand und realtive zu ihrer Achse berechnet.

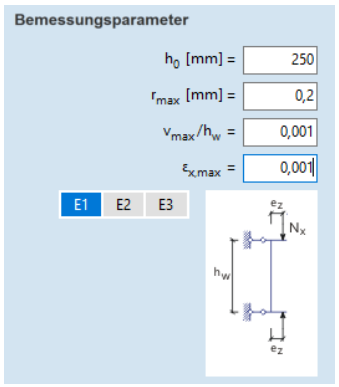
- ρ_n Reduktionsfaktor der Knicken berücksichtigt, Standardwert ist 1.0,
- λ_C Wert der Schlankheit bis zu den Exzentrizitäten, bei denen sie aufgrund von Kriechen vernachlässigt werden kann.

NTC



- $(e_d/t)_{max}$ – der Grenzwert der relativen Exzentrizität
- ρ Reduktionsfaktor der Knicken berücksichtigt, Standardwert ist 1.0,

SIA 266



- h_0 ist die totale Höhe der Mauerwerkselemente und der Höhe der Mörtelschichten,
- r_{max} ist die maximal erlaubte Rissbreite,
- *v_{max}/h_w ist die erlaubte relative Verschiebund unter Berücksichtigung der Schnitte 1_v und 2_v (wo h_w die Distanz zwischen den beiden Referenzschnitten ist). Konsultieren Sie die Tabelle 8 in der Norm für Maximalwerte.*
- $\varepsilon_{x,max}$ maximal erlaubter Wert nach Tabelle 8 der Norm,
- Randbedingungen *(E1 / E2 / E3)*.

Spannungsverteilung



Im Falle von einseitigen Platten können konstante und lineare Spannungsverteilungen unter der Einwirkung der Plattenreaktionskraft berücksichtigt werden. Das Set der Spannungsverteilungen haben einen signifikanten Einfluss auf die berechneten zusätzlichen Biegemomenten.

Zusätzliche Biegemomente werden als Produkt der Plattenreaktionskraft und der Exzentrizität basierend auf der Postionen der Resultierenden der Spannungsverteilung berechnet. Die Plattenreaktion wird aus der Differenz zwischen der Axialkraft der nachfolgenden Stockwerke berechnet.

☞ **Spannungsverteilungen können nur ausgewählt werden, falls die Option *Berechnung der zusätzlichen Biegemomente* im Fenster *Mauerwerkswände* eingestellt ist.**

☞ ***Im Falle des obersten Stockwerkes wird die ganze Axialkraft als Plattenreaktionskraft gesehen. Für mehrstöckige Strukturen wird empfohlen, dass die virtuellen Streifen über alle Stockwerke reichen, falls die Wand durchgehend ist. Andernfalls kann die Software die zusätzlichen Biegemomente nicht richtig berechnen.***

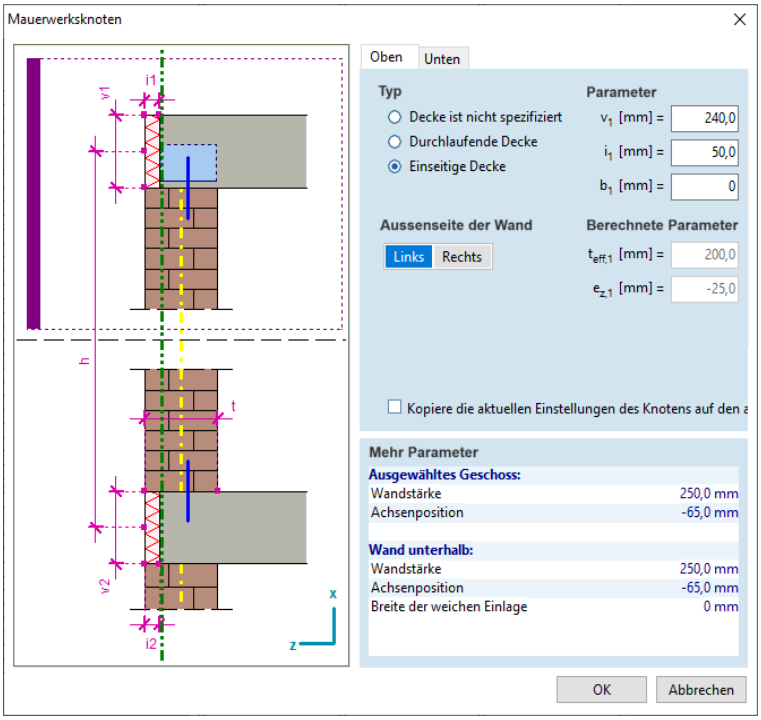
☞ ***Falls die Norm SIA 266 ausgewählt ist können nur konstante Spannungsverteilung berücksichtigt werden.***

Seismisch

Für mehr Details über den Koeffizient der seismsichen Kraft **siehe...** *4.10.24 Erdbebenbemessung – SE1 Modul*.

Anschlusseinstellungen

Die Verbinungsparameter können im Fenster *Mauerwerksanschlüsse* spezifiziert werden:



Die zwei Skizzen zeigen die obere und untere Mauerwerksanschlüsse. Klicken Sie auf die obere oder untere um den aktiven Anschluss zu ändern. Der gestrichelte purpurne Rahmen zeigt welcher Anschluss aktiv ist. Parameter des aktiven Anschlusses können rechts verändert werden.

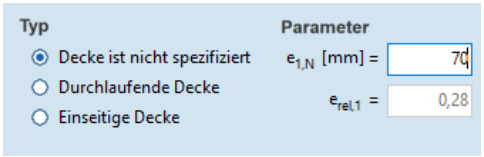
☞ ***Wird die Maus über die obere oder untere Mauerwerkswandanschlüsse im Fenster Bemessungsüberprüfung von Mauerwerkswänden bewegt, verändert sich der Zeiger zu einem Handsymbol. Durch einen Doppelklick öffnet sich der Dialog Mauerwerksanschlüsse.***

Plattentyp

Mögliche Typen sind: Platte nicht definiert, durchgehende Platte, einseitige Platte. Weitere Parameter hangen vom definierten Typ ab. Die tiefen Indizies geben die Anschlussposition an (1 = oben; 2 = unten).

Platte nicht definiert

Die Option *Platte nicht definiert* kann benutzt werden, wenn der Benutzer die Parameter der Platte nicht definieren will.



Optionale Parameter:

$e_{1,N}$ ist die Exzentrizität der Plattenreaktion (enstammt vom 'Sprung' in der Axialkraft oder der Differenz der Axialkraft der nachfolgenden Stockwerke.). (Dieser Parameter ist nur für obere Anschlüsse verfügbar. Das Vorzeichen der Exzentrizität ist nach dem Koordinatensystem des virtuellen Streifen gewählt.

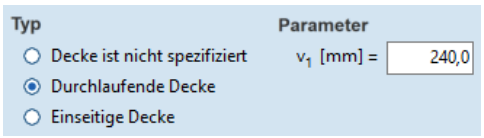
$e_{rel,1}$ ist die relative Exzentrizität basierend auf der Wanddicke (berechnet).

☞ ***Die berechnete raltive Exzentrizität wird nach den gesetzten Grenzen im Dialog Bemessungsparameter ohne der Berücksichtigung der (anderen) inneren Kräfte, welche die Exzentrizität der Plattenreaktion reduzieren, überprüft.***

In der Verifikation des oberen Schnittes ist die effektive Wanddicke identisch zu der Wanddicke der Stockwerke. Diese Regel ist auch für den unteren Schnitt gültig, falls jedoch die Wanddicke unterhalb des untersuchten Stockwerkes kleiner ist als die Wnaddicke des aktuellen Stockwerkes, dann wird nur die untere Wanddicke in der Berechnung berücksichtigt.

Durchgehende Platte

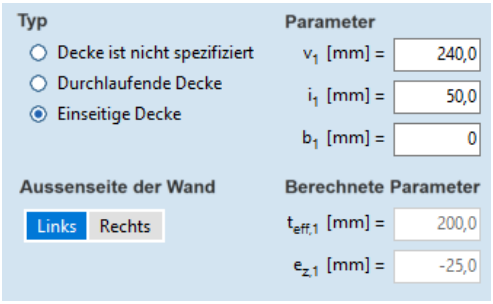
Im Falle von *durchgehenden Platten* wird angenommen, dass die Plattereaktionslasten zentrisch sind. Die Stockwerkshöhe wird unter Berücksichtigung der Plattendicke berechnet.



Optionale Parameter:

- *v* ist die Plattendicke.

Einseitige Platte



Die Exzentrizität der Plattenreaktion wird unter Berücksichtigung der Anschlussparameter (z.B. Dicke der Wärmedämmung) und des Spannungsverteilungstypen, wie oben beschrieben, berechnet. Die Stockwerkshöhe wird unter Berücksichtigung der Plattendicke berechnet.

Optionale Parameter:

- *v* ist die Plattendicke,
- *i* ist die Dicker der Wärmedämmung,
- *b* ist die Breite der weichen Einlage (nur für obere Anschlüsse)
- *Äussere Wandseite (Links/Rechts)* unter Einverständnis des lokalen Koordinatensystems des ausgewählhten virtuellen Streifens.

Falls der Haken bei der Option im Fenster Mauerwerkswand *Berechnung der zusätzlichen Biegemomenten* gesetzt ist, zeigt die Software die definierte Spannungsverteilung auf der Zeichnung.

Berechnte Parameter

Die Software berechnet und zeigt die folgenden Parameter:

- t_{eff} ist die effektvie Dicke (unter Berücksichtigung der Dicke der Wärmedämmung der der Breite der weichen Einlage)
- e_z ist die Differenz zwischen der Mitte der effektiven Fläche und der Wandmitte.

Kopieren der aktuellen Anschlusseinstellung

Durch das Verwenden der Option *Kopieren der aktuellen Anschlusseinstellungen zum verbunden Anschluss* können die definierten Parameter zum gegenüberliegendne Anschluss des Stockwerkes kopiert werden.

Zusätzliche Paramter

Die Liste *Zusätzliche Parameter* zeigt relevante Parameter, welche nicht in der Zeichnung ersichtlich sind.

Symbolleiste

Zur Zeichnungsbibliothek speichern

Speichert die Zeichnung zur Zeichungsbibliothek.



Bemessungsparameter von Mauerwerkswänden

siehe... *6.9.1.6 Resultate.*



Bemessungsresultate

siehe... *6.9.1.6 Resultate.*



Bemessungsberechnungen

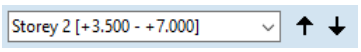
siehe... *6.9.1.6 Resultate.*



Zwischen Stockwerken wechseln

Das zu untersuchende Stockwerk kann von der unteren Liste ausgewählt werden. Die Pfele neben der Liste können für das wechseln der Stockwerke benutzt werden.



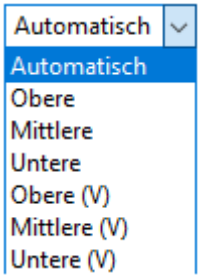


Lastfall / -kombination

In der Dropdown Liste der Lastkombinationen kann der Benutzer die anzuzeigenden Lastfälle auswählen.

Interpretation des Resultates im Falle von kritischen Kombinationen oder der Umhüllenden.

Das Auswählen der *kritischen Kombinationen oder der Umhüllenden* führt dazu, dass das angezeigte Resultat zu den Lastfällen oder -kombinationen gehört, was zur maximalen Ausnutzung basierend auf den Resultaten aller Querschnitte führt. Dies ist der Standardmodus der Opertaionen, genannt Auto.
Es besteht die Möglichkeit, dass die maximale Ausnutzung jedes Referenzuerschnittes von verschiedenen Kombination kommt, was zu Missverständnissen führen kann, falls das Resultat nicht genau analysiert wird.
Um die maximale Ausnutzung einer bestimmten Referenzschnittes anzuzeigen, wählen Sie eine Referenzquerschnitt von der Dropdown Liste aus.



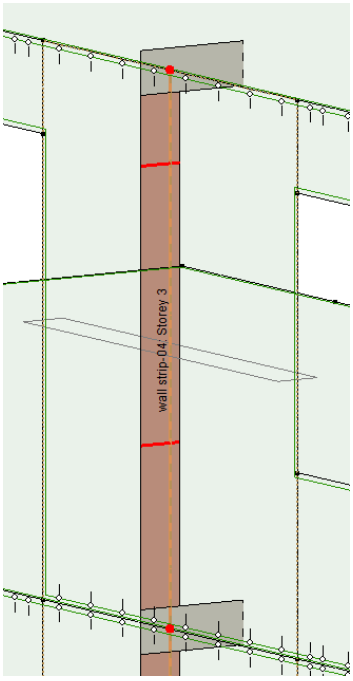
Die Kombination mit der maximalen Ausnutzung wird oberhalb der Diagramme der inneren Kräfte angezeigt.

☞ ***Anmerkung: Falls mehrere verschiedene Lastkombinationen betrachtet werden, kann das kontinuierliche Diagramm der inneren Kräfte nicht gezeichnet werden und nur die Resultate der verbunden Lastkombination kann verglichen und zusammen interpretiert werde.***

Die Gesamtergebnisse der Schnitte kann in der *Ergebnisstabelle* gleichzeitig verglichen und überprüft werden.

☞ ***Der Bericht der Bemessungsberechnungen benutzt die Referenzposition oder die Funktion Auto, welche hier ausgewählt wurde. Die Funktion Auto wird benutzt, wenn der Bericht der Bemessungsberechnungen durch den Dialog Mauerwerkswände kreiert wurde.***

6.9.1.5. Anzeigen der Mauerwerkswände im Modell



Basierend auf den definierten oder automatisch zugewiesenen Werten zeigt die Software den Vertikalschnitt der Wand. Dies kann helfen die Anschlussparameter zu kontrollieren und um das Koordinatensystem des Streifens zu interpretieren.

