

CONSTEEL Benutzerhandbuch

- TEIL 1 -



ConSteel
Deutschland GbR

Version V13
20.02.2021.



Deutsches Benutzerhandbuch

Teil 1 - Kapitel 1/15 bis 12/15

Eingaben und Berechnungen

Das vollständige englischsprachige Handbuch von ConSteel 14.0 hat ungefähr 300 Seiten.

Die sorgfältige Übersetzung in die deutsche Sprache einschließlich des kompletten Bilderaustausches benötigt erhebliche Bearbeitungszeit.

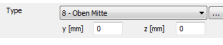
Wir haben uns daher entschlossen, zunächst die Kapitel 1 bis 12 als Teil 1 freizugeben, damit Ihnen die Einarbeitung in das noch unvertraute Programmhänding - i.A. der aufwendigste Schritt bei neuer Software - erleichtert wird.

Für die weiteren Kapitel steht Ihnen zunächst das Englische Manual zur Verfügung.

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis.....	1
1 Allgemeines.....	10
1.1 Software-Installation.....	10
1.2 Benutzer-Oberfläche.....	11
1.2.1 Start-Fenster.....	12
1.2.2 Grafikfenster.....	12
1.2.3 Menüs.....	13
1.2.4 Tabulatoren (Karteien).....	18
1.2.5 Seitenbalken.....	22
1.2.6 csPI -Bedienungsfeld.....	22
1.2.7 Statusbalken.....	22
1.2.8 Fenster der Objektbäume, Diagnosen und Objekt-Eigenschaften.....	27
1.3 Allgemeine Struktur der Dialogfenster.....	29
1.4 Allgemeine Tabellenfunktionen.....	30
1.5 Hot Keys.....	32
2 Dateimanagement.....	34
2.1 Grundlagen.....	34
2.2 Dateitypen.....	34
2.3 Tekla Structures Modellimport, -export und -update.....	34
2.3.1 Import eines Strukturmodell von Tekla Structures.....	35
2.3.1.1 Importprozedur.....	35
2.3.1.2 Zulässige und unzulässige Importe.....	37
2.3.2 Kompletter Modellexport zu Tekla Structures.....	38
2.3.2.1 Exporteinschränkungen bei Strukturelementen/Anschlüssen.....	39
2.3.3 Änderungsmanagement zwischen Tekla und ConSteel: Tekla Update.....	40
2.4 IFC-Import und -Export.....	42
2.4.1 Import von IFC-Dateien.....	42
2.4.1.1 Zulässige Objekte des Importprozesses.....	45
2.4.2 Export zu IFC-Dateien.....	47
2.4.2.1 Zulässige Objekte für den Export.....	47
2.5 DXF Import.....	48

2.6	Export von Stahlbetonbewehrungen zu DXF	48
2.7	Modellimport aus DLUBAL's Rstab und SAP2000 (.xlsx)	50
2.8	Export von Modelldaten aus Rstab ins xlsx-Format.....	51
3	Modellansichten	53
3.1	Grundlagen	53
3.2	Modelldarstellungen	53
3.3	Auswahl	56
3.4	Teilmodellmanager	58
3.5	Objektnamen und -nummerierung	59
3.5.1	Umbenennung von Objekten	59
3.5.2	Sichtbarkeit der Objektangaben.....	60
3.6	Vermaßung ()	60
3.7	Messungen	64
3.8	Modellraster	65
4	Geometrische Objekte	67
4.1	Grundlagen	67
4.2	Koordinatensysteme ()	67
4.2.1	Benutzer- Koordinatensystem.....	68
4.2.2	Lokales Koordinatensystem von Balkenelementen	69
4.2.3	Lokales Koordinatensystem von Flächenelementen.....	70
4.3	Fangpunkte ()	70
4.4	Zeichnen grafischer Objekte	70
4.5	Objektänderungen	71
4.6	Layer	74
5	Strukturerstellung	75
5.1	Grundlagen	75
5.2	Linien-Strukturobjekte ()	75
5.2.1	Erstellung.....	75
5.2.2	Stahlquerschnitte	78
5.2.2.3.1	Zeichnen kaltgeformter Querschnitte	83
5.2.2.3.2	Zeichnen allgemeiner dünnwandiger Querschnitte.....	88
5.2.3	Stahlbetonträger und -stützen	90
5.2.3.1	Querschnitt mit Entwurfsparametern.....	90
5.2.3.1.1	Trägerbewehrung.....	91

5.2.3.1.2	Stützenbewehrung	92
5.2.3.2	Stahlbetonquerschnitte ohne Entwurfsoptionen	94
5.2.4	Stahlverbundstützen	95
5.2.5	Stahlverbundträger	96
5.2.6	Vouten ()	97
5.2.7	Konische Schweißträger ()	98
5.3	Flächen-Strukturelemente ()	101
5.3.1	Plattenbewehrung	101
5.4	Starrmembran (Diaphragma)	102
5.5	Starrkörper ()	102
5.6	Umwandlung von Balken in Schalenelemente ()	103
5.7	Rahmenecken-Wizard ()	103
5.8	Material ()	106
5.9	Lager ()	108
5.9.1	Grundlagen	108
5.9.2	Punktlager ()	108
5.9.2.1	Koordinatensysteme	109
5.9.2.2	Lagerungstypen	109
5.9.2.3	Lagerungsexzentrizitäten ()	110
5.9.2.4	Beispiele zu Lagerungen	111
5.9.3	Linienlager ()	113
5.9.4	Flächenlager ()	114
5.10	Koppelemente (Linkelemente) ()	114
5.10.1	Grundlagen	114
5.10.2	Verbindung zweier Strukturpunkte ()	114
5.10.3	Kopplung paralleler Kanten exakt gleicher Länge ()	115
5.11	Schubfeldaussteifung ()	115
5.11.1	Definition der Schubsteifigkeit S	116
5.11.2	Berechnungsmodelle der Schubsteifigkeit	117
5.11.2.1	Berechnungsmodell der Hoesch-Profile	118
5.11.2.2	Berechnungsmodell der Fischer-Profile	118
5.11.2.3	Berechnungsmodell der Arcelor-Profile	119
5.11.2.4	Allgemeine Berechnung nach Eurocode 3	119

5.11.3	Schubfeldeingabe	120
5.11.4	Automatische Berechnung der Schubfeldsteifigkeit	121
5.12	Pfettenstränge	122
5.12.1	Platzierung eines Pfettenstrangs ()	123
5.12.2	Lagerungszonen ()	126
5.12.3	Überlappungszonen ()	127
6	Einwirkungen	129
6.1	Grundlagen	129
6.2	Lastfälle und Lastgruppen ()	129
6.3	Einwirkungskombinationen ( ,  ,  , )	130
6.4	Einwirkungen erstellen und platzieren	131
6.4.1	Punktlasten ()	131
6.4.2	Linienlasten ()	131
6.4.2.1	Allgemeine Linienlasten	131
6.4.2.2	Linien-Windlast	133
6.4.2.3	Schnee-Linienlasten	136
6.4.3	Flächenlasten ()	138
6.4.4	Lastübertragungsflächen ()	138
6.4.4.1	Grundsätzliches	138
6.4.4.2	Erzeugung von Lastübertragungsflächen	138
6.4.4.3	Ändern von Lastübertragungsflächen	141
6.4.5	Temperatur-Einwirkung ( , )	141
6.4.6	Zwangsverformungen von Lagern ()	142
6.4.7	Vorspannwege (), Vorspannkräfte ()	142
6.5	Imperfektionen	143
6.5.1	Allgemeines	143
6.5.2	Lokale Imperfektionen	143
6.5.3	Globale Imperfektionen	143
6.5.3.1	Knotenlasten	143
6.5.3.2	Anfangsimperfektion (Stabsehnenschiefstellungen)	144
6.5.3.3	Eigenformbasierte Vorverformungen	144
6.5.3.3.1	Verwendung	144
6.5.3.3.2	Erstellung	145

6.5.3.3.3	Automatische Amplitudenberechnung	146
6.5.3.3.4	Verwendung Globaler Imperfektionen	148
6.6	Bewegliche Lasten	149
6.6.1	Lastpfade ()	149
6.6.2	Einflusslinien.....	149
6.6.2.1	Erstellung von Einflusslinien ().....	149
6.6.2.2	Verwaltung von Einflusslinien	150
6.6.2.3	Berechnung der Einflusslinien	150
6.6.3	Kranlasten ()	151
6.6.3.1	Standard (nach Norm)	151
6.6.3.2	Normlasten	152
6.6.3.3	Benutzerdefinierte Lasten	152
6.6.3.4	Platzierung der Kranlasten	152
6.6.3.4.1	Manuelle Platzierung der Kranlast	152
6.6.3.4.2	Platzierung der Kranlast mittels Einflusslinie	153
6.6.4	Zuglasten ()	154
6.7	Meteorologische 3D-Lasterstellung ()	155
6.7.1	Lastgruppen und Lastfälle	156
6.7.2	Meteorologische Oberflächen.....	156
6.7.2.1	Windoberflächen.....	157
6.7.2.1.1	Windgeschwindigkeitsdruck.....	157
6.7.2.1.2	Innendruck.....	158
6.7.2.1.3	Windreibung.....	159
6.7.2.1.4	Geometrische Parameter (Abmessungen)	159
6.7.2.2	Schneelastoberflächen	159
6.7.3	Anlage, Kontrolle und Änderung	160
6.7.4	Meteorologischer Lastgenerator ()	161
7	Massen	162
7.1	Grundlagen	162
7.2	Massenfälle und Massengruppen ()	162
7.2.1	Konvertierung von Lasten zu Massen	163
7.2.2	Manuelle Definition von Massengruppen und Massenfälle	163
7.2.3	Berücksichtigte Richtungen der Massen	164

7.3	Definition von Massenkombinationen ()	164
7.4	Erzeugung von Punktmassen ()	164
7.5	Seismische Effekte.....	164
7.6	Erzeugung eines Spektrums ()	165
7.6.1	EC-basierte elastische Antwortspektren	165
7.6.2	Benutzerdefinierte Antwortspektren	166
7.6.2.1	Manuelle Definition von Antwortspektren	167
7.6.2.2	Mit Kopierfunktion erstellbare Antwortspektren	167
8	Tragwerksberechnungen	168
8.1	Grundlagen	168
8.2	Finite Elemente	169
8.2.1	Grundlagen	169
8.2.2	Linienelemente	169
8.3	Modellkontrollen.....	171
8.4	Berechnungsparameter.....	172
8.4.1	Globale Einstellungen (#1)	173
8.4.2	Statische Berechnung (#2).....	173
8.4.3	Dynamische Berechnung (#3).....	174
8.4.4	Folgeseiten des Parameterdialogs	174
8.4.4.1	Folgeseite der globalen Einstellungen.....	174
8.4.4.2	Folgeseite der Lastfalleinstellungen.....	175
8.4.4.3	Folgeseite der Lastfallkombinationen	175
8.4.4.4	Folgeseite der dynamischen Berechnung	177
8.5	Berechnungsarten	178
8.5.1	Elastische Berechnung der Beanspruchungen	178
8.5.1.1	Theorie 1. Ordnung	178
8.5.1.2	Theorie 2. Ordnung	179
8.5.1.3	Statische Eigenanalysen – Elastisches Stabilitätsversagen	180
8.5.1.4	Analyse und Bewertung der Stabilitätsgefährdung.....	180
8.5.1.5	Dynamische Eigenanalysen – Schwingungsberechnung	182
8.5.2	Plastische Berechnungen der Beanspruchungen	183
8.5.2.1	Grundlagen	183
8.5.2.2	Theorie 1. Ordnung	184
8.5.2.3	Theorie 2. Ordnung	185