Rote Kreise auf der Achse des virtuellen Streifens zeigen die Grenzen des definierten Stockwerkes.

Dicke rote Linien im Schnitt zeigen die Position des oberen und unteren Referenzquerschnittsets für die Schubbemessung.

6.9.1.6. Resultate

Bemessungsresultate von Mauerwerkswändne sind auf verschiedenen Weisen erhältlich.

Resultatkontrollen

Die Resultatszusammenfassung der untersuchten Stockwerke werden im Reiter *Resultate* im Fenster *Bemessungsüberprüfung von Mauerwerkswänden* aufgelistet. Falls irgendwelche Fehler während der Bemessungsüberprüfung auftreten, zeigt das Modul den Ursprung des Fehlers.

Der Inhalt des Resultatreiters hängt von der momentanigen Norm ab. Im Falle von *SIA* und *NTC* werden die interpolierten Bemessungskurve ebenfalls angezeigt.

Ohne Schubbemessung

Falls Schubbemessung nicht notwendig ist, wird die Resultatstafel wie folgt angezeigt:

Eurocode

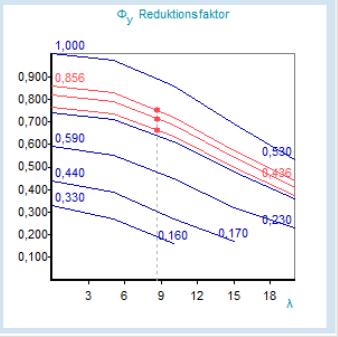
Schnittkräfte | Ergebnisse

Resultatzusammenstellung	
Massgebender Schnitt	Mittlere
Ausnutzung	0,136
	erfüllt!
Obere	
N_{1d}	-137,124 kN
M_{1d}	-0,171 kNm
$e_0 = e_{1d} + e_{he}$	1,2 mm
Δz	0 mm
$e_{0,1}$	1,2 mm
e_{init}	±6,1 mm
e_{min}	±12,5 mm
e_1	12,5 mm
e_1/t	0,050
ϕ_1	0,900
N_{Rd1}	1225,125 kN
Ausnutzung	0,112
	erfüllt!
Mittlere	
N_{md}	-152,056 kN
M_{md}	-0,264 kNm
$e_0 = e_{md} + e_{he}$	1,7 mm
e_{init}	±6,1 mm
e_m	7,9 mm
e_k	±0 mm
e_{min}	±12,5 mm
$e_m k$	12,5 mm
$e_m k/t$	0,050
ϕ_m	0,822
N_{Rdm}	1118,814 kN
Ausnutzung	**0,136**
	erfüllt!
Untere	
N_{2d}	-164,043 kN
M_{2d}	0,028 kNm
$e_0 = e_{2d} + e_{he}$	-0,2 mm
Δz	0 mm

NTC

Schnittkräfte | Ergebnisse

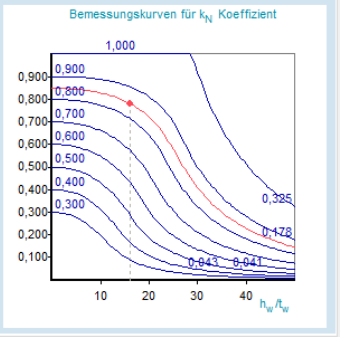
Resultatzusammenstellung	
Massgebender Schnitt	Untere
Ausnutzung	0,292
	erfüllt!
Obere	
N_{1d}	-89,961 kN
M_{1d}	0,433 kNm
e_0	-4,8 mm
Δz	0 mm
$e_{0,1}$	-4,8 mm
e_a	±17,5 mm
e_{min}	±17,5 mm
e_1	-22,3 mm
e_1/t	0,059
ϕ_1	0,711
N_{Rd1}	372,838 kN
Ausnutzung	0,241



SIA 266

Schnittkräfte | Ergebnisse

Resultatzusammenstellung	
Lastkombination	ULS
Massgebender Schnitt	Obere
Ausnutzung	0,342
	erfüllt!
Obere	
N_{xd}	-233,758 kN
M_{yd}	-4,447 kNm
e_z	19,0 mm
e_z/t_w	0,076
$Max(e_z/t_w)$	0,350
Spannungsbegrenzung	
e_0	19,0 mm
e_0/a	0,076
$Max(e_0/a)$	0,375
t_{nom}	212,0 mm
$N_{Rd,nom}$	741,834 kN



Resulatate im Falle von Schubbemessung

Im Falle von Schubbemessung kann der Benutzer zwischen Resultattypen wählen. Zusammenfassung oder detailierte Resultate von verschiedenen Verifikationen können angezeigt werden.

Die horizontale Symboleiste am oberen Ende fasst die Bemessungsresultate in den Referenzquerschnitten, *1, m, 2* und 1_v, m_v, 2_v zusammen (**siehe...** *6.9.1.4 Nachweis von Mauerwerkwänden, Definition von Bemessungs- und Anschlussparameter*). Der Hintergrund der verifizierten Schnitte ist Grau, durchgefallene Schnitte sind Rot. Die markierten Position ist Blau, falls der Schnitt verifiziert ist andernfalls bleibt es Rot. Die Schriftfarbe der markierten Position ist immer Weiss.

Im Falle vom *Eurocode* sind die folgenden Optionen verfügbar.

Zusammenfassung | 1 | m | 2 | 1_v | m_v | 2_v

Resultatzusammenstellung	
Querschnitt	-
Max. Ausnutzung	-
	nicht erfüllt!
Querschnitte	
Obere (1)	
Grenzwertkontrolle	N-M_y
Max. Ausnutzung	0,026
Mittlere (m)	
Grenzwertkontrolle	N-M_y
Max. Ausnutzung	0,146
Untere (2)	
Grenzwertkontrolle	N-M_y
Max. Ausnutzung	0,212
Obere (1_v)	
Grenzwertkontrolle	-
Max. Ausnutzung	-
Mittlere (m_v)	
Grenzwertkontrolle	V (N-M_y-M_z)
Max. Ausnutzung	1,471
Untere (2_v)	
Grenzwertkontrolle	V (N-M_y-M_z)
Max. Ausnutzung	1,107

Zusammenfassung | 1 | m | 2 | 1_v | m_v | 2

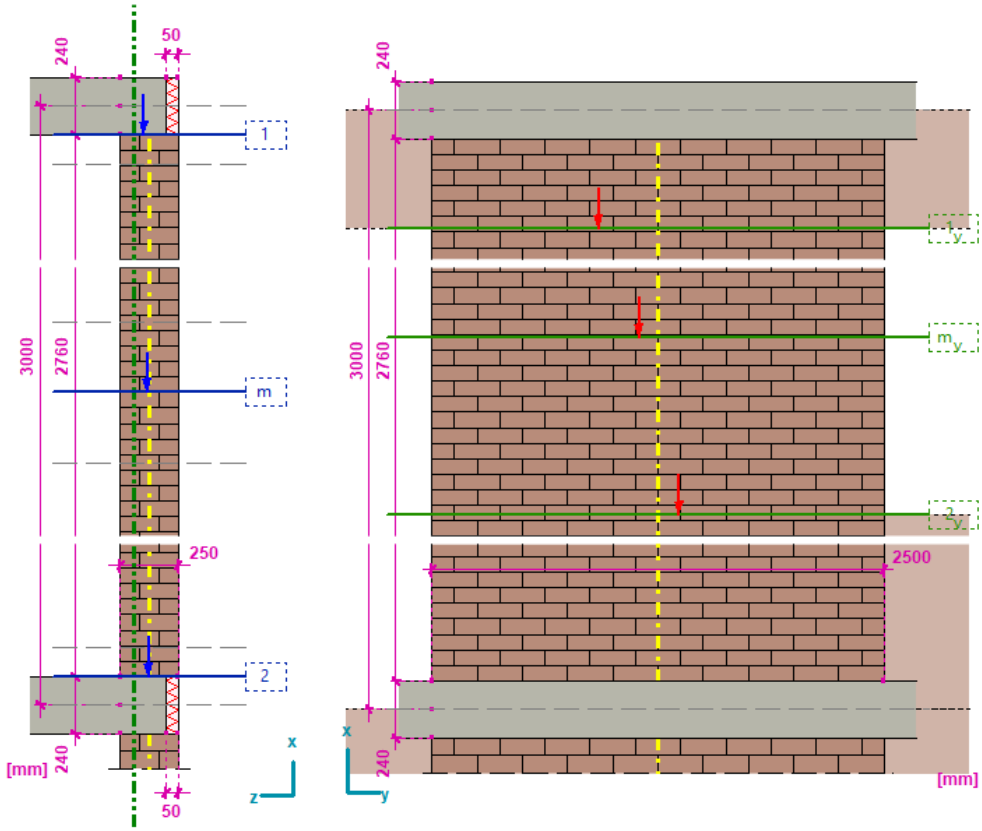
Resultatzusammenstellung	
Querschnitt	Mittlere (m_v)
Grenzwertkontrolle	V (N-M_y-M_z)
Max. Ausnutzung	1,471
	nicht erfüllt!
Bemessungsbeanspruchungen	
N_{md}	-74,013 kN
V_{md}	-36,237 kN
$M_{md,y}$	-0,439 kNm
$M_{md,z}$	19,258 kNm
N-M_y-M_z	**Normalkraft-Biegung**
$e_m k_{,z}$	12,5 mm
$e_m k_{,y}$	271,5 mm
$\Phi_{m,y}$	0,822
$\Phi_{m,z}$	0,638
N_{Rdm}	356,920 kN
Ausnutzung	0,207
V (N-M_z)	**Schubnachweis**
t_{nom}	250,0 mm
l_c	1469,4 mm
f_{vd}	0,09 N/mm²
V_{Rdm}	33,170 kN
Ausnutzung	1,092
V (N-M_y-M_z)	**Schubnachweis**
t_{nom}	205,5 mm
l_c	957,1 mm
f_{vd}	0,13 N/mm²
V_{Rdm}	24,635 kN
Ausnutzung	1,471

Zusammenfassung | 1 | m | 2 | 1_v | m_v | 2_v

Resultatzusammenstellung	
Querschnitt	Mittlere (m)
Grenzwertkontrolle	N-M_y
Max. Ausnutzung	0,146
	erfüllt!
Bemessungsbeanspruchungen	
N_{md}	-81,460 kN
V_{md}	-35,410 kN
$M_{md,y}$	-0,087 kNm
$M_{md,z}$	6,562 kNm
N-M_y	**Normalkraft-Biegung**
$e_m k_{,z}$	12,5 mm
$\Phi_{m,y}$	0,822
N_{Rdm}	559,407 kN
Ausnutzung	0,146

Anzeige der Resultate im Vertikalschnitt oder der Seitenansicht

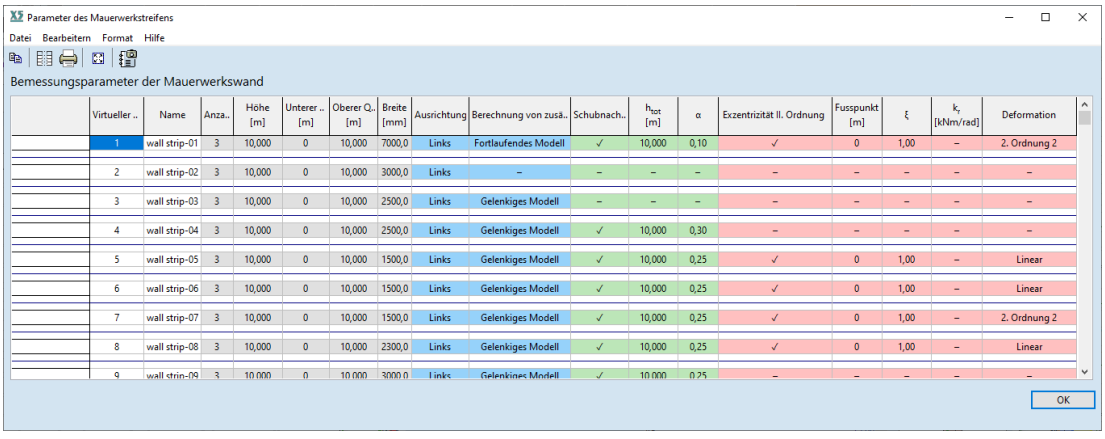
Bei jedem Referenzquerschnitt zeigt das Programm, auf der Referenzlinie, den Wirkungspunkt der Vertikalkraft basierend auf den inneren Kräften an (die Exzentrizität enthält nicht die Exzentrizität erster Ordnung / minimale Exzentrizität).
Falls der Widerstand des Wandschnittes zulässig ist, wird die Farbe des Pfeils Blau, andernfalls ist er Rot.
Falls der vertikale Widerstand nicht berechnet werden kann, wird der Pfeil nicht dargestellt.



Tabellen

Tabellen von globalen Bemessungsparametern

Tabellen von *globalen Bemessungsparametern* sind vom Dialog *Bemessungsüberprüfung von Mauerwerkswänden* verfügbar und zeigen die Bemessungsparametern, welche zu Mauerwerkswandstreifen zugeordnet sind, an.



	Virtueller ..	Name	Anza..	Höhe [m]	Unterer .. [m]	Oberer Q.. [m]	Breite [mm]	Ausrichtung	Berechnung von zusä..	Schubnach..	h_{tot} [m]	α	Exzentrizität II. Ordnung	Fusspunkt [m]	ξ	k_r [kNm/rad]	Deformation
	1	wall strip-01	3	10,000	0	10,000	7000,0	Links	Fortlaufendes Modell	✓	10,000	0,10	✓	0	1,00	–	2. Ordnung 2
	2	wall strip-02	3	10,000	0	10,000	3000,0	Links	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	3	wall strip-03	3	10,000	0	10,000	2500,0	Links	Gelenkiges Modell	–	–	–	–	–	–	–	–
	4	wall strip-04	3	10,000	0	10,000	2500,0	Links	Gelenkiges Modell	✓	10,000	0,30	–	–	–	–	–
	5	wall strip-05	3	10,000	0	10,000	1500,0	Links	Gelenkiges Modell	✓	10,000	0,25	✓	0	1,00	–	Linear
	6	wall strip-06	3	10,000	0	10,000	1500,0	Links	Gelenkiges Modell	✓	10,000	0,25	✓	0	1,00	–	Linear
	7	wall strip-07	3	10,000	0	10,000	1500,0	Links	Gelenkiges Modell	✓	10,000	0,25	✓	0	1,00	–	2. Ordnung 2
	8	wall strip-08	3	10,000	0	10,000	2300,0	Links	Gelenkiges Modell	✓	10,000	0,25	✓	0	1,00	–	Linear
	9	wall strip-09	3	10,000	0	10,000	3000,0	Links	Gelenkiges Modell	✓	10,000	0,25	–	–	–	–	–

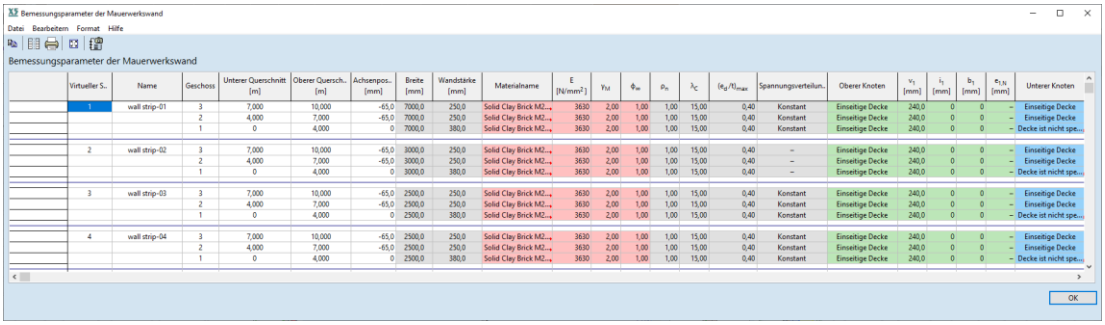
Die Tabelle kann gespeichert und in der Dokumentation angefügt werden.

Bemessungsparameter von Mauerwerkswänden

Die Tabelle der *Bemessungsparameter von Mauerwerkswänden* ist entweder von dem Dialog *Bemessungsüberprüfung von Mauerwerkswänden* oder *Mauerwerkswände* verfügbar. Diese Tabelle zeigt die definierten oder automatisch zugewiesenen Parametern.



Falls die Tabelle durch das Fenster *Mauerwerkswand* geöffnet wurde, fasst es die Parameter aller Mauerwerkswände im Modell zusammen, andernfalls nur die Parameter des untersuchenden virtuellen Streifens mit seinen Stockwerken.

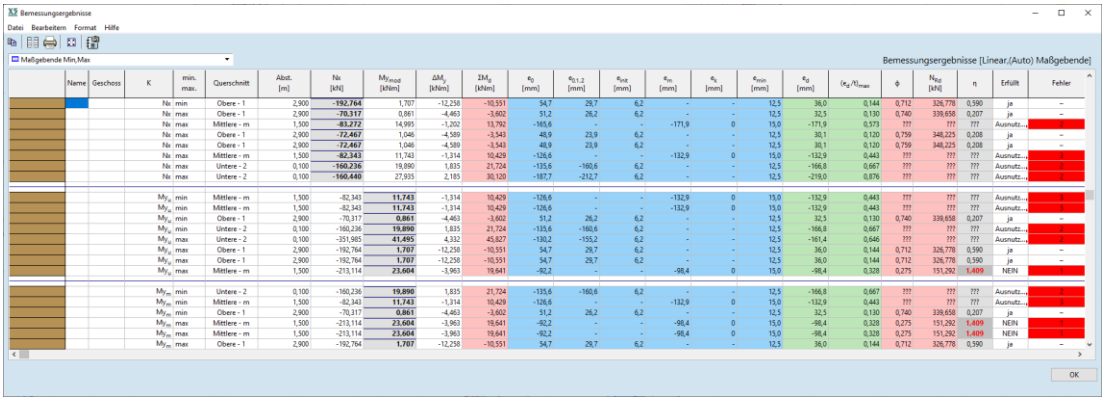


Die Tabelle kann gespeichert und in der Dokumentation angefügt werden.

Bemessungsresultate



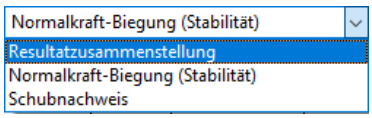
Die Tabelle *Bemessungsresultate* ist entweder durch den Dialog *Bemessungsüberprüfung von Mauerwerkswänden* oder durch *Mauerwerkswände* verfügbar. Falls die Tabelle durch das Fenster *Mauerwerkswände* geöffnet wurde, kann Lastfälle/ -kombinationen, Umhüllende oder automatisch kritische Lastkombinationen von der Listbox ausgewählt werden, was in der Bemessungsüberprüfung berücksichtigt wird. Nach dem Modifizieren der Auswahl in der Listbox führt das Fenster automatisch die Bemessungsüberprüfung durch, welcher nur ein paar Sekunden benötigt. Ohne Schubbemessung sieht die Tabelle folgendermassen aus:



Die Tabelle kann gespeichert und in der Dokumentation angefügt werden.

Falls Schubbemessung gefordert ist, wird die Tabelle wegen den vielen Überprüfungen anderst aufgebaut. Resultattyp kann von der Dropdown Liste über der Tabelle ausgewählt werden.

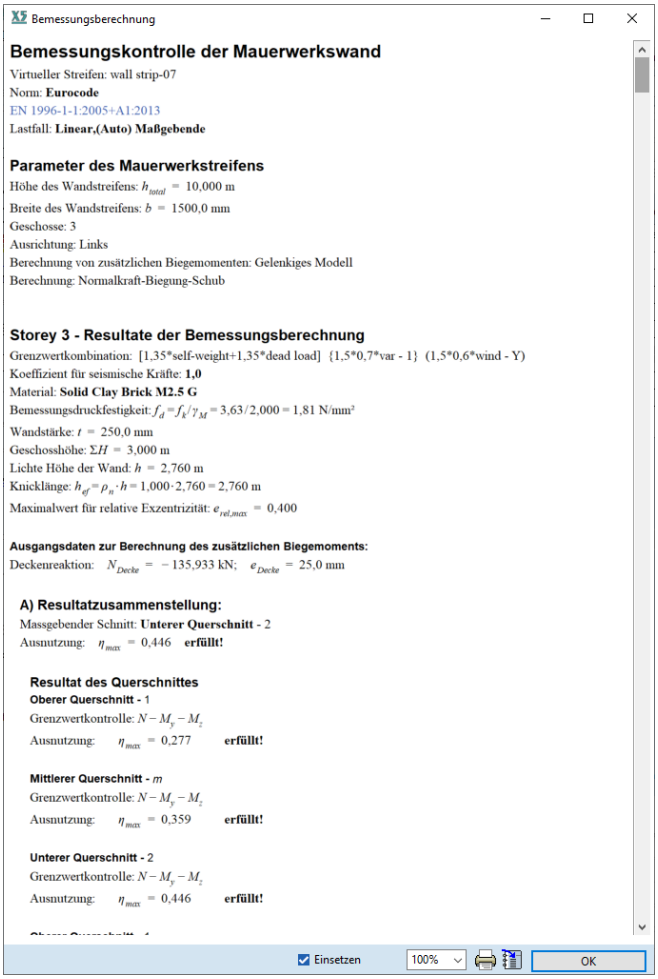
Im Falle von *Eurocode* sind die folgenden Resultattypen verfügbar (Resultatzusammenfassung, Axialkraft – Biegung (Stabilität), Schubüberprüfung).



Bemessungsberechnungen

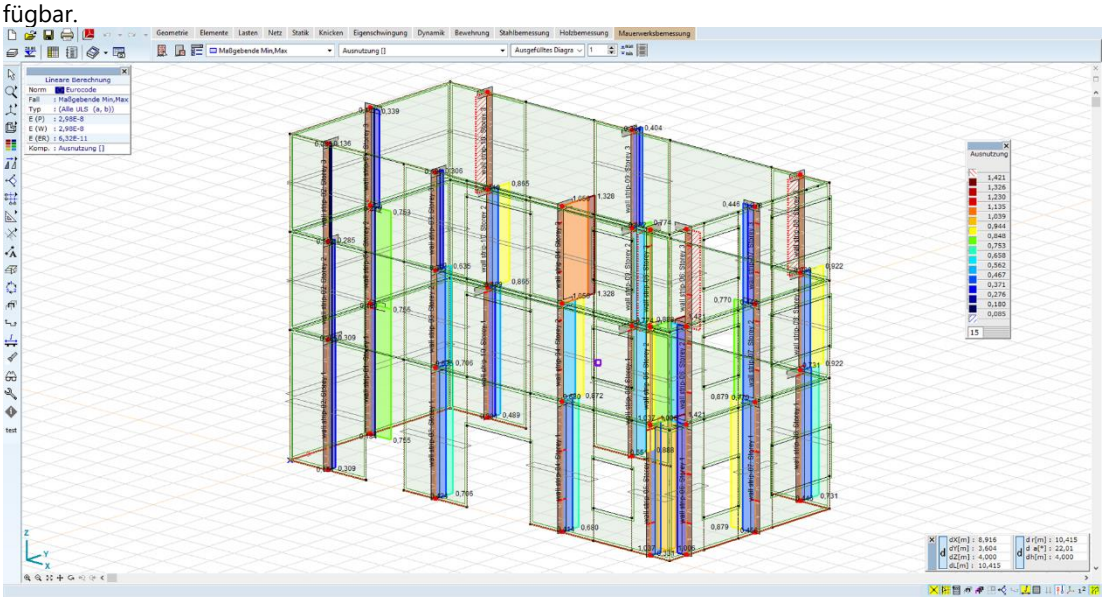


Klicken Sie auf die Taste *Bemessungsberechnungen* um die Bemessungsdetails zu sehen. Die Berechnung kann im Bericht gespeichert werden. Die *Bemessungsberechnungen* sind via die Bemessungsüberprüfung durch die Fenster *Bemessungsüberprüfung von Mauerwerkswänden* und *Mauerwerkswände* verfügbar. Falls es durch das Fenster *Mauerwerkswände* geöffnet wurde, fasst es die Bemessungsdetails für die markierten Stockwerke des eigentlichen Mauerwerkswandstreifens zusammen.
Falls es durch das Fenster *Bemessungsüberprüfung von Mauerwerkswänden* geöffnet wurde, werden nur die Bemessungsresultate des untersuchten Stockwerkes zusammengefasst.
Falls die Schubbemessung angeordnet ist, enthält die Bemessungsberechnung mehr Berechungseinheiten und erscheint in einer komplexeren Form. Klicken Sie auf das Symbol *Bemessungsberechnung* um die einzubeziehenden Elemente in die Dokumentation festzulegen:
Falls die Position des Referenzschnittes oben ($1 - 1_v$), mittig (m - m_v), oder unten (2 - 2_v) übereinstimmen, werden nur die Resultate des kritischen Schnitte detailiert angezeigt.



Resultatkomponente der Mauerwerkswandausnutzung.

Falls Mauerwerkswandparameter zu virtuellen Streifen im Modell zugewiesen werden und statisch (linear/nicht linear) oder dynamische Resultate verfügbar sind, wird eine neue Resultatkomponente im Reiter *Mauerwerkswandbemessung*, welcher mit den Bemessungsüberprüfungsresultaten verbunden ist, verfügbar.



Falls die Ausnutzung in einem Stockwerk nicht berechnet werden kann, zeigt das Programm eine rot gestrichelte Linie auf der negativen Seite des Diagrammes an, um den Fehler anzudeuten.

Ergebnisse in den Tabellen

Ergebnisse der Bemessung sind in den gleichen Tabellen (**siehe...** *2.9 Tabellen*), wo auch die Ergebnisse aller Stahlbetonwände in Übersichtstabellen verfügbar ist.

6.9.1.7. Prinzipien der Überprüfung

Überprüfung

Die Software kann zwei veschiedene Typen der Analyse mit folgenden Einschränkungen durchführen:

A. Bemessungsüberprüfung von Mauerwerkswänden, welche hauptsächlich unter der Einwirkung von vertikalen Lasten stehen.
In dieser Überprüfung werden nur die ausserhalb der Ebene Exzentrizitäten berücksichtigt, Schubbemessung ist nicht inbegriffen. Die Verifikation basiert auf dem Referenzquerschnitt, angeschrieben mit *1, m, 2*. (Nur die Exzentrizitäten lotrecht zu der Ebene der Wand werden berücksichtigt, ohne Beachtung der Mächtigkeit des Wandstreifens, zweidimensionale Exzentrizitäten können nicht analysiert werden.)

B. Bemessungsüberprüfung von aussteifenden Mauerwerkswänden, welche eine komplexe Stabilitätsanalyse unter Berücksichtigung der ausserhalb der Ebene und in der Ebene Exzentrizitäten der Axialkraft enthält und ebenfalls eine in der Ebene Schubbemessung.
Diese Verifikation ist durch den Referenzquerschnitt, 1_v, m_v, 2_v betroffen, jedoch wird sie nur ausgeführt, wenn die Schubbemessung gefordert ist.

- Die Zugkraft des Mauerwerkes senkrecht zu den Lagerfugen ist Null.
- Nur einflügelige Wände können mit konstanter Wanddicke entlang eines Stockwerkes überprüft werden.
- Die zusätzlichen Biegemomente, welche aus den Einstellungen der Exzentrizitätseffekten (Ausrichtung der Wände infolge verschiedenen Wanddicken, Mauerwerksanschlusseinstellungen, Spannungsverteilungen unterhalb der Plattenreaktion) kommen, können nur durch Vereinfachungsmodelle berechnet werden, falls das Resultat des Modells keine davon enthält. Die Veränderung in der Steifigkeit infolge Exzentrizitätseffekten kann nicht berücksichtigt werden.