8.5.2.4	Statische Eigenanalysen – Stabilitätsberechnungen	186
8.6	Berechnungsergebnisse	187
8.6.1	Ergebnisarten	187
8.6.1.1	Linienelemente	187
8.6.1.2	Flächenstrukturen	188
8.6.2	Visualisierungen	189
8.6.3	Ergebnismarkierungen	191
8.6.4	Extremallinien (Umhüllende Kurven)	192
8.6.4.1	Benutzerdefinierte Grenzlinien	193
8.6.5	Unverformtes System darstellen ()	195
8.6.6	Tabelle der maßgebenden Stabendwerte ()	195
8.6.7	Animation der dynamischen Eigenformen ()	196
9	EC-konforme Nachweise	197
9.1	Grundlagen	197
9.2	Tragfähigkeitsnachweise für Stahlstrukturen	198
9.2.1	Globale Nachweise	198
9.2.2	Nachweis von Einzelbauteilen (Ersatzstabverfahren)	201
9.2.2.2	Individueller Einzelstabnachweis	202
9.2.2.3	Stabgruppennachweise	208
9.3	Stahlverbund-Querschnitte	209
9.3.1	Tragfähigkeitsnachweise für Verbundstützen	209
9.3.1.1	Eingaben	209
9.3.1.2	Ergebnisse	209
9.3.2	Tragfähigkeitsnachweise für Verbundträger	211
9.3.2.1	Berechnungsmodell	211
9.3.2.2	Nachweis der Schubdübel (Kopfbolzen)	212
9.3.2.3	Nachweis des Schubbeulens	213
9.3.2.4	Nachweis der Biege- und vertikalen Schubtragfähigkeit	213
9.3.2.5	Nachweis gegen Biegedrillknicken	213
9.3.2.6	Balkenparallgerippte Blecheindeckungen	214
9.3.2.7	Senkrecht zum Balken gerippte Blecheindeckungen	214
9.4	Nachweise für Stahlbetonquerschnitte	215
9.4.1	Bewehrungsnachweise für Träger	216
9.4.2	Bewehrungsnachweise für Stützen	216

9.4.3	Bewehrungsnachweise für Platten.....	217
9.5	Gebrauchstauglichkeitsnachweise ()	218
9.5.1	Grundlagen	218
9.5.2	Globale horizontale Verschiebung	218
9.5.3	Globale vertikale Verschiebung.....	219
9.5.4	Lokale stabweise Vertikalverformung	219
9.5.5	Relative Verschiebung zweier Punkte	220
10	Brandschutznachweise.....	221
10.1	Brandlastgruppen und -lastfälle.....	221
10.2	Brandeinwirkungen und passiver Brandschutz.....	222
10.3	Berechnungen	224
10.4	Nachweise	225
11	Querschnitts-Module	228
11.1	Grundlagen.....	228
11.2	Verwaltung der Querschnitte.....	229
11.3	Modellierung von Querschnitten	230
11.3.1	Das EPS-Modell.....	230
11.3.2	Das GSS-Modell	232
11.4	Querschnittstools	234
11.4.1	Geometrische Berechnungen.....	234
11.4.2	Beanspruchungen.....	234
11.4.3	Spannungen.....	234
11.4.4	Querschnittsklassen und effektiver Querschnitt.....	235
11.4.5	Tragfähigkeiten nach Eurocodes	236
11.4.5.1	Stahlquerschnitte	236
11.4.5.2	Stahlverbund- und Stahlbetonquerschnitte.....	237
11.4.5.3	Ergebnisse.....	238
11.5	Dokumentation eines Querschnittes	239
12	Dokumentation	240
12.1	Grundlagen.....	240
12.2	Dokumente-Tabulator.....	240
12.2.1	Dokument-Erstellung ()	240
12.2.2	Bearbeitung des Dokumentes	242
12.2.3	Bilderstellung ()	243

12.2.4	Bilderverwaltung (📁)	244
12.2.5	Modell-Informationen (🏠)	245
12.2.6	Struktur-Effizienz (✅)	245
12.3	Dokument-Export zu MS-Word	247
12.3.1	Exportprozedur	247
12.3.2	Eigene Formatvorlage für den Export zu MS-Word	247

1 ALLGEMEINES

1.1 SOFTWARE-INSTALLATION

Wenn die folgenden Hardware- Spezifikationen nicht eingehalten sind, funktioniert die Software nicht korrekt oder arbeitet langsam:

Minimale Hardware-Ansprüche:

- ▶ Prozessor: Intel Pentium IV oder gleichwertig
- ▶ RAM: 2 GB
- ▶ HDD: 100 MB
- ▶ Grafikboard: 128 MB nicht-integriert
- ▶ Betriebssystem: MS Windows 7, 8 oder besser 10/64 Bit

Empfohlene Hardware:

- ▶ Prozessor: Intel Core i7 oder gleichwertig
- ▶ RAM: 32 GB
- ▶ Grafikboard: 1 GB nicht-integriert

Sie benötigen Administrator- oder **Poweruser**-Rechte zur Softwareinstallation. Ohne Administrator-Rechte sind die Hardlock-Treiber und **.dll** Files nicht installierbar, die unabdingbar zum Betrieb der Software sind.

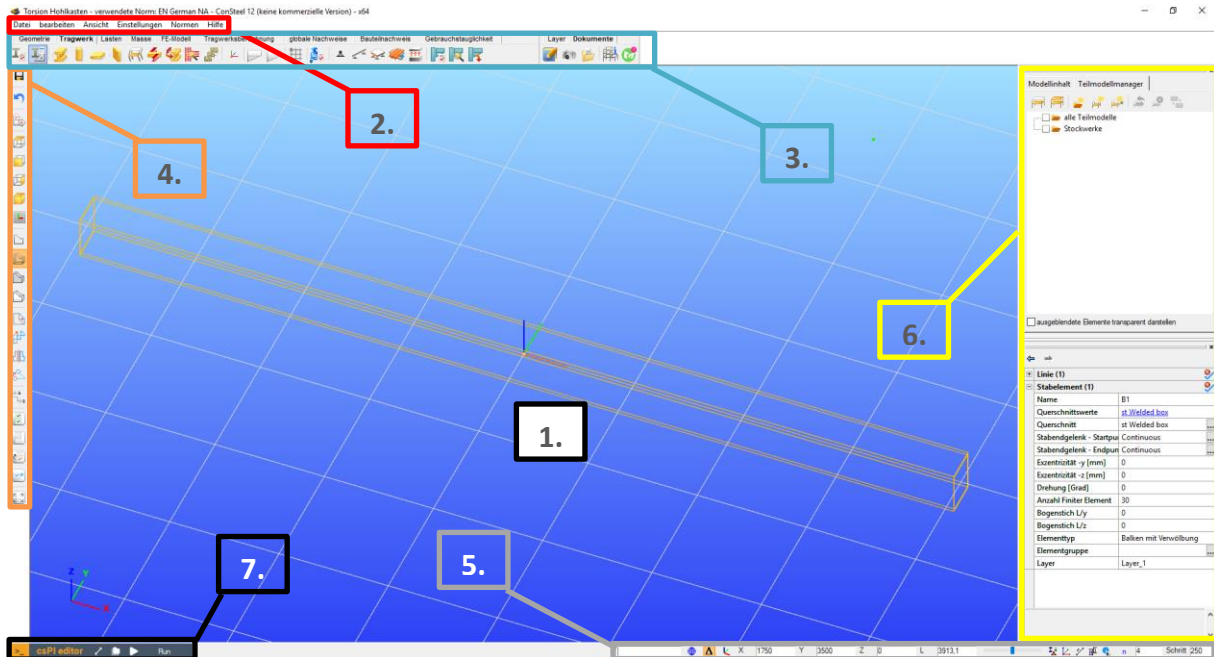
Die *ConSteel*-Software kann von CD oder über das Internet installiert werden. Die Installationspakete können über den Menüpunkt *Downloads/Installationsversionen* der *ConSteel*-Webseite (www.consteelsoftware.com/de/downloads/Installationsversionen).

Starten Sie das *ConSteel*-Installationsfile (ConSteel_12_x64_install_xxxx_xx_xx.exe) und folgen den Anweisungen.

Sie haben die Sprache während des Setups auszuwählen, die *ConSteel* (im Folgenden mit **CS** abgekürzt) bei zukünftigen Starts als Benutzerinterface verwenden soll. Später können Sie jederzeit zu einer anderen Sprache wechseln, die aber erst nach Neustart von **CS** wirksam wird. Befolgen Sie Schritt für Schritt den Instruktionen des Setup. Das Installationsprogramm kopiert die Software in das von CS (C:\Program Files\CS 12.0) oder von Ihnen vorgeschlagene Verzeichnis und es werden Starticons auf dem Desktop platziert. Zuletzt werden (in der kommerziellen Version) die Hardlock-Treiber installiert, wobei kein Fortschrittssignal angezeigt wird und Sie daher die Prozedur abwarten müssen.