Berechnung der Bemessungsschnittgrössen

Die Schnittgrössen des virtuellen Streifens werden durch Integration der inneren Kräfte des Bereiches unter Berücksichtigung der totalen Streifenbreite berechnet.

Die Bemessungsaxial-, Bemessungsschubkraft und in der Ebene Bemessungsbiegemomente sind gleich wie die identischen inneren Kräfte des virtuellen Streifens (N_x, V_y und M_z).

Die ausserhalb der Ebene Bemessungsbiegemomente sind die Summer der Momenten des virtuellen Strefiens M_y und den zusätzlichen Biegemomentene berechnet durch die Annäherungsmodellen.

Die verfügbaren Annäherungsmodelle sind die folgenden:

Gelenkiges Modell:

Dies ist ein Modell eines einfachen Balkens mit gelenkigen Lagern unten. Die Wand ist auf jedem Stockwerk lateral gestützt.

Kontinuierliches Modell:

Die zusätzlichen Biegemomente werden mit einem kontinuierlichem Balkenmodell, welches Wände beinhaltet, berechnet. Die Wände sind auf jedem Stockwerk lateral gestützt und die unteren Anschlüsse des unteren Stockwerkes sind als eingespannt angenommen.

☞ ***In diesen Modellen wird nur die lineare Steifigkeitseigenschaften der Wand berücksichtigt und die Steifigkeit wird als konstant über das Stockwerk angenommen. Die verschiedenen Steifigkeiten der verbunden Platten und lateralen Lagern kann nicht berücksichtigt werden.***

☞ ***In der Norm SIA sind nur gelenkige Modelle verfügbar.***

Normspezifikationen

Die spezifischen Verifikationsregeln der verfübaren Normen **siehe…** *6.9.1.8…6.9.1.10*

6.9.1.8. Nachweis nach Eurocode 6

Namenskonvention

Es werden sechs verschiedene Referenzschnitte während der Bemessungsüberprüfung unterschieden:

- Die Referenzschnitte *1, m, 2* sind identisch zu den Bemessungsschnitten, welche im *Kaptiel* 6.1 im Eurocode (oberer, mittlerer und unterer Schnitt);
- Die Schnitte 1_v, m_v, 2_v sind die oberen, mittleren und unteren Schnitte für die Schubbemessung.

Stabilitätsüberprüfung

Im Falle eines Referenzschnitte mit *1, m* und *2* werden nur ausserhalb der Ebene Exzentrizitäten der Axialkraft in der Analyse in Betracht gezogen. Bei den Schnitten 1_v, m_v, 2_v werden beide Exzentrizitäten (ausserhalb der Ebene und in der Ebene) beachtet. Die zwei Fälle werden weiter unten zusammen diskutiert.

Generelle Prinzipien

Das Programm führt die folgenden Verifikationen nach den generellen Prinzipien der Norm (*Kapitel 6.1)* durch:

Der Widerstand des Wandschnittes ist ausreichend wenn das Kriterium:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

und die detaillierten Regeln erfüllt sind.

Die folgenden Formel wird angewendent, um den vertikalen Widerstand der Wand zu bestimmen:

$$\mathrm{N}_{Rd} = \Phi_y \cdot \Phi_z \cdot t \cdot b \cdot f_d$$

Wo Φ_y und Φ_z die Reduktionsfaktoren respektiv der y und z-Richtung sind. (Im Falle der Referenzschnitte *1, m, 2* ist der Kapazitätsreduktionsfaktor Φ_z = 1, da die in der Ebene Exzentrizität nicht berücksichtigt wird.

Der Kapazitätsreduktionsfaktor für den oberen und unteren Schnitt wird durch die effektive Wanddicke – t_{eff} berechnet (siehe Mauerwerksanschlusseinstellungen).

Falls der obere 1_v oder der untere 2_v Querschnitt an einen Rand einer Aussparung angepasst wird und die Distanz zwischen dem Referenzquerschnitt (1_v *oder* 2_v) und der Spitze/Boden der Wand grösser als die Wanddicke im Falle der Schubbemessung ist, der Schnitt wird als mittlerer Schnitt in der Verifikation betrachtet. Der Referenzquerschnitt m_v ist immer als 'mittlerer' Schnitt betrachtet.

Die Bemessungsdruckfestigkeit ist: $f_d = f_k/\gamma_M$

Falls die Querschnittsfläche des Wandstreifens kleiner als 0.01 m^2 ist, sollte die Bemessungsdruckfestigkeit verkleinert werden: $\mathrm{f}_{d,red} = f_d \cdot (0{,}7 + 3A)$, wobei A die belastete horizontale Bruttoquerschnittsfläche der Wand, ausgedrückt in Quadratmeter, ist.

Im Modul können nur die Querschnittsflächen des virtuellen Streifen in Betracht gezogen werden, unäbhängig der totalen Breite des betrachteten Bereiches.

Überprüfung des obere und untere Wandendes

Die Bemessungsexzentrizitäten, der Reduktionsfaktor und der vertikale Widerstand der Schnitte werden wie folgt berechnet:

Ausserhalb der Ebene Exzentrizitäten

Die Bemessungsexzentrizität wird durch die folgende Formel berechnet:

$$e_{i,z} = \frac{M_{id,y}}{N_{id}} + e_{he,z} + e_{init,z} \geq 0{,}05 \cdot t$$

Wo $e_{i,z}$ die Exzentrizität am oberen (i=1) oder unteren (i=2) Wandendes ist.

Das Programm unterscheidet die Exzentrizitäten nicht abhängig des Belastungstypes (vertikale/horizontal) und zeigt die Summe dieser in der Berechnung wie folgt. Die Exzentrizitäten der inneren Kräfte werden zu der Wandachse wie folgt berechnet:

$$e_{0,z} = \frac{M_{id,y}}{N_{id}} + e_{he,z}$$

In der Verifikation verwendet das Programm reduzierte Wanddicken (t_{eff}), falls nicht der ganze Schnitt belastet wird (aufgrund der Mauerwerksanschlusseinstellungen). In diesem Fall wird die Exzentrizität zu der Achse der effektiven Wanddicke berechnet:

$$e_{0,i,z} = e_{i,z} - \Delta z$$

Wo Δz die Differenz zwischen der Wandachse und der effektiven Wanddicke ist.

(Falls die Wanddicke t nicht aufgrund der Anschlusseinstellugnen reduziert wird, dann gilt $t_{eff} = t$ und $e_{0,i,z} = e_{0,z}$.

Unter Berücksichtigung der Normregeln und der vorangegangenen Formeln kommt die Bemessungsexzentrizität vom folgendem Ausdruck:

$$e_{i,z} = e_{0,i,z} + e_{init,z} \geq 0{,}05 \cdot t_{eff}$$

Die Exzentrizität erster Ordnung wird über die schwache Achse relativ zur Achse der effektiven Dicke berechnet. Die minimale Exzentrizität wird durch t_{eff} berechnet.

Der Kapazitätsreduktoinsfaktor $\Phi_{i,y}$ wird wie folgt berechnet:

$$\Phi_{i,y} = 1 - \frac{2 \cdot e_{i,z}}{t_{eff}}$$

In der Ebene Exzentrizität

Die Bemessungsexzentrizität wird mittels nächster Formel berechnet:

$$e_{i,y} = e_{0,i,y} + e_{init,y} + e_{\Delta 2,y}$$

Wo $e_{i,y}$ die in der Ebene Exzentrizität der Axialkraft in y-Richtung ist.

Die Exzentrizität erster Ordnung $e_{init,y}$ wird nach den Regeln des *Kapitel 5.3* in *EN 1996-1-1 5.3* unter Berücksichtigung der anfänglichen Neigung des Gebäudes und der globalen Bemessungsparamerter der Mauerwerksstreifen berechnet.

Die Exzentrizität zweiter Ordnung $e_{\Delta 2,y}$ wird nach *Annex B* of *EN 1996-1-1* berechnet.

Diese zusätzlichen Exzentrizitäten werden über die schwache Achse berücksichtigt.

Der Kapazitätsreduktionsfaktor $\Phi_{i,z}$ wird wie folgt berechnet:

$$\Phi_{i,z} = 1 - \frac{2 \cdot e_{i,y}}{b}$$

wo b die ganze Breite der Wand (des Wandstreifens) ist.

Im Falle von seismischen Kombinationstypen berechnet das Programm nicht automatisch Exzentrizitäten zweiter Ordnung. Dies kann berücksichtigt werden indem der plastische Stabilitätsindex, welcher in der Tabelle *Seismische Sensibilität der Stockwerke* und nach der verbundenen Regulationen der Norm *EN 1998-1-1* benutzt wird.

Vertikalen Widerstand

Unter Berücksichtigung der totalen Wandbreite b ist der vertikale Widerstand wie folgt:

$$\mathrm{N}_{Rd,i} = \Phi_{i,y} \cdot \Phi_{i,z} \cdot t_{eff} \cdot b \cdot f_d$$

Überprüfung in der Mitte der Wand

Die Bemessungsexzentrizitäten, der Reduktionsfaktor und der vertikale Widerstand des mittleren Schnittes werden wie folgt berechnet:

Ausserhalb der Ebene Exzentrizität

Die Bemessungsexzentrizitäten werden mittels nachfolgender Formel berechnet:

$$e_{m,z} = \frac{M_{md,z}}{N_{md}} + e_{hm,z} \pm e_{init,z}$$

Das Programm unterscheidet die Exzentrizitäten nicht abhängig des Belastungstypes (vertikale/horizontal) und zeigt die Summe dieser in der Berechnung wie folgt. Die Exzentrizitäten der inneren Kräfte werden zu der Wandachse wie folgt berechnet:

$$e_{0,m,z} = \frac{M_{md,y}}{N_{md}} + e_{hm,z}$$

und die Exzentrizität aufgrund der Lasten:

$$e_{m,z} = e_{0,m,z} \pm e_{init,z}$$

die Bemessungsexzentrizität ergibt sich dann wie folgt:

$$e_{mk,z} = e_{m,z} + e_{k,z} \geq 0{,}05 \cdot t$$

wo $e_{k,z}$ die Exzentrizität infolge Kriechens ist. Diese muss jedoch nur berücksichtigt werden, falls die Schlankheit der Wand den Grenzwert λ_C überschreitet:

$$\frac{h_{ef}}{t_{ef}} > \lambda_c$$

in diesem Fall gilt:

$$e_{k,z} = 0{,}002 \cdot \phi_\infty \cdot \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{t \cdot e_{m,z}}$$

λ_C ist im National Annex spezifiziert (im Programm kann der Parameter λ_C falls nötig modifiziert werden).

In ***NEN-EN 1996-1-1*** (***Niederländische Norm***) wird das foglende Kriterium berücksichtigt wenn $e_{mk,z}$ berechnet wird:

$$e_{mk,z} = max\left\{e_{m,z} + e_{k,z};\ 0{,}05 \cdot t;\ \frac{h_{ef}}{300}; 10\ \text{mm}\right\}$$

Der Faktor $\Phi_{m,y}$ wird nach Annex G (*G1*...G4) in *EN 1996-1*-1 berechnet.

In der Ebene Exzentrizitäten

Die Bemessungsexzentrizität wird mit nachstehender Formel berechnet:

$$e_{m,y} = e_{0,m,y} + e_{init,y} + e_{\Delta 2,y}$$

wo $e_{m,y}$ die in der Ebene Exzentrizität der Axialkraft in y-Richtung ist.

Die Exzentrizität erster Ordnung $e_{init,y}$ wird durch die Regeln des *Kapitels 5.3* in *EN 1996-1-1 5.3* unter Berücksichtigung der anfägnlichen Neigung und den globalen Bemessungsparametern des Wandstreifen berechnet.

Die Exzentrizität zweiter Ordnung $e_{\Delta 2,y}$ wird nach *Annex B* of *EN 1996-1-1* berechnet.

Diese zusätzlichen Exzentrizitäten werden über die schwache Achse berücksichtigt.

Der Kapazitätsreduktionsfaktor $\Phi_{i,z}$ wird wie folgt berechnet:

$$\Phi_{m,z} = 1 - \frac{2 \cdot e_{m,y}}{b}$$

wo *b* die ganze Breite der Wand (des Wandstreifens) ist.

Im Falle von seismischen Kombinationstypen berechnet das Programm nicht automatisch Exzentrizitäten zweiter Ordnung. Dies kann berücksichtigt werden indem der plastische Stabilitätsindex, welcher in der Tabelle *Seismische Sensibilität der Stockwerke* und nach der verbundenen Regulationen der Norm *EN 1998-1-1* benutzt wird.

Vertikalen Widerstand

Unter Berücksichtigung der totalen Wandbreite *b* ist der vertikale Widerstand wie folgt:

$$\mathrm{N}_{Rd,i} = \Phi_{m,y} \cdot \Phi_{m,z} \cdot t \cdot b \cdot f_d$$

Bemessung und detaillierte Regeln

Die folgenden Regeln werden überprüft:

- Schlankheit der Wand: $\lambda \leq 27$.
- Minimale Wanddicke nach dem National Annex. Es wird nur dann untersucht, wenn ein spezifischer Wert in dem National Annex gegeben ist. Im Fall, dass die minimale Dicke vom Wandtyp abhängt, wendet das Programm nur den kleinsten der gegeben Werte an.

- Minimale Wandfläche: 0,04 m^2.
- Maximale relative Exzentrizität (ist nicht klar reguliert in *EN 1996-1-1*). Im Programm kann der Grenzwert frei gesetzt werden (siehe Bemessungsparameter). Die Standardeinstellugn ist: $e_{rel,max}$ = 0,40 (nu rein Wert kann gegeben werden und dieser wird in allen drei Schnitten berücksichtigt).
  Überprüfung
  - Oberes (i=1) oder unteres (i=2) Wandende:
    $$e_{rel,i} = \frac{e_i}{t_{eff}} \leq e_{rel,max}$$
  - In der Mitte der Wandhöhe:
    $$e_{rel,m} = \frac{e_{mk}}{t} \leq e_{rel,max}$$
  Die relative Exzentrizität wird in beide Richtungen (y und z) überprüft.

Schubbemessung

Schubkapazität wird in den Schnitten 1_v, m_v, 2_v in jedem Stockwerk unter Berücksichtigung der folgenden Prinzipien berechnet.

In der Norm *EN 1996-1-1* bietet die generelle Formel (*Kapitel 6.2, 6.13*) der Schubbemessung keine klaren Instruktionen um die ausserhalb der Ebene Exzentrizitäten der Axialkraft zu berücksichtigen. Aus diesem Grund werden zwei verschiedene Schubbemssungen durchgeführt (*'linear'* und *'mit Interaktion'* Überprüfung) unter welchen die kleinere Schubkapazität als kritisch angeschaut wird. In den Bemessungsberechnungen wird nur die kritische Überprüfung dokumentiert.

Lineare Schubbemessung

Im Fall der *Linearer Schubbemessung* wird die Kapazität durch die detaillierte Formel i Kaptiel *6.2* in *EN 1996-1-1* berechnet. Jedoch wird die ausserhalb der Ebene Exzentrizität der Axialkraft vernachlässigt (als Null angeschaut).

$$V_{Rd,i} = f_{vd} \cdot t \cdot l_c$$

$V_{Rd,i}$ ist der Schubwiderstand des oberen (1_v), mittleren (m_v) und unteren (2_v) Referenzquershnittes (der Index i gibt die poisition des Schnittes an 1, m, 2).

l_c ist die Länge der zusammengedrückten Wand unter linearer Spannungsverteilung.

f_{vd} ist der Bemessungswert der Schubfestigkeit von Mauerwerk basierend auf dem Durchschnitt der vertikalen Spannungen über den zusammengedrückten Teil der Wand.

Schubbemessung mit Interaktion

Im Fall der Schubbemessung mit Interaktion werden Exzentrizitäten in beide Richtungen berücksichtigt und die Länge des zusammengedrückten Teils des Schnittes wird unter Annahme von konstanter Spannugnsverteilung berechnet:

$$V_{Rd,i} = f_{vd} \cdot t_{nom} \cdot l_c$$

$V_{Rd,i}$ ist der Schubwiderstand des oberen (1_v), mittleren (m_v) und unteren (2_v) Referenzquershnittes (der Index i gibt die poisition des Schnittes an 1, m, 2).

t_{nom} ist die Breite des zusammengedrückten Teils der Wand unter Berücksichtigung der ausserhalb der Ebene Exzentrizität.

l_c ist die Länge des zusammengedrückten Zone berechnet über die in der Ebene Exzentrizität.

Basierend auf den Rwsultaten des Stabilitätstests:

$$l_c = \Phi_{i,z} \cdot b$$

$$t_{nom} = \Phi_{i,y} \cdot t$$

f_{vd} ist der Bemessungswert der Schubfestigkeit von Mauerwerk basierend auf dem Mittelwert der vetikalen Belastung über dem zusammengedrücktem Wandteil.

☞ ***Wenn der Widerstand durch die oben genannten Methoden berechnet werden und die Referenzquerschnitte 1_v oder 2_v als 'oberer' oder 'unterer' Schnitt in der Verifikation betrachtet werden, (die Distanz zwischen der oberen/unteren Etage und der Position des Referenzquerschnittes kleiner als die Breite der Wand ist), dann wird die Wanddicke t_{eff} in der Berechnung berücksichtigt.***

Notizen zum Resultat der Schubbemssung

Normalerweise gibt es nur kleine Differenzen zwischen dem Resultat der oben beschriebenen Methoden, jedoch basieren diese auf vielen verschiedenen Parametern. Im Fall der Schubbemessung mit Interaktion wird die zusammengedrückten Fläche kleiner, jedoch kann die Bemessungsschubfestigkeit infolge der grösseren mittleren vertikalen Belastung grösser sein. Die Bemessungschubfestigkeit ist allerdings durch die maximale Schubfestigkeit nach den *National Annexes* begrenzt.

Typischerweise gibt die Schubbemessung mit Interaktion die (kleinere) kritische Kapazität.

Fehlermeldungen

Die folgenden Fehlermessungen können in den Resultaten vorkommen:

Angezeigte Fehlermeldung:	*Interpretation des Fehlers:*
Nicht bestanden!	Der Widerstand der Wand/des Schnittes ist nicht ausreichend.
Die Kraft ist ausserhalb des Querschnittes	Der Angriffspunkt der Vertikalkraft ist ausserhalb des Querschnittes.
Relatvie Exzentrizität ist zu gross.	Die relative Exzentrizität im Querschnitt übersteigt den Grenzwert (siehe *Bemessungsparameter*).
Der Querschnitt ist unter Zugbelastung.	Der Querschnitt ist unter Zugbelastung und somit kann der vertikale Widerstand nicht berechnet werden.
Axiale Druckkraft ist Null.	Die axiale Druckkraft im Querschnitt ist vernachlässigbar klein, kleiner als 0.1 kN.
Schlankheit ist zu gross.	Die Schlankheit der Wand übersteigt den Grenzwert der Norm.
Die Wanddicke ist unzureichend.	Die Wanddicke ist Kleiner als der Grenzwert nach National Annex.
Der Wandschnitt ist unzureichend.	Die Querschnittsfläche der Wand (Querschnitt des virtuellen Streifens) ist kleiner als der Grenzwert der Norm.

6.9.1.9. Nachweis nach NTC

Generelle Prinzipien

Nach den generellen Prinzipien der Norm (*NTC 2018)* muss eine Wand in der Schnitten (oben, mittlere Höhe der Wand und unten), ähnlich zum *Eurocode 6,* überprüft werden.

In der Norm wird die Wand oben und unten gelenkig angenommen. Der Benutzer muss ein solches Modell mit den richtigen Einstellungen, welche die Richtlinien der Normen befolgt, erstellen.

Beschriftung

Es werden sechs verschiedene Referenzquerschnitte in der Bemessungsüberprüfung unterschieden:

- Die Referenzschnitte *1, m, 2* sind identisch zu den Bemessungsschnitten, welche im Kapitel *6.1* im *Eurocode* (oberer, mittlerer und unterer Schnitt) beschrieben sind;
- Schnitte, angeschrieben als 1_v, m_v, 2_v, sind die oberen, mittleren und unteren Schnitte, welche für die Schubbemessung verwendet werden.

Festigkeitsüberprüfung

Im Fall von Referenzschnitte, angeschrieben mit *1, m* und *2,* werden nur die ausserhalb der Ebene Exzentrizitäten der Axialkraft in der Analyse berücksichtigt. In den Schnitten 1_v, m_v, 2_v werden beide Exzentrizitäten (ausserhalb der Ebene und in der Ebene) berücksichtigt. Die zwei Fälle werden weiter unten diskutiert.

Der Widerstand des Wandschnittes ist ausreichend wenn das Kriterium:

$$N_d \leq N_r$$

und die detaillierten Regeln erfüllt sind.

Die folgenden Formel wird angewendent, um den vertikalen Widerstand der Wand zu bestimmen:

$$\mathrm{N}_r = f_{d,rid} \cdot t \cdot b$$

und

$$\mathrm{f}_{d,rid} = \Phi_y \cdot \Phi_z \cdot f_d$$

Wo Φ_y und Φ_z die Reduktionsfaktoren respektiv der y und z-Richtung sind. (Im Falle der Referenzschnitte *1, m, 2* ist der Kapazitätsreduktionsfaktor Φ_z = 1, da die in der Ebene Exzentrizität nicht berücksichtigt wird.

Der Kapazitätsreduktionsfaktor für den oberen und unteren Schnitt wird durch die effektive Wanddicke – t_{eff} berechnet (siehe Mauerwerksanschlusseinstellungen).

Die Bemessungsdruckfestigkeit ist: $f_d = f_k/\gamma_M$

Überprüfung des obere und untere Wandendes

Die Bemessungsexzentrizitäten, der Reduktionsfaktor und der vertikale Widerstand der Schnitte werden wie folgt berechnet:

Ausserhalb der Ebene Exzentrizität

Die Bemessungsexzentrizität wird im *NTC* mit folgender Formel berechnet:

$$e_{1,z} = |e_{s,z}| + e_{a,z}$$

wo $e_{s,z}$ die Exzentrizität der vertikalen Lasten in z-Richtung ist

Das Programm unterscheidet die Exzentrizitäten nicht abhängig des Belastungstypes (vertikale/horizontal) und zeigt die Summe dieser in der Berechnung als $e_{0,z}$.

In der Verifikation verwendet das Programm reduzierte Wanddicken (t_{eff}), falls nicht der ganze Schnitt belastet wird (aufgrund der Mauerwerksanschlusseinstellungen). In diesem Fall wird die Exzentrizität zu der Achse der effektiven Wanddicke berechnet:

$$e_{0,1,z} = e_{0,z} - \Delta z$$

wo Δz die Differenz zwischen der Wandachse und der effektiven Wanddicke ist.

(Falls die Wanddicke t infolge der Anschlusseinstellugnen nicht reduziert wird, dann gilt $t_{eff} = t$ und $e_{0,i,z} = e_{0,z}$.)

Die Bemessungsexzentrizität wird dann wie folgt bestimmt:

$$e_{1,z} = e_{0,1,z} + e_{a,z}$$

wo $e_{a,z} = h/200$ (h ist die Stockwerkhöhe).

Die Exzentrizität erster Ordnung $e_{a,z}$ wird über die schwache Achse relativ zur Achse der effektiven Dicek (t_{eff}) gemessen.

Basierend auf den anfänglichen Parametern wird der Faktor $\Phi_{i,z}$ durch lineare Interpolation der Werte der Tabelle in der Norm (siehe unten) berechnet.

Die relative Exzentrizität: $e_{rel,1,z} = e_{1,z}/t_{eff}$, wo t_{eff} die effektive Wanddicke ist.

Der Exzentrizitätskoeffizient m wird durch folgende Formel berechnet: $m = 6 \cdot e_{rel,1,z}$,

und die Schlankheit: $\lambda = h_0/t$, wo $h_0 = \varrho \cdot h$.

In der Ebene Exzentrizität

Die in der Ebene Exzentrizität und der Kapazitätsreduktionsfaktor werden nach den Prinzipien der Norm *EN 1996-1-1* berechnet (siehe Details weiter oben).

Vertikalen Widerstand

Unter Berücksichtigung der totalen Wandbreite b berechnet sich der vertikale Widerstand wie folgt:

$$N_r = \Phi_{1,y} \cdot \Phi_{1,z} \cdot f_d \cdot t_{eff} \cdot b$$

Überprüfung der mittleren Höhe der Wand

Die Bemessungsexzentrizitäten, der Kapazitätsreduktionsfaktor und der vertikale Widerstand des mittleren Schnittes werden wie folgt berechnet:

Ausserhalb der Ebene Exzentrizitäten

Die Bemessungsexzentrizitäten werden mit folgender Formel berechnet:

$$e_{2,z} = \frac{e_{1,z}}{2} + e_{v,z}$$

wo $e_{2,z}$ die Bemessungsexzentrizität am oberen Wandende in die lokale z-Richtung, diese wird infolge der horizontalen Belastung berechnet.

Das Programm utnerscheidet die Exzentrizitäten abhängig vom Belastungstyp (vertikal/horizontal) nicht und zeigt die Summe als an $e_{0,z}$.

Die Bemessungsexzentrizitä kommt von der folgenden Formel:

$$e_{2,z} = e_{0,z} + \frac{e_{a,z}}{2} \geq e_{a,z}$$

Wo $e_{a,z} = h/200$

Die obere Formel berücksichtigt die Hälfte von $e_{a,z}$ in der Berechnung, welche das durch die Norm vorgeschlagene gelenkige Modell berücksichtigt.

Falls der Benutzer Gelenke für den Bereich verwendet und das *gelenkige Modell* ebenfalls zur Bestimmung der zusätzlichen Biegemomente anwendet, dann gibt diese Formel das gleiche Resultat wie die Norm. Die angewendeten Modelle müssen vom Benutzer durchdacht werden.

Basierend auf den anfänglichen Parametern wird der Faktor $\Phi_{2,z}$ durch lineare Interpolation der Werte der Tabelle der Norm berechnet (siehe unten).

Die relative Exzentrizität: $e_{rel,2,z} = \frac{e_{2,z}}{t}$, wo *t* die totale Wanddicke ist.

Der Exzentrizitätskoeffizient *m* wird durch die foglende Formel berechnet: $m = 6 \cdot e_{rel,2,z}$,

und die Schlankheit: $\lambda = \frac{h_0}{t}$, wo $h_0 = \varrho \cdot h$.

In der Ebene Exzentrizität

Die in der Ebene Exzentrizität und der Kapazitätreduktionsfaktor werden nach den Prinzipien der Norm *EN 1996-1-1* berechnet (siehe Details weiter oben).

Vertikale Widerstand

Unter Berücksichtigung der totalen Wandbreiten *b* wird der vertikale Widerstand wie folgt berechnet:

$$N_r = \Phi_{2,y} \cdot \Phi_{2,z} \cdot f_d \cdot t_{eff} \cdot b$$

Interpolationstabelle für die Bestimmung des Faktors Φ_y.

Die folgende Tabelle (von der Norm, Tab 4.5.III) wird zur Bestimmung des Faktors von Φ_y benutzt.