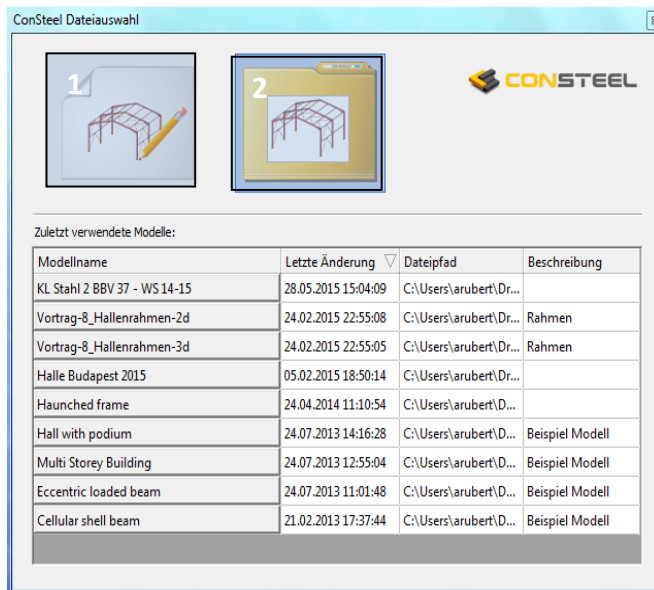
1.2 BENUTZER-OBERFLÄCHE

Die **Benutzeroberfläche** ist in verschiedene Bereiche eingeteilt:



1. **Grafikfenster:** dient der 3D-Modellierung
2. **Menüleiste:** enthält wichtige Kommandos
3. **Eingabetabulatoren:** von links nach rechts angewendet führen sie den Benutzer durch die Schritte der Strukturentwicklung, -berechnung und -nachweise
4. **Seitenleiste:** enthält Funktionsbuttons für Raster, Modellansichten, wichtige Veränderungen und Auswahlmethoden
5. **Statusleiste:** unterstützt die Zeichnungsphasen mit diversen Informationen und Schaltern für Sichtbarkeit der Beschriftungen von Objektinformationen
6. **Objektbaum und –tabellen:** gibt detaillierte Informationen über Modellstrukturen und Objektparameter
7. **CS-Programmier-Interface:** zur Programmierung einer automatisierten Modellerstellung und –berechnung (parametrisierte Modellierung)

1.2.1 START-FENSTER



Beim Start öffnet **CS** ein Dialogfenster, um neue Tragmodelle zu definieren oder bereits existierende zu öffnen. Die neuesten Modelle können geöffnet werden, ohne durch Verzeichnisse zu brausen. Standardmäßig sind die Modellnamen nach dem Erstellungsdatum sortiert, können aber auch nach Namen oder Modellpfad sortiert werden.

Schalter (#1) dient der Definition neuer Modelle, während Schalter (#2) existierende Modelle zeigt und auswählen lässt.

1.2.2 GRAFIKFENSTER

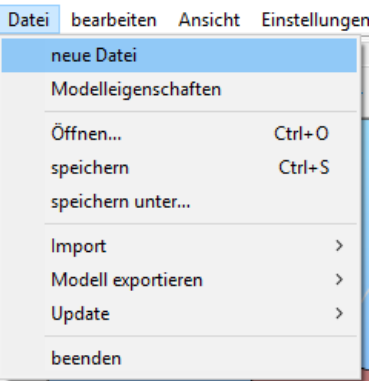
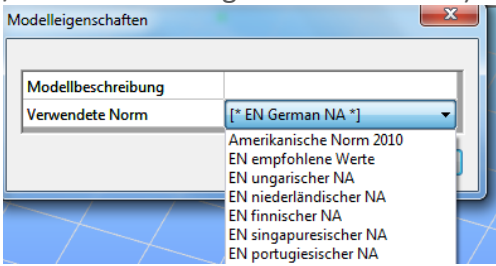
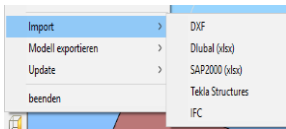
Das Strukturmodell erscheint immer im Grafikfenster. Es stehen zwar keine weiteren Grafikfenster zur Verfügung; dennoch wird in diesem Fenster eine Vielfalt von Ansichtsmöglichkeiten geboten. Das Grafikfenster wird durch das globale Koordinatensystem (*GKS*) und ein bewegliches, rotationsfähiges größenverstellbares Raster unterstützt. Das GKS in der linken unteren Ecke ist nicht veränderbar; der Ursprung des Benutzerkoordinatensystems (*BKS*) sitzt im Mittelpunkt des Rasters, das sich immer in der XY-Ebene aufspannt. Die folgenden Hot-Keys zur Modellbewegung und Ansichtsveränderungen können bei der Modellerstellung benutzt werden:

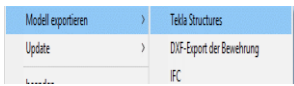
- ▶ **Verschieben:**
drücke und halte die mittleren Maustaste bei der Mausbewegung oder benutze die vier Pfeiltasten der Tastatur zur Lageveränderung des Modells
- ▶ **Rotieren:**
halte die **ALT**-Taste und die linke Maustaste bei der Mausbewegung gedrückt; das Rotationszentrum passt sich dabei der aktuellen Ansicht an
- ▶ **Skalieren:**
rolle das Mausrad vor und zurück oder benutze die **+** und **-** Tasten der Tastatur oder halte die **ALT**-Taste und die rechte Maustaste bei der Mausbewegung gedrückt
- ▶ **Fenster zoomen:**
bei Drücken der **SHIFT+ALT** –Tasten ziehen Sie mit der linken Maustaste ein Fenster auf
- ▶ **Hotkeys der Ansichten:**
 - **Ctrl+1:** wechsele zur **Draufsicht**

- **Ctrl+2:** wechsele zur **Vorderansicht**
- **Ctrl+3:** wechsele zur **Seitenansicht**
- **Ctrl+4:** wechsele zur **axonometrische Ansicht**
- **Ctrl+5:** wechsele zur **Ansicht senkrecht zur aktuellen Rasterebene**
- **Ctrl+0:** wechsele zum **Gesamtmodell**

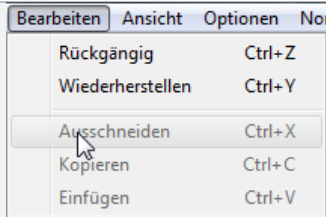
1.2.3 MENÜS

Das CS-Menü enthält nur wenige Kommandos, da alle wichtigen Funktionalitäten auf den strukturierten Tabulatoren (mit kontextvariierendem Button) und Seitenbalken platziert sind. Trotzdem existieren sechs wichtige Funktionsgruppen: das **DATEI**-Handling, einige **BEARBEITEN**-Optionen (undo-redo), **ANSICHTEN** und Diagnosen, **OPTIONEN** (für Speichern, Software-Update, Sprachauswahl und für Modelldiagnosen), **NORMEN** zur Festlegung wichtiger Nachweisparameter und **HILFE**.

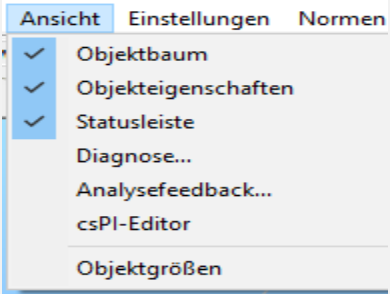
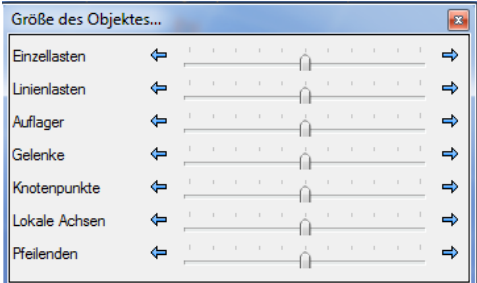
DATEI-MENÜ:	
NEUE DATEI	ein neues Strukturmodell eröffnen
MODELLEIGENSCHAFTEN	Die Modellbeschreibung und der Nationale Anhang zum EC bzw. der Nachweisstandard kann verändert werden (dies konnte bereits zu Anfang bei einer neuen Datei-/Modellerstellung definiert werden) 
ÖFFNEN SPEICHERN SPEICHERN UNTER...	gemäß ihrer Namen
IMPORT	 Importformate: ▶ DXF Drahtmodell ▶ IFC ▶ komplexer Dlubal und SAP2000 Modellimport mit Lastübergabe

EXPORT	 das ausgewählte (Teil-) Modell ist sehr detailliert zu <i>TEKLA Structures</i> oder <i>IFC</i> exportierbar; die farbige Ergebnisanzeige bei Plattenbewehrung auch im DXF-Format
UPDATE	Mit Tekla verbundene Modelle (zuvor ist ein Tekla Import oder Export notwendig) können gemäß dem aktuellen CS -Modell aktualisiert oder verändert werden
BEENDEN	schließt das Programm mit „Speichern“-Vorschlag

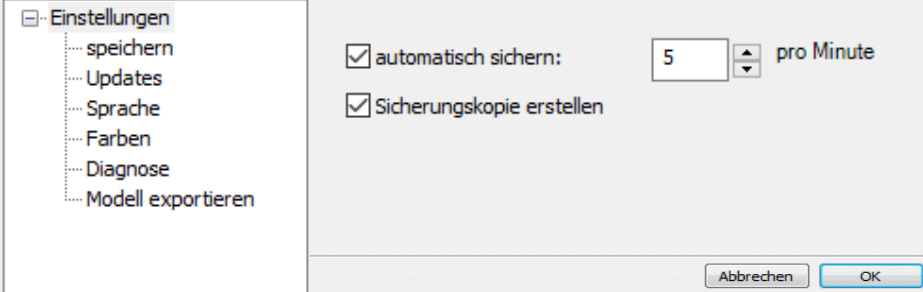
Im **BEARBEITEN**-Menü stehen folgende Kommandos zur Verfügung:

BEARBEITEN-MENÜ	
------------------------	---

Im **ANSICHT**-Menü stehen folgende Kommandos zur Verfügung:

ANSICHT-MENÜ	
BAUM OBJEKTEIGENSCHAFTEN STATUSLEISTE DIAGNOSE...	mit den ersten vier Funktionen kann die Sichtbarkeit der andockbaren Fenster auf der rechten Seite des Bildschirms ein- und ausgestellt werden
ANALYSEFEEDBACK...	Erzeugung eines Objektfensters zur Systemanalyse
OBJEKTGRÖßEN	mit OBJEKTGRÖßEN ist die Darstellung einzelner Grafik-Objekte (z.B. Lastpfeile, lokale Achsen, etc.) verändert werden: 

Folgende Einstellungen können gesetzt werden: **SPEICHERN**, **UPDATES**, **SPRACHE**, **FARBEN**, **DIAGNOSE** und **MODELLEXPORT**.

EINSTELLUNGEN	
SPEICHERN	wenn „AUTOMATISCH SICHERN“ aktiv ist, erstellt CS eine Sicherheitsdatei das gesamte Tragmodell und aller Einstellungen gemäß der frei einstellbaren Zeit; bei aktiver „SICHERHEITSKOPIE ERSTELLEN“ wird CS eine Sicherheitsdatei nach einem manuellen Speicherkommando anfertigen; die Backup-Modeldatei kann durch Löschen der .bak Endung als normale Modeldatei genutzt werden
UPDATE	sie können automatisch beim Start von CS nach neuen Programmversionen automatisch suchen lassen oder mit  sofort eine Update-Suche starten

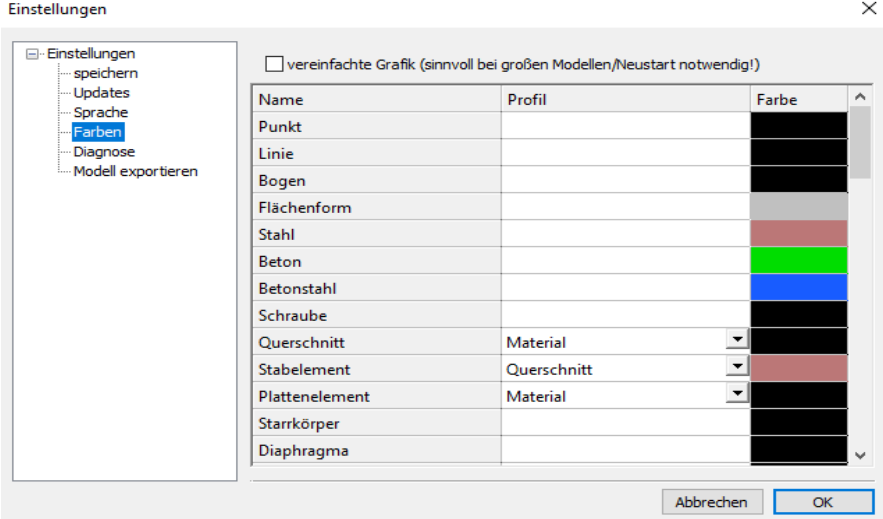
Programmverbesserungen gemäß Benutzerverhalten

Um die Software so gut wie möglich an die Benutzerbedürfnisse anzupassen, erstellt CS im Hintergrund eine Benutzerstatistik und versendet diese. KÉSZ Holding Plc benutzt diese Informationen lediglich, um die Software zu verbessern und sie dem Benutzerverhalten besser anzupassen. Die folgende Information werden erfasst: Softwareversion, benutzte Funktionen, Laufzeit, Standort.
 Die Informationen enthalten keine persönlichen Daten (z.B. Benutzername, Adresse oder Telefonnummern) und werden nicht zur Personenidentifikation verwendet.

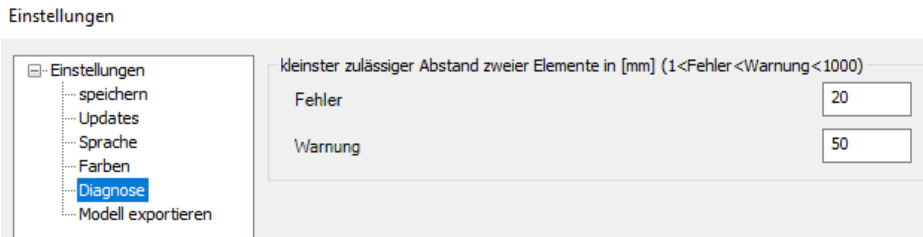
SPRACHE	Die Sprachwahl der Programm-Benutzeroberfläche wird erst nach einem Neustart wirksam!
----------------	--

FARBEN

sie können hier unterschiedliche Farben für viele Objekte einstellen, in dem sie in der betreffenden Zeile auf die Farbe doppelt klicken und sie dann neu einstellen



DIAGNOSE



CS prüft grundsätzlich vor der Berechnung, ob geometrische Probleme der Strukturelemente bestehen.

Zwei unterschiedliche Warnungen werden ggfs. im Diagnosefenster (siehe Ansicht/Analysefeedback...) erstellt:

- **Fehler:**
ist der Abstand zwischen den Endpunkten zweier benachbarter Elemente größer als 0 und kleiner als der eingestellte Wert von „**Fehler**“, zeigt **CS** im Dialogfenster rechts eine Fehlermeldung und zeigt mit einem roten Punkt die betreffenden Elemente. Die Strukturberechnung wird nicht ausgeführt!
- **Warnung:**
ist der Abstand zwischen den Endpunkten zweier benachbarter Elemente größer als der definierte „**Fehlerwert**“ aber kleiner als der „**Warnwert**“, gibt **CS** eine Warnung aus und zeigt mit einem gelben Punkt die betreffenden Elemente

EXPORT

Zur Benutzung der FEM-Software IDEA-StatICA ist eine direkte Verbindung zu CS notwendig.

Einstellungen ✕

- [-] Einstellungen
 - speichern
 - Updates
 - Sprache
 - Farben
 - Diagnose
 - Modell exportieren

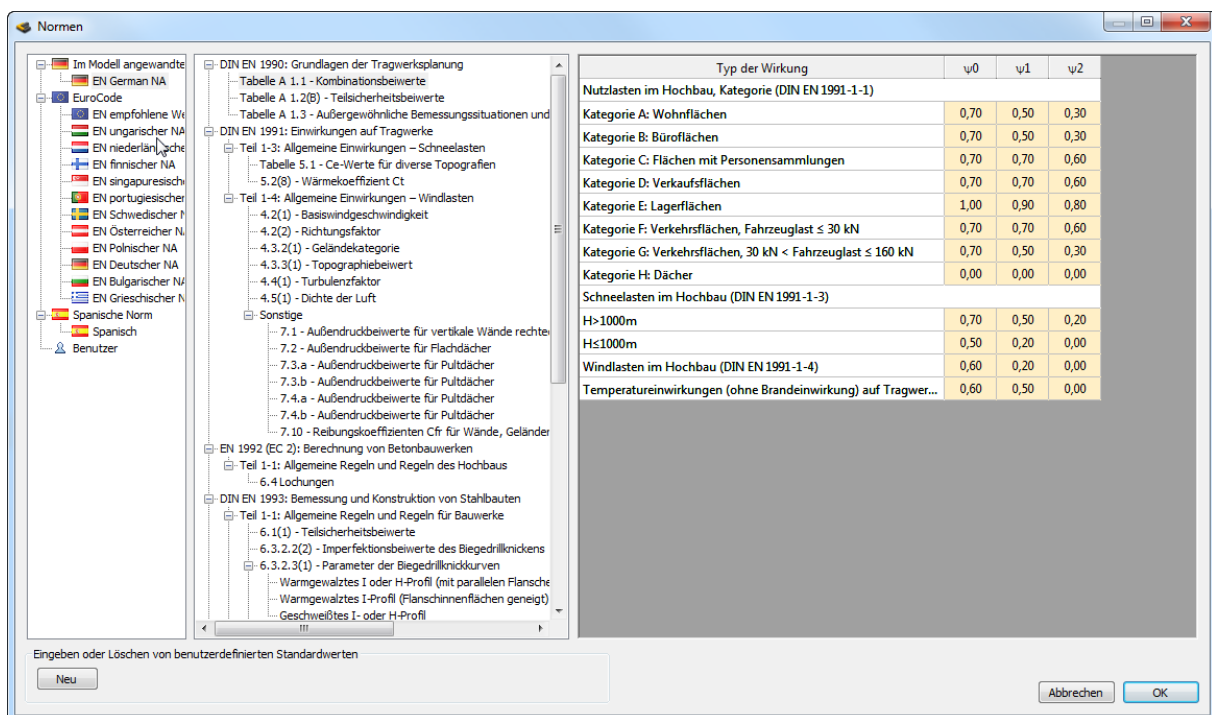
IDEA StatiCa Interface

Installationspfad von IDEA StatiCa

Achtung
ConSteel - IDEA Verbindungnterface kann nur mit den IDEA-Versionen 7.1 und 8.1 ausgeführt werden!
Interface wurde getestet mit den Versionen 7.1.2.40942 und 8.1.15.44637 von IDEA StatiCa. Bitte überprüfen Sie bei Verwendung anderer IDEA StatiCa Versionen alle Geometrieparameter und Belastungen der exportierten Anschlüsse!

NORMEN-Menü:

Dieses Menü bietet umfangreiche Möglichkeiten, um existierende nationale Normparameter (gemäß den nationalen Anhängen zu den Normen) einzusehen und ggfs. leicht zu verändern. Die jeweils von **CS** benutzte Norm wird im **DATEI**-Menü gesetzt.



Typ der Wirkung	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Nutzlasten im Hochbau, Kategorie (DIN EN 1991-1-1)			
Kategorie A: Wohnflächen	0,70	0,50	0,30
Kategorie B: Büroflächen	0,70	0,50	0,30
Kategorie C: Flächen mit Personensammlungen	0,70	0,70	0,60
Kategorie D: Verkaufsflächen	0,70	0,70	0,60
Kategorie E: Lagerflächen	1,00	0,90	0,80
Kategorie F: Verkehrsflächen, Fahrzeuglast ≤ 30 kN	0,70	0,70	0,60
Kategorie G: Verkehrsflächen, 30 kN < Fahrzeuglast ≤ 160 kN	0,70	0,50	0,30
Kategorie H: Dächer	0,00	0,00	0,00
Schneelasten im Hochbau (DIN EN 1991-1-3)			
H>1000m	0,70	0,50	0,20
H<=1000m	0,50	0,20	0,00
Windlasten im Hochbau (DIN EN 1991-1-4)			
Temperatureinwirkungen (ohne Brandeinwirkung) auf Tragwerke...	0,60	0,50	0,00

Die erste Spalte oben zeigt die im Modell aktuell benutzte und darunter alle anderen vorhandenen Normen. Sie können auch Normen löschen oder weitere erzeugen mittels:

- ▶ drücken des **NEU**-Schalters
- ▶ wählen Sie eine existierende Norm aus

Eingeben oder Löschen von benutzerdefinierten Standardwerten

Neu

Als Kopie von

EN Deutscher NA

Name

✓

✕

- ▶ benennen Sie die neue Norm
- ▶ anschließend können Sie die Parameter in der dritten Spalte verändern

Die nationalen Anhänge werden in der folgenden Datei gespeichert:

|Documents\ConSteel\UserStandard.xml

17

www.consteelsoftware.de

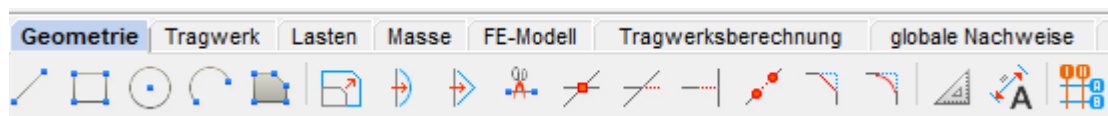
1.2.4 TABULATOREN (KARTEIEN)

Geometrie | Tragwerk | Lasten | FE-Modell | Tragwerksberechnung | Globaler Nachweis | Bauteilnachweis | Gebrauchstauglichkeit