Schlankheit - λ	*m = 6e/t*				
	0	*0,5*	*1,0*	*1,5*	*2,0*
0	1,00	0,74	0,59	0,44	0,33
5	0,97	0,71	0,55	0,39	0,27
10	0,86	0,61	0,45	0,27	0,16
15	0,69	0,48	0,32	0,17	-
20	0,53	0,36	0,23	-	-

Schubbemessung

Schubwiderstand wird nach den Prinzipien der Norm *EN 1996-1-1* berechnet (siehe Details weiter oben). Schubbemessungsfestigkeit wird nach der Norm *NTC* bestimmt.

Bemessung und detaillierte Regeln

Die foglenden Regeln werden überprüft:

- Schlankheit der Wand: $\lambda \leq 20$.
- Minimale Wanddicke: t ≥ 150 mm (es wird nur dieser Wert berücksichtigt, der Minimalwert abhängig vom Elementtyp wird nicht berücksichtigt).
- Minimale Wandfläche: 0,04 m^2 (Anwendung der Regel nach *Eurocode 6*).
- Maximale relative Exzentrizität (der Standardwert ist 0.33, kann jedoch modifiziert werden). Überprüfung
  - Oben oder unten:

$$e_{rel,1} = \frac{e_1}{t_{eff}} \leq 0{,}33$$

  - mittleren Wandhöhe:

$$e_{rel,2} = \frac{e_2}{t} \leq 0{,}33$$

  Die relative Exzentrizität wird in beide Richtungen überpüft (*y* und *z*).

Fehlermeldungen

Die folgenden Fehlermeldungen können in den Resultaten auftauchen:

Angezeigte Fehlermeldung:	*Interpretation des Fehlers:*
Nicht bestanden!	Der Widerstand der Wand/des Schnittes ist nicht ausreichend.
Die Kraft ist ausserhalb des Querschnittes	Der Angriffspunkt der Vertikalkraft ist ausserhalb des Querschnittes.
Relatvie Exzentrizität ist zu gross.	Die relative Exzentrizität im Querschnitt übersteigt den Grenzwert (siehe *Bemessungsparameter*).
Der Querschnitt ist unter Zugbelastung.	Der Querschnitt ist unter Zugbelastung und somit kann der vertikale Widerstand nicht berechnet werden.
Axiale Druckkraft ist Null.	Die axiale Druckkraft im Querschnitt ist vernachlässigbar klein, kleiner als 0.1 kN.

Schlankheit ist zu gross.	Die Schlankheit der Wand übersteigt den Grenzwert der Norm.
Die Wanddicke ist unzureichend.	Die Wanddicke ist Kleiner als der Grenzwert nach National Annex.
Der Wandschnitt ist unzureichend.	Die Querschnittsfläche der Wand (Querschnitt des virtuellen Streifens) ist kleiner als der Grenzwert der Norm.
Φ kann nicht berechnet werden!	Φ kann nicht basierend auf den anfänglichen Interpolatinsparametern berechnet werden.

6.9.1.10. Nachweis nach SIA

Generelle Prinzipien

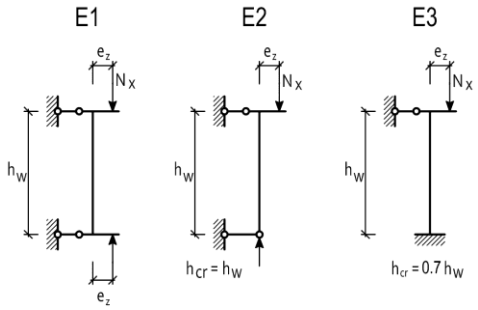
Die Prinzipien der Bemessungsnorm *SIA 266: 2015* unterscheiden sich markant von der Prozedur beschrieben im *Eurocode 6*. Basierend auf der Norm muss die Wand nach den Grenzzuständen der Tagfähigkeit und der Gebrauchstauchglichkeit (ULS und SLS) überprüft werden.

Das Programm führt die Berechnungen ULS oder SLS abhängig vom Kombinationstyp durch. Falls der Typ nicht bekannt ist, werden beide Überprüfungen durchgeführt, jedoch wird nur das Resultat des kritischen Zustandes angezeigt.

Die Bemessungsnorm enthält Einschränkungen für das statisch Modell, deshalb muss der Benutzer vorsicht walten lassen bei der Wahl des korrekten Modells. Die Annahmen werden weiter unten aufgelistet.

Für die Berechnung der zusätzlichen Biegemomente ist nur das gelenkige Modell verfügbar und nur konstante Spannungsverteilung kann angewendet werden.

Das angewendete statische Modell (*E1, E2 und E3*) muss ausgewählt werden, da das Programm es nicht vom Modell bestimmen kann.



Beschriftung von Bemessungsquerschnitten

Vier verschiedene Bemessungsquerschnitte werden in der Verifikation unterschieden

- Querschnitte mit Beschriftung *1 (oben)* oder *2 (unten),*
- Querschnitte mit Beschriftung *1_v (oben)* oder *2_v (unten)* für die Schubbemessung

ULS Verifikation

In der ULS Verifikation wird die Wand in zwei Wandshnitten überprüft: am oberen und unteren Wandende. Vier verschiedene Analysen werden durchgeführt:

- Spannugnsverteilung im Querschnitt *1* und *1_v*,
- Stabilitätsüberprüfung, welche die inneren Kräfte des virtuellen Streifens der Referenzpositions der Schnitte *1* und *2_v* berücksichtigt.
- Spannungslimitation des Querschnittes *2* und *2_v*,
- Schubbemessung im oberen Querschnitt (1v).

Die Querschnittsverifikationen *1_v* und *2_v* werden nur durchgeführt wenn die Schubüberprüfung gefragt ist.

In den Bemessungsquerschnitten *1* und *2* werden nur die ausserhalb der Ebene Exzentrizitäten der Axialkraft berücksichtigt. In den Schnitten *1_v* und *2_v* werden die in der Ebene Exzentrizitäten auch berücksichtigt.

Spannungslimitation

Zuerst wird die relative Exzentrizität nach der Norm überprüft: (e_z/t_w) ist durch die Formel *(6)* und Abbildung 4 limitiert ($e_z/t_w \leq 0{,}375$). Andernfalls berechnet das Programm die Tragfähigkeit unter Berücksichtigung des zusammengedrückten Wandteils und vergleicht es mit der Bemessungsaxialkraft.

Die zusammengedrückte Breite des Schnittes, welches die ausserhalb der Ebene Exzentrizität berücksichtigt:

$$t_{nom} = t - 2 \cdot e_{0,z}$$

In der Verifkation verwendet das Programm reduzierte Wanddicken (t_{eff}), falls nicht die ganze Wanddicke überdrückt ist (infolge der Mauerwerksfugeneinstellungen).

$e_{0,z}$ ist die Exzentrizität, welche zu der Achse der effektiven Wanddicke berechnet wird.

$$N_{Rd,nom} = l_c \cdot t_{nom} \cdot f_{xd}$$

wo l_c gleich wie l_w ist, wenn die Querschnitte *1* und *2* überprüft werden. Im Fall der Querschnitte 1_v und 2_v ist die zusammengedrückte Wandlänge (l=l_2) durch die Biegemomente in der Ebene reduziert:

$$l_2 = l_w - \frac{2 \cdot M_{z,i,d}}{N_{xd}}$$

Stabilitätsüberprüfung

Im Falle des Querschnitt *1* folgt das Programm den Regulatinen der Norm (*SIA 266:2015*), welche im Kapitel *4.3.1.3 (11)* beschrieben werden:

$$N_{xd} \leq k_N \cdot l_w \cdot t_w \cdot f_{xd}$$

Im Falle des Querschnitt 2 wird die Formel (17, in Kapitel *4.3.3.1)* zu Berechnung der in der Ebene Biegemomente verwendet:

$$N_{xd} \leq k_N \cdot l_2 \cdot t_w \cdot f_{xd}$$

wo

- N_{xd} ist die Bemessungsvertikalkraft am oberen Wandende,
- l_w ist die Wandbreite (im Programm ist es gleich zur Breite des virtuellen Streifens.)
- t_w *ist die* Wanddicke,
- f_{xd} ist die Bemessungsdruckfestigkeit, $f_{xd} = f_{xk}/\gamma_M$
- l_2 ist die Länge des zusammengedrückten Wandteils unter Annahme von konstanter Spannungsverteilung

$$l_2 = l_w - \frac{2 \cdot M_{z2d}}{N_{xd}}$$

Der Faktor k_N wird durch lineare Interpolation basierend auf dem Set der statischen Modelle (*E1, E2* und *E3*) und den Bemessungskurfen der Norm (*SIA 266:2015, Abbildung 5)* berechnet.

Die Interpolation ist bestimmt über die relative Schlankheit der Wand (h_w / t_w oder h_{cr} / t_w) und der relativen Exzentrizität (e_z / t_w) berechnet am oberen Wandende.

Im Fall der Exzentrizität e_z nimmt die Software folgendes an:

- Die Exzentrizität kommt von der Exzentrizität der Plattenreaktionen. Die Resultierende der Plattenreaktionskraft ist in der Achse der effektiven Wanddicke (reduzierte Wanddicke unter Berücksichtigung der Mauerwerksanschlusseinstellungen).
- Die Exzentrizität der vertikalen Kraft der oberen Wand wird in dem zu untersuchenden Schnitt als Null angenommen ($e_z \approx 0$).

Der Benutzer sollte bedenken, ob diese Annahmen unter dem ausgewählten Modell und Einstellugnen sinnvoll sind.

Die relative Exzentrizität (e_z/t_w) wird in der Norm über die Formel *(6)* und die Abbildung 4 ($e_z/t_w \leq 0{,}375$) limitiert. Dieser Wert wird im Programm jedoch wegen der Interpolatin der Grenzen der Bemessungskurven mit 0.35 limitiert

$$\frac{e_z}{t_w} \leq min\left\{\frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{N_{xd}}{l_w \cdot t_w \cdot f_{xd}}\right); 0{,}35\right\}$$

Falls diese Bedingung nicht erfüllt ist, kann der vertikale Widerstand der Wand nicht berechnet werden.

☞ ***Die Norm enthält keine ähnliche Überprüfungsmethode für den Schnitt in der Mitte wie der Eurocode 6 dadurch werden die inneren Kräfte im mittleren Querschnitt überprüft.***

Schubbemessung

Die Schubtragfähigkeit wird nach der unter den Mauerwerksparametern gewählten Methode bestimmt:

***Anhand der Bemessungsdiagramme in SIA 266*:**

Das Programm führt den Nachweis nach 4.3.3.1 SIA 266:2015 Abschnitt 4.3.3.1 durch und verwendet Formel (18):

$$V_d \leq k_V \cdot l_1 \cdot t_{nom} \cdot f_{yd}$$

wobei

V_d ist die Bemessungsquerkraft im Referenzquerschnitt 1v

l_1 ist die überdrückte Wandlänge (unter Berücksichtigung des Biegemoments in der Ebene)

$$l_1 = l_w - \frac{2 \cdot M_{z1d}}{N_{xd}}$$

t_{nom} ist die reduzierte Wanddicke infolge Biegung aus der Ebene:

$$t_{nom} = t - 2 \cdot e_{0,y}$$

(Das Programm setzt beim Nachweis die reduzierte Wanddicke t_{eff} an, wenn infolge der Mauerwerksfugeneinstellungen nicht die ganze Wandbreite überdrückt ist).

f_{yd} ist die Druckfestigkeit auf Bemessungsniveau parallel zu den Lagerfugen::

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M}$$

Der k_V-Faktor wird durch lineare Interpolation der in der Norm (*SIA 266:2015, Figur 9)* angegebenen Kurven berechnet. hw ist die Wandhöhe bzw. die Höhendifferenz der Querschnitte 1v und 2v. Die Software interpoliert auch zwischen den 3 verschidenen Diagrammen in Abhängigkeit vom Verhältnis f_{xd}/f_{yd} im Bereich von 0,30...0,75.

Basierend auf einer numerischen Brechnung

Unter Berücksichtigung der Grundlagen und Randbedingungen in *SIA 266:2015 Abschnitt 4.3.2.1* löst das Programm das Gleichungssystem iterativ, um das bestmögliche Spannungsfeld zu finden, das zur maximalen Schubtragfähigkeit führt. Dabei wird nur die überdrückte Wandlänge (l_1) berücksichtigt.

Fehlermeldungen

Die folgenden Fehlermeldungen können in den Resultaten vorkommen:

Angezeigte Fehlermeldung:	*Interpretation des Fehlers:*
Nicht bestanden!	Der Widerstand der Wand/des Schnittes ist nicht ausreichend.
Die Kraft ist ausserhalb des Querschnittes	Der Angriffspunkt der Vertikalkraft ist ausserhalb des Querschnittes.
Relatvie Exzentrizität ist zu gross.	Die relative Exzentrizität im Querschnitt übersteigt den Grenzwert (siehe *Bemessungsparameter*).
Der Querschnitt ist unter Zugbelastung.	Der Querschnitt ist unter Zugbelastung und somit kann der vertikale Widerstand nicht berechnet werden.
Axiale Druckkraft ist Null.	Die axiale Druckkraft im Querschnitt ist vernachlässigbar klein, kleiner als 0.1 kN.
Schlankheit ist zu gross.	Die Schlankheit der Wand übersteigt den Grenzwert der Norm.

SLS Verifikation

Das Programm folgt den Regulationen der Norm (*SIA 266:2015)* beschrieben im Kapitel *4.4.1.5 (21)*:

Die maximale Rissbreite kann mit nachfolgender Formel berechnet werden: $r = k_r \cdot \frac{N_x \cdot h_0}{E_{xk} \cdot l_w \cdot t_w}$

wo

N_x die Vertikalkraft am oberen Wandende,
h_0 die ganze Höhe des Mauerwerks mit Mörtel,
E_{xk} das Elastizitätsmodul,
l_w die Wandbreite (im Program mist es gleich der Breite des virtuellen Streifens),
t_w die Wanddicke ist,
Der Faktor k_r wird durch lineare Interpolation basierend auf dem statischen Modellset (*E1, E2* und *E3*) und den Bemessungskurven der Norm (*SIA 266:2015, Abbildung 12) berechnet.*

Die Interpolation ist abhängig von der relativen Schlankheit der Wand (h_w/h_E oder h_{cr}/h_E) und der relativen Exzentrizität (e_y/t_w), was am oberen Wandende berechnet wird.