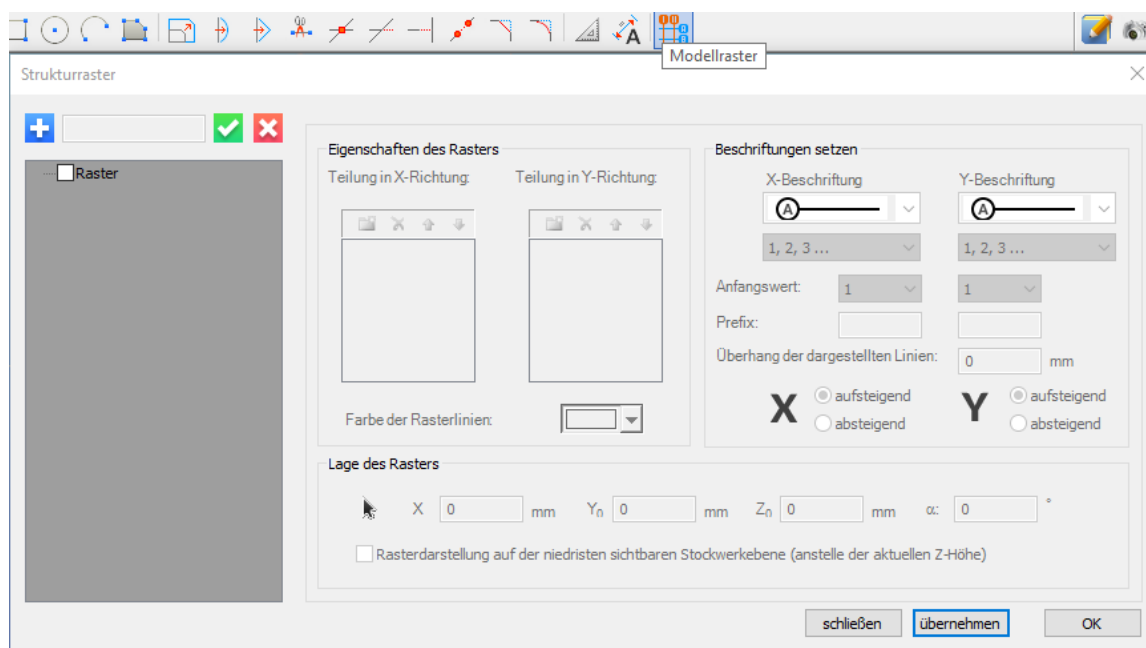
Die Karteien sind systematisch von links nach rechts geordnet und entsprechen auch der logischen Reihenfolge der Strukturerstellung und -berechnung. Der Anwender wird von links nach rechts durch den Planungsprozess geführt. Nach Erstellung des Tragwerks werden die Lasten (und Lastgruppen sowie Einwirkungskombinationen) eingegeben. Das FE-Modell kann ggfs. spezifiziert werden (was nicht nötig ist, da die Elementierung durch **CS** automatisch erstellt wird); dann erfolgt die Tragwerksberechnung (Baustatik/-dynamik); mit dem Globalen Nachweis werden basierend auf den ermittelten Beanspruchungen die Querschnittsnachweise und alle mittels Querschnittsnachweisen mögliche globale Stabilitätsnachweise des Tragwerkes geführt.

Jede Kartei hat ihre eigenen Icons (Buttons) und zugehörige Kurzerklärungen, die sich automatisch öffnet, wenn sich der Mausfeil nähert.

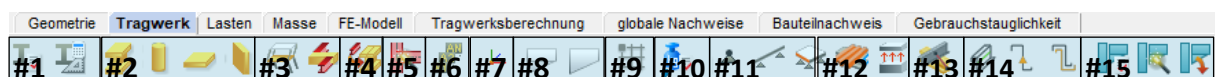
GEOMETRIE-Kartei



Sie enthält zahlreiche CAD- und Änderungsfunktionen sowie Vermaßungen und Messtools. Mit dem letzten Icon lassen sich Grundrissraster (mit Achsenbezeichnungen) erstellen:



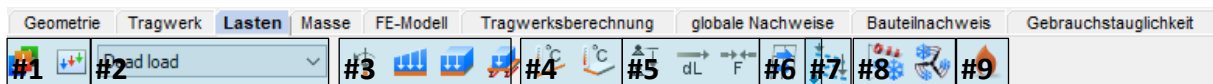
TRAGWERKS-Kartei



- #1: die ersten beiden Icons dienen den Querschnittsaktionen
- #2: dieser Funktionsbereich dient der Erstellung von (beliebig geneigten) Stäben, (vertikalen) Stützen, ebenen Platten und (vertikalen) Wänden

- #3: hier können Tragelemente als starre Körper definiert werden
- #4: auf Knopfdruck können Stabelemente mit ebenen Schalenelementen generiert werden
- #5: mit dem einzigartigen Rahmenecken-Wizard kann Einfluss auf die Nachweise in den Schubfeldern von Rahmenecken genommen werden
- #6: mit diesem Icon können die Elemente anders nummeriert werden
- #7: nach Wahl eines Strukturelementes kann ein lokales Koordinatensystem definiert werden
- #8: hier können Vouten und veränderliche Trägerhöhen angeordnet werden
- #9: Bewehrungseditor
- #10: mit diesem Icon können Materialien (Stahl, Beton und Bewehrungsstahl) definiert bzw. verändert werden
- #11: diese Icons dienen der Setzung von Punkt-, Linien- und Flächenlagern sowie der linien- und flächenartigen Kopplung von Elementen (starr oder elastisch)
- #12: diese Icons dienen der Setzung von Punkt-, Linien- und Flächenlagern sowie der linien- und flächenartigen Kopplung von Elementen (starr oder elastisch)
- #13: Smartes Träger-Träger-Koppelement: behält die Trägerkopplung bei Geometrie-änderungen bei (ab V14!)
- #14: Erstellung und Lagerung dünnwandiger Pfetten
- #15: bindet **csJoint** zur Erkennung geeigneter Anschlüsse, Konstruktion und Berechnung von Anschlüssen innerhalb von **CS** an

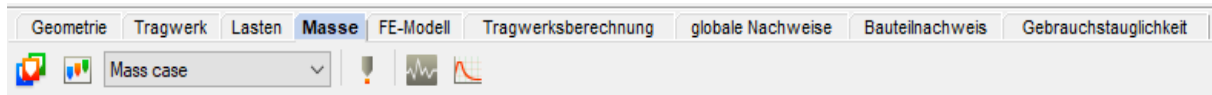
LASTEN-Kartei



- #1: die ersten beiden Funktionen erstellen Lastfälle, Lastgruppen und Einwirkungskombinationen
- #2: mit dem Auswahlfenster werden die einzelnen Lastfälle am Strukturmodell angezeigt
- #3: hier werden die mechanischen Einwirkungen definiert
- #4: hier werden die Temperatur-Einwirkungen an Querschnitt und Oberfläche definiert
- #5: hier werden Lagersetzungen, Zwangsdehnungen und Vorspannungen definiert
- #6: Erstellung von globalen Vorverformungen mittels Ersatzlasten, Anfangswinkel oder ebener und räumlicher Eigenformen (wahlweise mit reinen Knotenverschiebungen oder vollständig mit Querschnittsverdrehungen und –verwölbungen)
- #7: Erstellung von Einflusslinien, Kran- und Zuglasten
- #8: Definition meteorologischer Flächen und –parameter sowie automatischer Lastgeneratoren für Schnee- und Windlasten
- #9: Brandlasten und –bekleidungen

MASSEN-Kartei

Erstellung von Massenfälle und -gruppen, Punktmassen, Antwortspektren sowie weiterer seismischer Effekte



FINITE-ELEMENT-Kartei

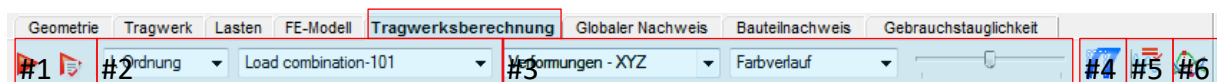


#1: hier wird das FE-Netz sichtbar, unsichtbar gemacht bzw. verdichtet sowie die Methodik der automatischen Elementgenerierung gewählt

#2: Elementierungsdiagnose

#3: Darstellung der von Linien- und Flächenlasten umgerechneten Einzellasten

TRAGWERKSBERECHNUNG-Kartei



Hier werden die Berechnungsarten definiert und ausgeführt und die Berechnungsergebnisse (z.B. Verformungen, Schnittgrößen) in diversen Darstellungsformen dargestellt:

#1: die roten Pfeile starten bzw. definieren die Berechnungen

#2: dieser Bereich definiert die Art der Berechnungsergebnisse und die Lastfallkombination

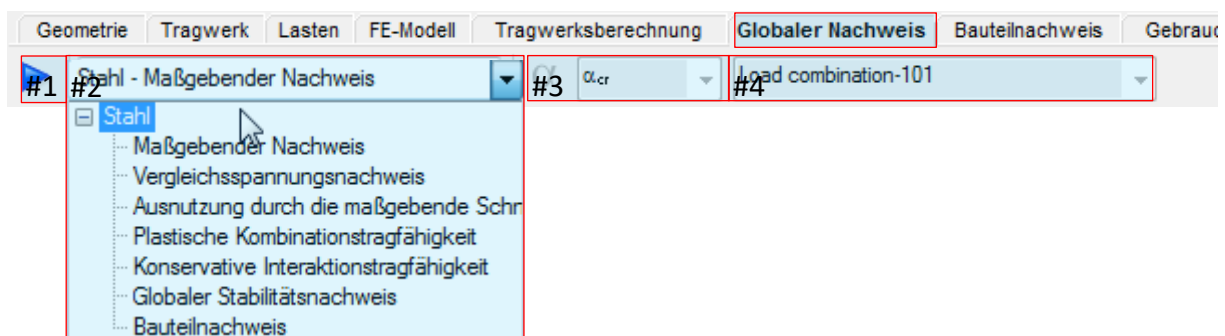
#3: Wahl der darzustellenden Beanspruchung, der Art der Darstellung und des Maßstabes

#4: unverformte Konfiguration zusätzlich darstellen

#5: Einstellungen zur Genauigkeit der Erdbebenberechnungen

#6: maßgebende Ergebniswerte

GLOBALER NACHWEIS-Kartei

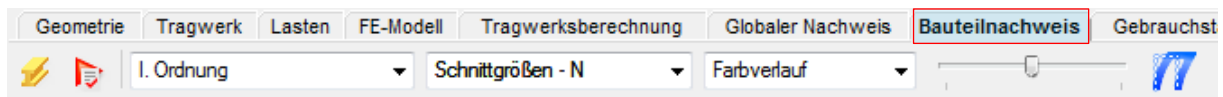


Die **GLOBALE NACHWEIS**-KARTEI bietet Optionen und Ergebnisse der möglichen Tragfähigkeitsnachweise der Querschnitte und auch des globalen Stabilitätsnachweises nach DIN EN 1993-1-1/6.3.4:

- #1: der blaue Pfeil definiert die gewünschten Nachweise und Bauteile
- #2: erlaubt die Auswahl einer Ergebnisart aller parallel durchgeführten Nachweise
- #3: zeigt die kritischen Laststeigerungsparameter des räumlichen Stabilitätsnachweises
- #4: Wahl der Lastfallkombination

Zusätzlich geführte Bauteilnachweise nach DIN EN 1993-1-1/6.1 bis 6.3.3 tauchen in der Ergebnisliste #2 ebenfalls auf!

BAUTEILNACHWEIS-Kartei

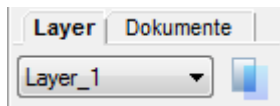


Hier können Stabilitätsnachweise (Knicken, Biegedrillknicken und Interaktionen) für Einzelbauteile aus Stahl- und Stahlverbundquerschnitten des Gesamtmodells definiert und durchgeführt werden.

GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT-Kartei

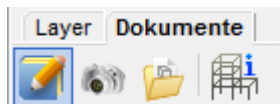
Hier werden zu auszuwertenden Verformungsgrößen für Untersuchungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) definiert und die Ergebnisse dargestellt.

LAYER-Kartei



Hier werden Layer-Eigenschaften definiert und benutzt.

DOKUMENT-Kartei



Hier stehen Tools zur einfachen Erstellung eines Ausgabedokumentes und von Screenshots und der Dokumenten- und Bilderverwaltung zur Verfügung. Das letzte Icon zeigt Informationen des Strukturmodells.

1.2.5 SEITENBALKEN

Der linke Seitenbalken enthält häufig wiederkehrende Funktionen:

	<i>Modell speichern</i>
	<i>Undo/Redo</i>
	<i>Koordinatensysteme und Fangraster</i>
	<i>Modellansicht wählen: Draufsicht, Seitenansicht, Isometrie, senkrecht zum Raster</i>
	<i>Linienmodell (Darstellung der Elementachsen)</i>
	<i>Drahtgittermodell</i>
	<i>3D-Modell mit versteckten Kanten</i>
	<i>3D-Modell</i>
	<i>verlege Punkt oder Rand</i>
	<i>verschiebe/kopiere vorgewählte Objekte</i>
	<i>spiegele vorgewählte Objekte</i>
	<i>drehe vorgewählte Objekte</i>
	<i>erstelle einen Querschnitt (nur bei Schalenmodellen)</i>
	<i>wähle alle Objekte</i>
	<i>verwerfe alle Objekte</i>
	<i>kehre Objektwahl um</i>
	<i>wähle gemäß Objekteigenschaften</i>
	<i>Gesamtsicht (Ctrl+0)</i>

1.2.6 csPI-BEDIENUNGSFELD

Am unteren Rand des Bildschirms befindet sich auf der linken Seite das **csPI**-Bedienungsfeld. **csPI** ist das spezielle **ConSteel** Programmier-Interface zur Erstellung parametrisierter Strukturmodelle. Alle **CS**-Objekte (z.B. Stützen, Wände, Berechnungsanweisungen) können durch das **csPI** erstellt werden und die zugehörigen Objektparameter stehen als Variable zur Verfügung. In **KAPITEL 15 (csPI-CONSTEEL PROGRAMMINTERFACE)** erfahren Sie mehr!



1.2.7 Statusbalken



Das erste (leere) Feld zeigt durch automatisches Ausfüllen den Fortschritt einer laufenden Aktion.

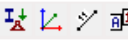
Die nächsten drei Icons (  ) spezifizieren die Bedeutung der Koordinaten während Zeichnungs-/Modellierungsaktionen (das gelb unterlegte Icon ist gültig). Daneben werden manuell (über die Tastatur) Koordinaten eingegeben, nachdem die entsprechende Buchstabentaste ("X, Y, Z, L") für die Koordinatenrichtung oder eine Länge L in eine von der Maus definierte Richtung bzw. ("a, b, L") bei Polarkoordinaten gedrückt wurde. Die Interpretation der eingegebenen Koordinaten hängt von der vom Benutzer gewählten Koordinateneinstellung ab:



 Sie können auch bei aktivem rechtwinkligem Koordinatensystem mit Hilfe der Maus und dem numerischen Eingabefeld "L" in eine beliebige Richtung konstruieren:

Nach Mausklick auf den ersten Punkt eines stab- oder linienförmigen Strukturelementes zeigen Sie mit dem Mauszeiger in die gewünschte Richtung, drücken "L" (kleiner Buchstabe) und geben schließlich manuell die gewünschte Länge in das Eingabefeld. Das Streckenelement wird durch Betätigen der Enter-Taste mit der Länge L in Richtung der Strecke der beiden Mauspunkte gezeichnet.

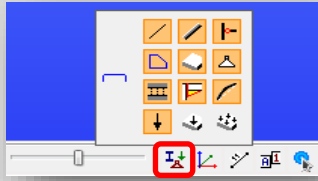
Durch Bewegung oder Klicken auf den Schieber () mit der *rechten* Maustaste kann die Objektgröße verändert werden.

Die nächsten vier Icons () passen die Sichtbarkeit von Objektbezeichnern an. Richtet sich der Mauszeiger auf eines der Symbole, dann erscheinen Matrizen mit gruppierten grafischen Symbolen.

Durch Anklicken des ersten Icons auf jeder der vier Sichtbarkeitsmatrizen wird der Wirkungsbereich zwischen global ( / gültig für alle Karteien) und lokal ( / nur für die aktuelle Kartei) geändert. Auch frühere Einstellungen werden durch die Aktuelle überschrieben.

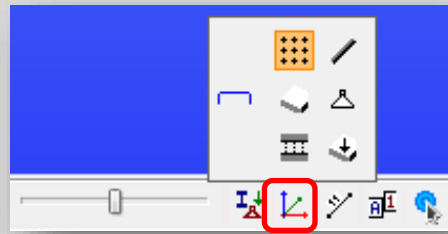
Sichtbarkeitsoptionen der grafischen Symbole ():

	<i>Sichtbarkeit von Linien, Kreisen und Kreisbögen, gezeichnet in GEOMETRIE-Kartei</i>
	<i>Sichtbarkeit von Tragelementen, erzeugt mit den Stützen- und Balkenfunktionen unter der TRAGWERK-Kartei; beim Umstellen der Tragelemente auf unsichtbar können deren Stabachsen sichtbar bleiben, wenn die Sichtbarkeit der Linien() wirksam ist</i>
	<i>Sichtbarkeit der Stabendlagerungen (Gelenke)</i>
	<i>zweidimensionaler Formen; beim Umstellen auf unsichtbar können deren Umrisse sichtbar bleiben, wenn die Sichtbarkeit der Linien() wirksam ist</i>



	<i>Sichtbarkeit von 3D-Strukturen (Platten und Wände); beim Umstellen auf unsichtbar können deren Umrisse und zugehörige 2D-Komponenten sichtbar bleiben, wenn die Sichtbarkeit der Linien () und/oder 2D-Formen () wirksam ist</i>
	<i>Sichtbarkeit der Lagerungen</i>
	<i>Sichtbarkeit von Starrkörper- und Koppelverbindungen</i>
	<i>Sichtbarkeit von mittels csJoint angelegten Anschlüssen</i>
	<i>Sichtbarkeit von lokalen Bogen-Imperfektionen</i>
	<i>Punkt-, Linien und Flächenlasten</i>
	<i>Sichtbarkeit von Lastübertragungsflächen; beim Umstellen auf unsichtbar können deren Umrisse sichtbar bleiben, wenn die Sichtbarkeit der Linien () wirksam ist</i>
	<i>Sichtbarkeit von Lastübertragungsflächen</i>
	<i>Sichtbarkeit von Massen</i>

Sichtbarkeitsoptionen des Rasters und der lokalen Koordinatensysteme ():



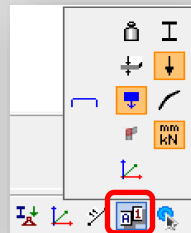
	<i>Sichtbarkeit des Rasters</i>
	<i>Sichtbarkeit der lokalen Koordinatensysteme von Trägern und Stützen</i>
	<i>Sichtbarkeit der lokalen Koordinatensysteme von 3D-Objekten (Platten, Wände)</i>
	<i>Sichtbarkeit der lokalen Koordinatensysteme der Lagerungen</i>
	<i>Sichtbarkeit der lokalen Koordinatensysteme der Starrkörper- und Koppelverbindungen</i>
	<i>Sichtbarkeit der lokalen Koordinatensysteme der Lastübertragungsflächen</i>
	<i>wenn die Sichtbarkeit von Objekten ausgeschaltet wird, werden auch deren Koordinatensysteme unsichtbar</i>

Sichtbarkeitsoptionen der Objektnamen ()



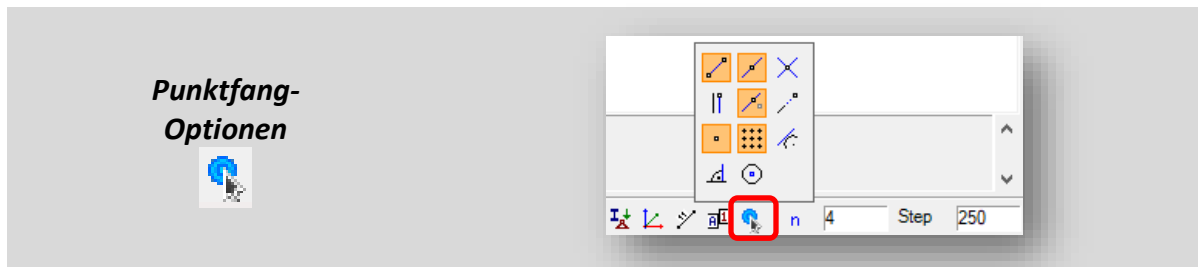
	Sichtbarkeit der FE-Nummerierung (sichtbar nur auf den FE-ELEMENT- und TRAGWERKSBERECHNUNGS-Karteien)
	Sichtbarkeit der Träger- und Stützennamen
	Sichtbarkeit Namen von 3D-Objekten (Platten, Wände)
	Sichtbarkeit der Lagerungsnamen
	Sichtbarkeit der Namen der Starrkörper- und Koppelverbindungen
	Sichtbarkeit der Namen der mittels csJoint angelegten Anschlüssen
	Sichtbarkeit der Namen der Lastübertragungsflächen
	Sichtbarkeit der Namen der Schubfelder
	Sichtbarkeit der Namen der Bewehrungsobjekte
	bei Setzen der Unsichtbarkeit von Objekten verschwinden auch deren Namen

Sichtbarkeitsoptionen von Bezeichnungen ()



	Materialbezeichnungen
	Querschnittsbezeichnungen
	Plattendicken in mm
	Lastwerte
	lokale Bogenimperfectionen
	Einheiten
	Bezeichnungen von lokalen Koordinatenachsen
	Bezeichnungen der Rahmeneckenzonen
	Bezeichnungen der Massen

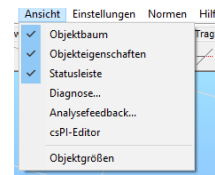
Die **Punktfang-Optionen** bieten umfangreiche Einfang(Snap)-Funktionen von Punkten oder Linien:



	Einfangen der Endpunkte von Linien und Trägern/Stützen
	Teilungsfunktion ein- und ausschalten: ➤ EIN: bei aktiver Teilungsfunktion erscheint im Statusbalken ein weiteres Symbol mit Eingabefeld. Drei Optionen stehen zur Erzeugung von Teilungspunkten zur Verfügung, zwischen denen durch Mausklick auf das Icon gewechselt werden kann: • 25 : durch Klick auf das Icon erscheint das Prozent-Icon. Die zuvor eingesetzte prozentuale Länge des mit der Maus gekennzeichneten Elementes wird berechnet und diese vom Mauseingangspunkt so oft wie möglich angetragen und mit Teilungspunkten gekennzeichnet. Üblicherweise verbleibt eine Restlänge am Elementende • 1000 : durch Klick auf das Icon kann eine absolute Distanz in mm eingegeben werden. Diese Länge wird vom Mauseingangspunkt so oft wie möglich angetragen und mit Teilungspunkten gekennzeichnet. Üblicherweise verbleibt eine Restlänge am Elementende • 4 : durch Klick auf das Icon und Eingabe einer Ganzzahl kann eine regelmäßige Teilung erfolgen. Die erzeugten Fangpunkte in regelmäßigen Abständen lassen keine Restlänge übrig ➤ AUS: Das Teilungsfeld im Statusbalken verschwindet
	zum Fangen von Kreuzungspunkten von geometrischen Linien und den Achsen von Trägern und Stützen
	zum Fangen eines parallelen Punktes zu einem geradlinigen Objekt
	zum Fangen des objektnächsten Punktes
	zum Fangen eines auf Linie verlängerten Punktes eines geradlinigen Objektes; es wird die aktuelle Distanz in [mm] des Fangpunktes zum Objektendpunkt angezeigt
	Ein- und Ausschalten der Raster(fang)punkte
	Fangpunkt zur Erzeugung einer Tangente an einen Bogen oder Kreis von einem Punkt
	Fangpunkt zur Erzeugung einer Senkrechten von einem Punkt zu einem Objekt (Linie, Kreis/Bogen)
	zum Fangen eines Kreis- oder Kreisbogenmittelpunktes

1.2.8 FENSTER DER OBJEKTBÄUME, DIAGNOSEN UND OBJEKT-EIGENSCHAFTEN

Die Sichtbarkeit der auf der rechten Seite des Bildschirms sichtbaren Fenster des kann im **ANSICHTEN**-Menü gesteuert werden:



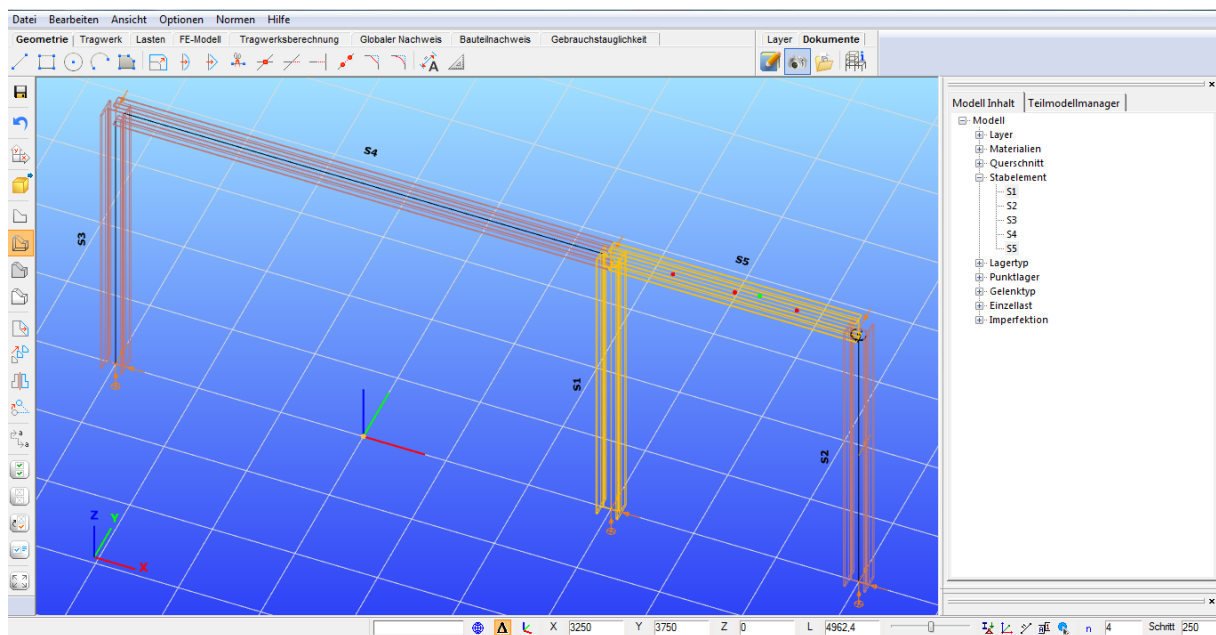
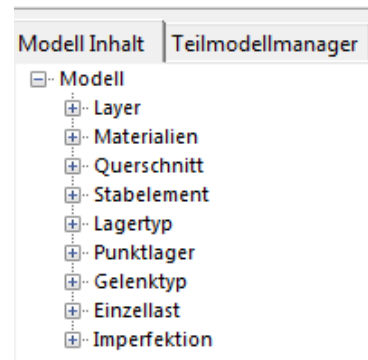
Objektbaum-Fenster

Das Objektfenster hat zwei Register:

MODELL INHALT-Register:

Grundsätzlich enthält das **MODELL INHALT**-Register alle Standard-Basisobjekte, die man zur Erstellung eines Tragmodells verwenden kann, in einer Baumstruktur.

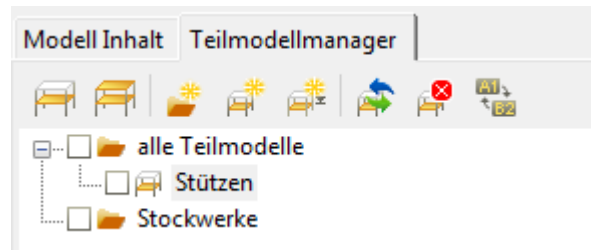
Während der Modellerstellung erscheint jedes neue Objekt (z.B. Material, Querschnitt, Lasten, Stabelemente, Lager, usw.) in der passenden Gruppe des Objektbaumes.



Im Objektbaum (auch mehrfach) markierte Objekte werden im Strukturmodell des Grafikfensters hell hervorgehoben. Umgekehrt werden bei Anklicken von Objekten in der Grafik auch die entsprechenden Baumbezeichnungen unterlegt.

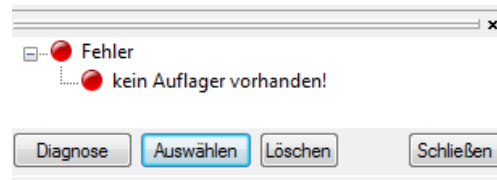
TEILMODELLMANAGER-Register

Der sehr nützliche **Teilmodellmanager** wird in den Abschnitten 2.3 und 3.4 ausführlich erläutert!

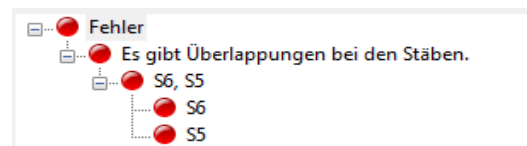


Diagnose Fenster

Bei geometrischen oder Modellierfehlern (z.B. Überlagerung von zwei oder mehr Objekten, komplett fehlenden Lagern, usw.) öffnet sich das Diagnose-Fenster automatisch und zeigt einen Namensbaum der kritischen Objekte mit zugehöriger Fehlerdiagnostik.



Mit roten Punkten werden garantierte Fehler und mit oranger/gelber Farbe mögliche/denkbare Fehler aufgeführt.

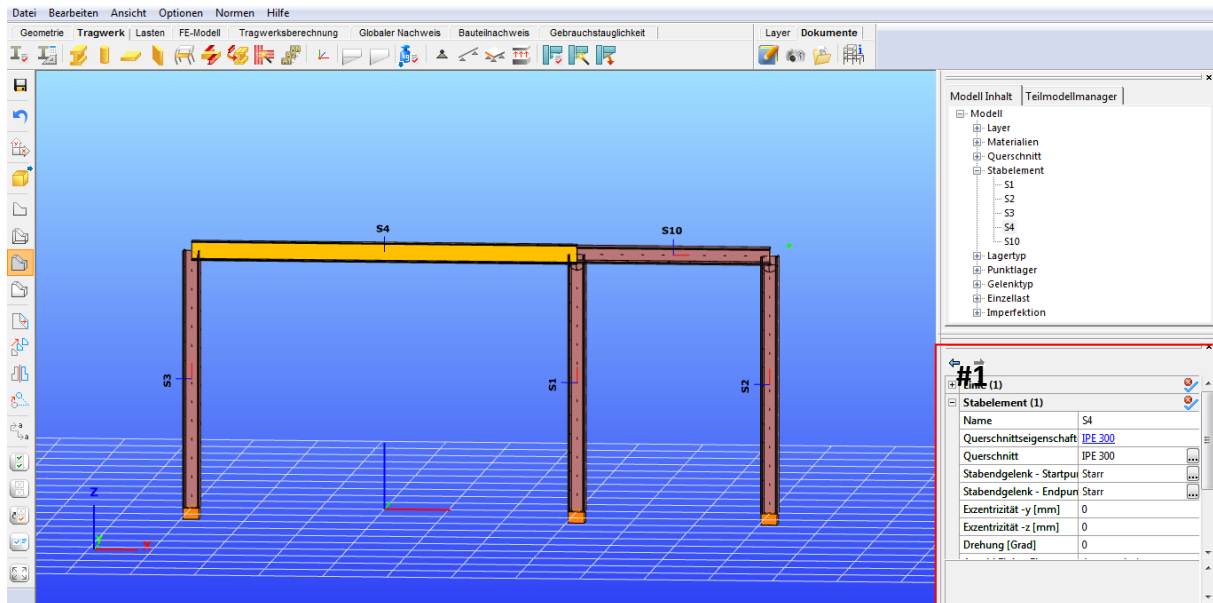


Durch Anklicken eines der Objektnamen und Betätigung des **AUSWÄHLEN**-Schalters wird das betreffende Element auch in der Modellgrafik hervorgehoben. Durch gleichzeitiges Drücken der **SHIFT** oder **STRG**-Taste und Anklicken von Objektnamen können mehrere Objekte hervorgehoben werden.

Die ausgewählten Objekte können mit dem **LÖSCHEN**-Schalter unten im Diagnosefenster oder mittels **ENTF**-Taste der Tastatur aus dem Modell entfernt werden.