Der Parameter h_E wird wie folgt berechnet:

$$h_E = \pi \cdot \sqrt{\frac{E_{xk} \cdot l_w \cdot t_w^3}{12 \cdot N_x}}$$

Die Wand ist nach der SLS Verifizierung ausreichend, wenn $r \leq r_{max}$, wo r_{max} die maximale Rissbreite nach *4.2.2.2* ist. Der Standardwert der maximalen Rissbreite ist 0.2 mm, dieser kann jedoch unter den Bemessungsparametern angepasst werden.

Im Fall von Schubrissen

Falls die Schubbemessung gefragt ist, wird die SLS Verifikationen analog zu *4.4.2.1* in der Norm *SIA 266:2015* vergrössert.

Die relative Verschiebung – der Wert von '*v*' nach der Formel (22) – zwischen dem oberen (1_v) und unteren (2_v) Schnitt wird durch die relative Verschiebund des virtuellen Streifens berechnet.

Die maximale Verzerrung $\varepsilon_{x,max}$ wird durch Formel (23) bestimmt:

$$\varepsilon_{x.max} = \frac{6 \cdot (M_{z1} + V \cdot h_w)}{E_{xk} \cdot l_w^2 \cdot t_w} - \frac{N_x}{E_{xk} \cdot l_w \cdot t_w}$$

Die relative Verschiebung und die maximalle Verzerrung werden immer durch den oberen (1_v) und unteren (2_v) Schnitt, welche für die Schubüberprüfung definiert sind, bestimmt.

Die oberen Resulate werden mit dem Grenzwertset in den Bemessungsparametern der Stockwerke verglichen.

Fehlermeldungen

Die folgenden Fehlermeldungen können in den Resultaten vorkommen:

Angezeigte Fehlermeldung:	*Interpretation des Fehlers:*
Nicht erfüllt!	Der Widerstand der Wand/des Schnittes ist nicht ausreichend.
Relatvie Exzentrizität ist zu gross.	Die relative Exzentrizität im Querschnitt übersteigt den Grenzwert 0.35.
Der Querschnitt ist unter Zugbelastung.	Der Querschnitt ist unter Zugbelastung und somit kann der vertikale Widerstand nicht berechnet werden.
Axiale Druckkraft ist Null.	Die axiale Druckkraft im Querschnitt ist vernachlässigbar klein, kleiner als 0.1 kN.
kr kann nicht berechnet werden!	Der Faktor *kr* kann aufgrund der anfänglichen Parametern der Interpolation (h_w/h_E oder h_{cr}/h_E und e_z/t_w) nicht berechnet werden.

Bemessung und detaillierte Regeln

Die foglenden Regeln werden in der Verifikation berücksichtigt:

- Die Schlankheit der Wand: $\lambda \leq 50$ (Grenzwert der Bemessungskurven des Faktors k_N, $\lambda = h_w/t_w$ oderr $\lambda = h_{cr}/t_w$).
- Maximale relative Exzentrizität (in den Bemessungskurven für die Interpolation limitiert.): $e_{rel,max} = 0{,}35$.
  Die relative Exzentrizität wird nur am oberen Wandende überprüft:
  $$e_{rel,i} = \frac{e_z}{t} \leq e_{rel,max}$$
  wo t der effective Querschnitts ist.

7. Programmierung AxisVM – COM Modul

AxisVM COM-Server

AxisVM unterstützt wie viele andere Windows-Anwendungen die Microsoft COM-Technologie, die Operationen für externe Programme zur Verfügung stellt. Programme, die einen COM-Server implementieren, registrieren COM-Klassen in der Windows-Registrierung, um Schnittstellen-Informationen zu unterstützen.

Jedes externes Programm kann diese Beschreibungen erhalten, Objekteigenschaften lesen oder die Funktionen abrufen, die durch die Schnittstelle bereitgestellt wird. Ein Programm kann AxisVM starten, Modelle erzeugen, Berechnungen starten und die Ergebnisse durch den AxisVM-Com-Server erhalten. Dies ist der beste Weg, um

- parametrische Modelle erzeugen und berechnen,
- Lösungen mit iterativen Methoden finden oder
- spezifische Bemessungsmodule zu erzeugen.

DLL-Module, die im *Plugins*-Ordner von AxisVM platziert werden, werden automatisch im *Plugins*-Menü eingeschlossen, indem sie die Unterordner-Struktur der *Plugins*–Ordner imitiert. Die *AxisVM-COM-Serverbeschreibung und Programmierbeispiele* können von der AxisVM-Website heruntergeladen werden.

Die Programmierung von AxisVM über Python wird vom PyAxisVM-Paket unterstützt, das mindestens die Python-Version 3.6 erfordert *(https://github.com/AxisVM/pyaxisvm)*.

8. AxisVM Viewer und Viewer Expert

AxisVM Viewer

AxisVM Viewer ist eine gratis herunterladbare Version des Programms um Modelle auszuwerten oder zu präsentieren ohne aber die Möglichkeit das Modell modifizieren zu können .

Das Drucken von Zeichnungen, Tabellen oder Ausgabeports ist ebenfalls nicht möglich.



Das Programm erlaubt die detaillierte Präsentation eines Modells in einer Umgebung in welcher AxisVM nicht installiert ist.

Falls Sie vermeiden möchten, dass andere Ihre Arbeit als Basis für ihre Modelle benutzen, aber Sie Ihr Modell diesen trotzdem zeigen möchten, speichern Sie das Modell mit einem AxisVM Viewer (*.AXV) Dateiformat (siehe *Datei/Export*). Die Vollversion von AxisVM kann AXV Dateien nicht lesen, nur der Viewer kann dies. Dieses Format garantiert, dass Ihr Werk geschützt sein wird.

AxisVM Viewer Expert

Besitzer der Vollversion von AxisVM können die Viewer Expert Version erwerben, welche Zeichnungen, Tabellen und Ausgaberports drucken kann oder temporäre Masslinien und Textboxen zulässt. Änderungen können nicht gespeichert werden.

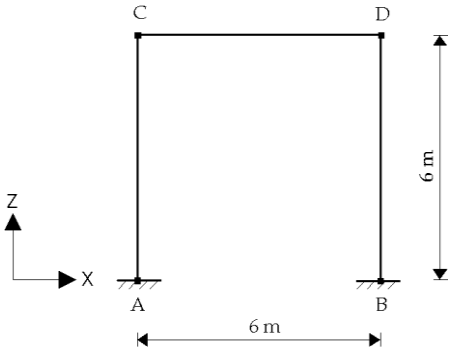
9. Beispiele

9.1. Ebenes Rahmentragwerk aus Stahl, statische Analyse Statik/I (Theorie I. Ordnung)

Eingabedaten

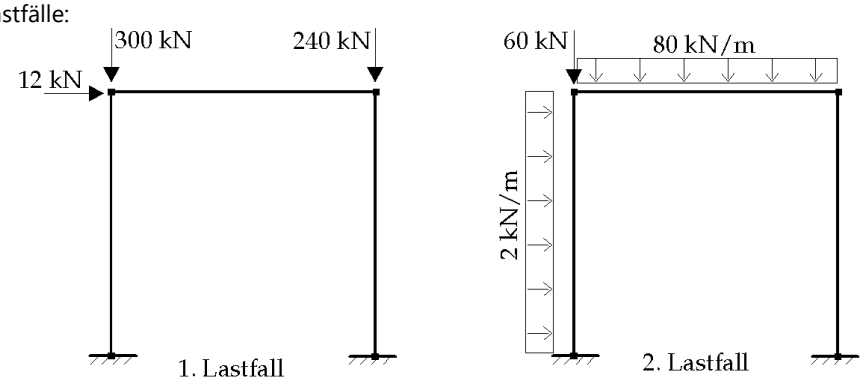
AK-ST-I.axs

Geometrie:



Material: Stahl
Profil: I 240

Lastfälle:



Ergebnisse

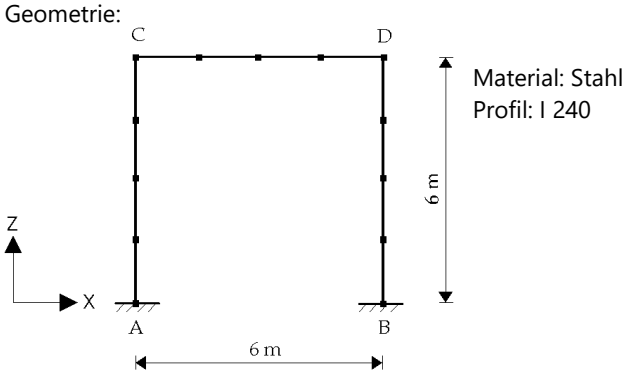
AK-ST-I.axe

Komponente		*Analytisch*	*AxisVM*
1. Lf.	$e_X^{(C)}$ [mm]	17.51	17.51
	$M_y^{(A)}$ [kNm]	-20.52	-20.52
2. Lf.	$e_X^{(C)}$ [mm]	7.91	7.91
	$M_y^{(A)}$ [kNm]	63.09	63.09

9.2. Ebenes Rahmentragwerk aus Stahl, statische Analyse Statik II (Theorie II. Ordnung)

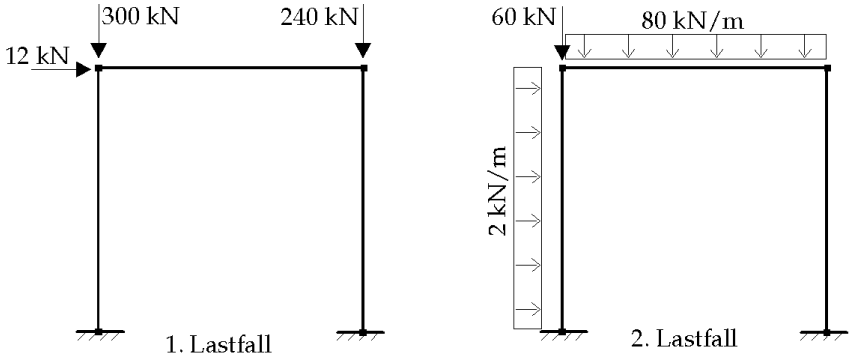
Eingabedaten **AK-ST-II.axs**

Geometrie:



Material: Stahl
Profil: I 240

Lastfälle:



Ergebnisse **AK-ST-II.axe**

Komponente		*mit Stabilitäts-funktionen*	*AxisVM*
1. Lf.		20.72	20.47
	$M_y^{(A)}$ [kNm]	-23.47	-23.41
2. Lf.	$e_X^{(C)}$ [mm]	9.26	10.22
	$M_y^{(A)}$ [kNm]	66.13	65.33

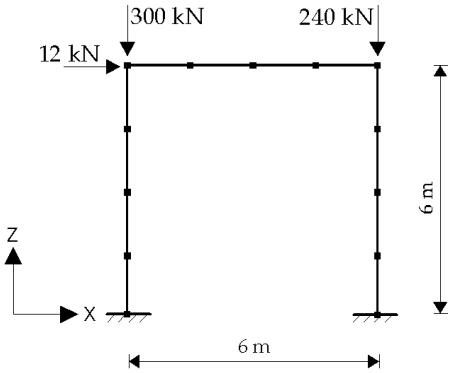
Kontrolle Bei einer Analyse nach Theorie II. Ordnung muss das Gleichgewicht am verformten (deformierten) System erfüllt werden.

9.3. Ebenes Rahmentragwerk aus Stahl, Biegeknick-Analyse

Eingabedaten

AK-KI.axs

Geometrie und Belastung:

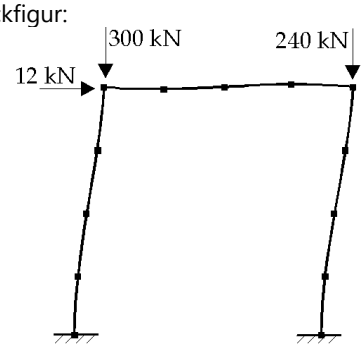


Material: Stahl
Profil: I 240

Ergebnisse

AK-KI.axe

Knickfigur:

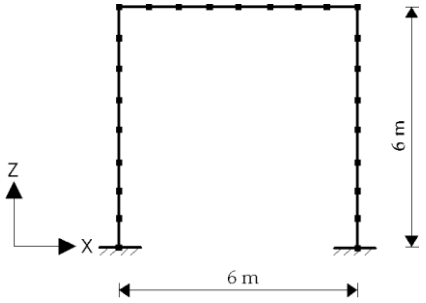


Parameter der kritischen Last	*Cosmos/M™*	*AxisVM*
n_{kr}	6.632	6.633

9.4. Ebenes Rahmentragwerk aus Stahl, Schwingungsanalyse nach der Theorie I. Ordnung

Eingabedaten **AK-RZ-I.axs**

Geometrie:



Material: Stahl
Profil: I 240

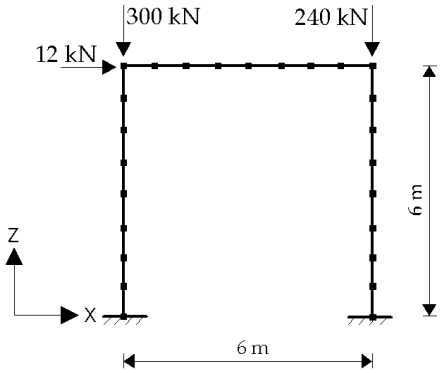
Ergebnisse **AK-RZ-I.axe**

Eigenform	*Frequenz [Hz]*	
	Cosmos/M™	*AxisVM*
1	6.957	6.957
2	27.353	27.353
3	44.692	44.692
4	48.094	48.094
5	95.714	95.714
6	118.544	118.544

9.5. Ebenes Rahmentragwerk aus Stahl, Schwingungsanalyse nach der Theorie II. Ordnung

Eingabedaten **AK-RZ-II.axs**

Geometrie und Belastung:



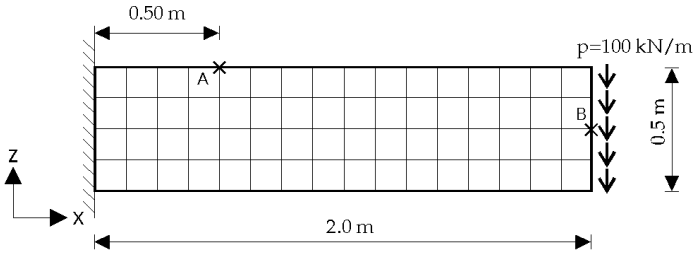
Material: Stahl
Profil: I 240

Ergebnisse **AK-RZ-II.axe**

Eigenform	*Frequenz [Hz]*	
	Cosmos/M™	*AxisVM*
1	0.514	0.514
2	11.427	11.426
3	12.767	12.766
4	17.146	17.145
5	27.111	27.109
6	39.458	39.456

9.6. Stahlbetonscheibe, statische Analyse nach Theorie I. Ordnung

Eingabedaten **VT1-ST-I.AXS**



E=880 kN/cm^2
ν=0
h(Dicke)=0.10 m
p=100 kN/m
Netzaufteilung=4x16

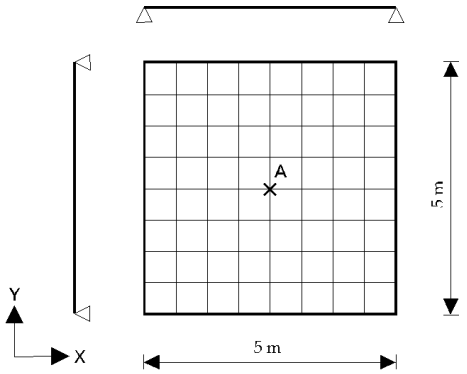
Ergebnisse **VT1-ST-I.AXE**

Komponente	*nach der Stabtheorie (unter Berücksichtigung der Schubverformungen)*	*AxisVM*
$e_z^{(B)}$ [mm]	15.09	15.09
$n_x^{(A)}$ [kN/m]	1800.00	1799.86

9.7. Stahlbetonplatte, in den Kanten gelenkig aufgelagert, statische Analyse nach Theorie I. Ordnung

Eingabedaten

VL1-ST-I. AXS

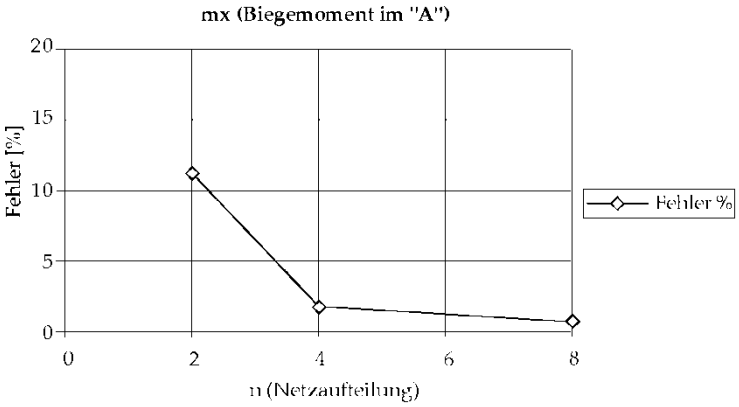


E=880 kN/cm^2
ν=0
h(Dicke)=0.15 m
p=50 kN/m^2
Netzaufteilung=8x8

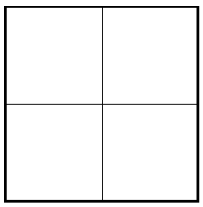
Ergebnisse

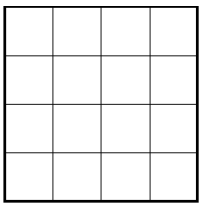
Komponente	*Analytisch (ohne Berücksichtigung der Schubverformungen)*	*AxisVM*
$e_z^{(A)}$ [mm]	51.46	51.46
$m_x^{(A)}$ [kNm/m]	46.11	46.31

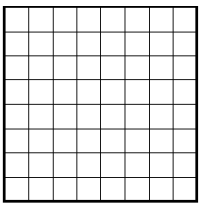
Konvergenz-untersuchung



wobei die untersuchten Netzaufteilungen folgende waren:


n=2

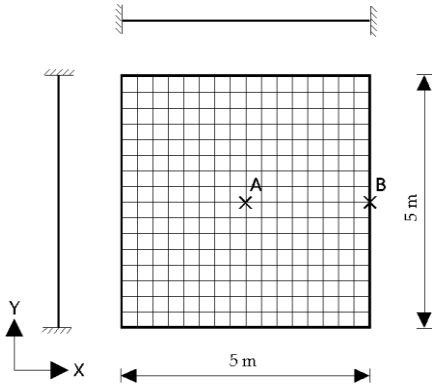

n=4


n=8

9.8. Stahlbetonplatte, alle Kanten eingespannt, statische Analyse nach Theorie I. Ordnung

Eingabedaten

VL2-ST-I. AXS



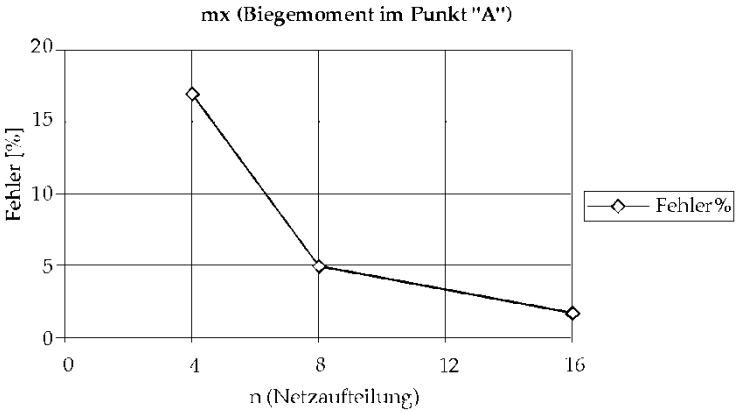
E=880 kN/cm2
ν=0
h(Dicke)=0.15 m
p=50 kN/m2
Netzaufteilung=16x16

Ergebnisse

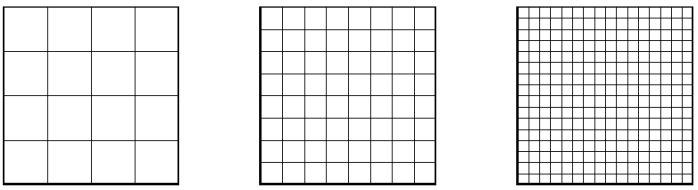
VL2-ST-I.AXE

Komponente	*Analytisch (ohne Berücksichtigung der Schubverformungen)*	*AxisVM*
$e_z^{(A)}$ [mm]	16.00	16.18
$m_x^{(A)}$ [kNm/m]	22.01	22.15
$m_x^{(B)}$ [kNm/m]	64.43	63.25
$q_x^{(B)}$ [kN/m]	111.61	109.35

Konvergenz-untersuchung



wobei die untersuchten Netzaufteilungen folgende waren:



n=4 n=8 n=16

10. Literatur

1. **Bathe, K. J., Wilson, E. L.,** *Numerical Methods in Finite Element Analysis*, Prentice Hall, New Jersey, 1976
2. **Bojtár I., Vörös G.**, *A végeselem-módszer alkalmazása lemez- és héjszerkezetekre*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986
3. **Chen, W. F., Lui, E. M.**, *Structural Stability*, Elsevier Science Publishing Co., Inc., New York, 1987
4. **Hughes, T. J. R.**, *The Finite Element Method*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1987
5. **Owen D. R. J., Hinton E.**, *Finite Elements in Plasticity*, Pineridge Press Limited, Swansea, 1980
6. **Popper Gy., Csizmás F.**, *Numerikus módszerek mérnököknek*, Akadémiai Kiadó · Typot$_e$x, Budapest, 1993
7. **Przemieniecki, J. S.**, *Theory of Matrix Structural Analysis*, McGraw Hill Book Co., New York, 1968
8. **Weaver Jr., W., Johnston, P. R.**, *Finite Elements for Structural Analysis*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1984
9. **Dr. Szalai Kálmán**, *Vasbetonszerkezetek, vasbeton-szilárdságtan*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990. 1998
10. **Dr. Kollár László:** *Vasbeton-szilárdságtan*, Műegyetemi Kiadó, 1995
11. **Dr. Kollár László:** *Vasbetonszerkezetek I., Vasbeton-szilárdságtan az Eurocode 2 szerint*, Műegyetemi Kiadó, 1997
12. **Dr. Bölcskei E., Dr. Dulácska E.:** *Statikusok könyve*, Műszaki Könyvkiadó, 1974
13. **Dr. Dulácska Endre:** *Kisokos, Segédlet tartószerkezetek tervezéséhez*, BME Építészmérnöki Kar, 1993
14. **Porteous, J., Kermani, A.,** *Structural Timber Design to Eurocode 5,* Blackwell Publishing, 2007
15. **Dulácska Endre, Joó Attila, Kollár László:** *Tartószerkezetek tervezése földrengési hatásokra,* Akadémiai Kiadó, 2008
16. **Pilkey, W. D.,** *Analysis and Design of Elastic Beams - Computational methods,* John Wiley & sons, Inc., 2002
17. **Navrátil, J.,** *Prestressed Concrete Structures,* Akademické Nakladatelství Cerm®, 2006
18. **Szepesházi Róbert:** *Geotechnikai tervezés (Tervezés Eurocode 7 és a kapcsolódó európai geotechnikai szabványok alapján),* Business Media Magyarország Kft., 2008
19. **Györgyi József:** *Dinamika*, Műegyetemi Kiadó, 2003
20. **Bojtár Imre, Gáspár Zsolt:** *Végeselemmódszer építőmérnököknek***,** Terc Kft., 2003
21. **Eurocode 2,** EN 1992-1-1:2004
22. **Eurocode 3,** EN 1993-1-1:2005
23. **Eurocode 3,** EN 1993-1-3:2006
24. **Eurocode 3,** EN 1993-1-5:2006
25. **Eurocode 5,** EN 1995-1-1:2004
26. **Eurocode 8,** EN 1998-1-1:2004
27. **Paz,M., Leigh, W.,** *Structural Dynamics - Theory and Computation*, Fifth Edition, Springer, 2004
28. **Chopra, A. K.,** *Dynamics of Structures - Theory and Applications to Earthquake Engineering*, Third Edition, Pearson Prentice Hill, 2007
29. **Biggs, J. M.,** *Introduction to Structural Dynamics*, McGraw-Hill, 1964
30. **Weaver, W.,** *Jr., P. R. Johnston, Structural Dynamics by Finite Elements*, Prentice-Hall, 1987
31. **Bathe, K. J.,** *Finite Element Procedures,* Prentice-Hall, 1996
32. **Borst, R., Crisfield, M. A., Remmers, J. J. C., Verhoosel, C. V.,** *Non-Linear Finite Element Analysis of Solids and Structures*, Second Edition, John Wiley & Sons Ltd., 2012
33. **Willford, M.R., Young, P.** *A Design Guide for Footfall Induced Vibration of Structures***,** Concrete Society, 2006

34. **Smith, A. L., Hicks, S. J., Devine, P. J.** *Design of Floors for Vibration: A New Approach, The Steel Construction Institute*, Ascot, 2009
35. **https://en.wikipedia.org/wiki/Von_Mises_yield_criterion**
36. **https://en.wikipedia.org/wiki/Bresler_Pister_yield_criterion**
37. **https://en.wikipedia.org/wiki/Whittaker%E2%80%93Shannon_interpolation_formula**
38. **https://en.wikipedia.org/wiki/Nyquist%E2%80%93Shannon_sampling_theorem**
39. **Wilson, E. L.,** *Three-Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures – A Physical Approach With Emphasis on Earthquake Engineering*, Computers and Structures Inc., Berkeley, 2002
40. **C. Basaglia, D. Camotim, N Silvestre**. *Torsion warping transmission at thin-walled frame joints: Kinematics, modelling and structural response, Journal of Constructional Steel Research (69), 2012*
41. **E. J. Sapountzakis.** *Bars under Torsional Loading: A Generalized Beam Theory Approach,* International Scholarly Research Notices, 2013
https://www.hindawi.com/journals/isrn/2013/916581/
42. **P. C. J. Hoogenboom, A. Borgart.** *Method for including restrained warping in traditional frame analyses,* ResearchGate, 2005
https://www.researchgate.net/publication/27347413_Method_for_including_restrained_warping_in_traditional_frame_analyses
43. **A. H. Varma.** *Structural Stability and Design*, Purdue University
https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fengineering.purdue.edu%2F~ahvarma%2FCE%2520579%2FSpring%25202005%2FCE%2520579_Lecture6_Jan31.ppt&wdOrigin=BROWSELINK
44. **G. Vörös.** *Free vibration of thin walled beams,* Periodica Polytechnica, Mechanical Engineering, 2004
https://www.researchgate.net/publication/228573555_Free_vibration_of_thin_walled_beams
45. **Cholnoky Tibor:** *Rugalmasságtan II. rész,* Tankönyvkiadó, 1969
46. **A. F. Hughes, D. C. Iles, A. S. Malik.** *Design of Steel Beams in Torsion in Accordance with Eurocodes and the UK National Annexes,* The Steel Construction Institute, 2011
https://www.steelconstruction.info/images/6/6f/Sci_p385.pdf
47. **Eurocode 3, EN 1993-6:2007**