Objekteigenschaften Fenster

Das Fenster der Objekteigenschaften dient der Listung und schnellen Veränderung der Eigenschaften von Objekten. Durch Anklicken eines Objektes im grafischen Modell erscheinen alle zugeordneten Objekteigenschaften unten rechts im Fenster (#1). Die gezeigten Parameter können in den meisten Fällen verändert werden.

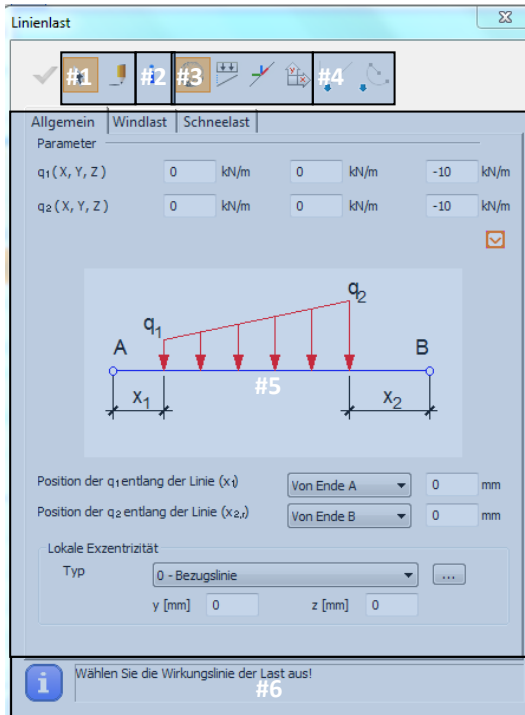


Alle markierten Objekte (und Unter-Objekte) erscheinen in der Tabelle. Durch Vergrößerung der Tabelle und/oder Nutzung des seitlichen vertikalen Schiebebalkens können alle Parameter sichtbar gemacht werden. Bei gleichzeitiger Wahl mehrerer Objekte werden nur identische Parameter aller Objekte angezeigt; die mit „unterschiedlich“ gekennzeichneten Eigenschaften können zu identischen Werten geändert werden.

Mit dem Abwahl-Schalter (🗑️) werden bereits selektierte Objekte aus der Objektabelle (nicht aus dem Modell!) gelöscht.

1.3 ALLGEMEINE STRUKTUR DER DIALOGFENSTER

Viele Dialogfenster – speziell die besonders wichtigen der Karteien **TRAGWERK** und **LASTEN** – besitzen dieselbe Struktur, um sich im Labyrinth der Werkzeuge und Funktionen leichter zurecht zu finden.



im Bild links ist das Objekt eine Linienlast:

#1:  **Methoden zur Platzierung:** einem Element zuordnen oder von Mauspunkt zu Mauspunkt zeichnen

#2:  **extrahiere die Daten von einem bereits platzierten Objekt:** Alle Parameter werden übernommen und die Objekteigenschaften durch Mausklick auf ein anderes Objekt übertragen

#3:  **Wahl des Koordinatensystems,** dem die aktuellen Richtungen zugeordnet sind

#4:  **zusätzliche Zeichnungsfunktionen,** wenn das Stiftzeichen () aktiv ist

#5: die Hauptparameter der Objekte befinden sich in der Mitte des Dialogfeldes

#6:  das Informationsfeld hilft Ihnen, die nächste notwendige Aktion auszuführen

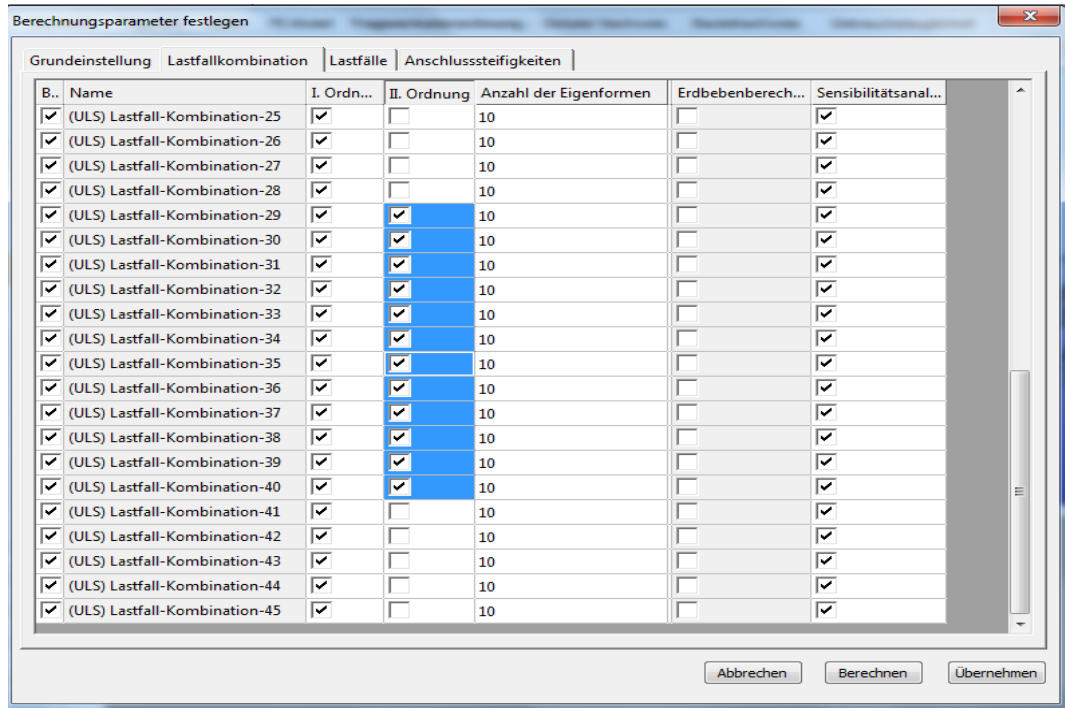
Alle Icons zeigen Kurzinformationen bei Annäherung des Mauszeigers.

1.4 ALLGEMEINE TABELLENFUNKTIONEN

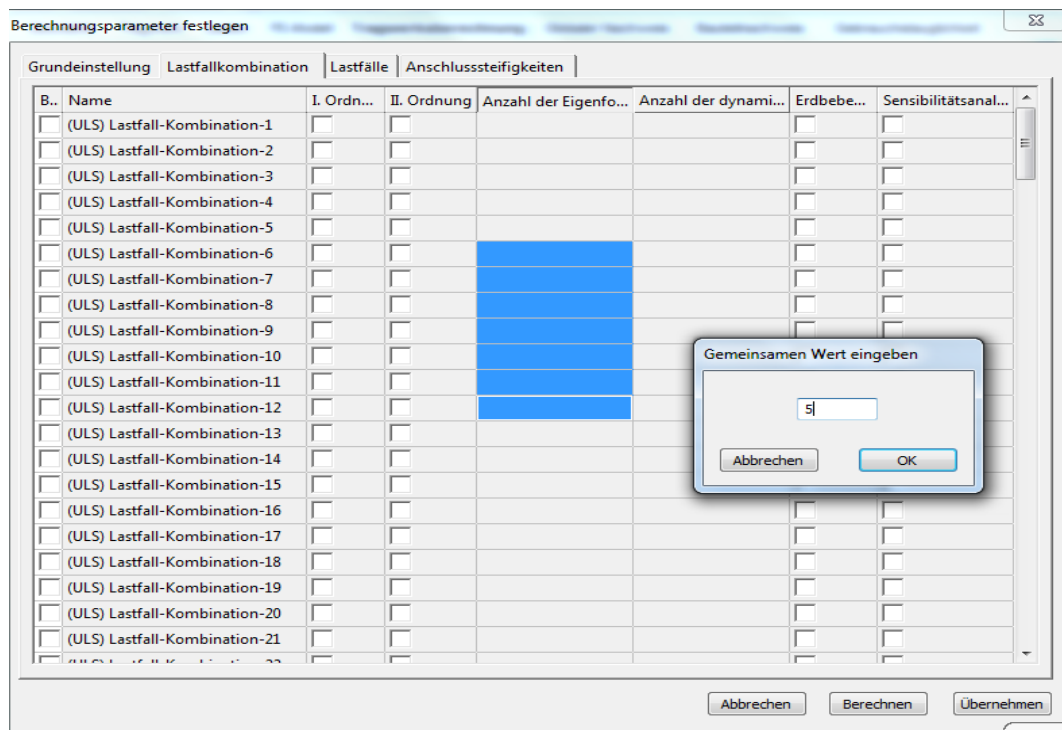
Im Grunde gibt es in **CS** zwei Tabellentypen: Eingabetabellen und Ausgabetablen. Um mit großen Mengen an Daten einfach umgehen zu können, gibt es für beide Typen komfortable Managementtools.

Eingabetabellen (zu finden in den **LASTFALL-KOMBINATIONEN-** und **TRAGWERKS-BERECHNUNGS-PARAMETER** Dialogen) haben folgende gemeinsame Eigenschaften:

- ▶ der Mausklick auf eine Tabellenkopfzelle wählt die gesamte Spalte aus
- ▶ bei markierten Tabellenfeldern mit Checkboxes ist eine Mehrfachwahl durch rechten Mausklick in eine der Checkboxes möglich



- bei editierbaren Tabellen mit möglichen Zelleneingaben kann gleichzeitig in vorher mit der Maus markierten Spaltenfeldern durch rechten Mausklick auf eines der Felder ein Eingabefenster geöffnet und dann alle Felder mit demselben Wert belegt werden



- bei editierbaren Tabellen können Inhalte durch die Tastenkombination **STRG+C** in die Zwischenablage kopiert und mit **STRG +V** in andere Zellen oder in MS Excel oder anderen Tabellenkalkulationsprogramme übertragen werden

Ausgabetafeln (z.B. zu finden in den Karteien „**TRAGWERKSBERECHNUNG**“- und „**GLOBALE NACHWEIS**“- Registern sowie in den Dialogen „**MAßGEBENDE WERTE**“ und „**MODELLINFORMATION**“) haben folgende gemeinsame Eigenschaften:

- ▶ Tabellenzeilen können nach den Inhalten von Spalten (aufsteigend, absteigend oder alphabetisch) durch Klicken auf den Spaltenkopf sortiert werden
- ▶ geöffnete Tabellen können als Datei für Excel exportiert werden
- ▶ geöffnete Tabellen können für eigene Dokumentationen gespeichert und später in die gesamte Dokumentation eingebunden werden (→Kap. 12)

1.5 HOT KEYS

Die Nutzung von Hotkeys kann das Erstellen von Strukturmodellen erheblich beschleunigen. CS bietet die Folgenden:

- ▶ **CTRL+N:** neues Modell
- ▶ **CTRL+O:** Modell öffnen
- ▶ **CTRL+S:** Modell speichern
- ▶ **CTRL+Z:** letzte Aktion rückgängig machen (Undo)
- ▶ **CTRL+Y:** letzte annullierte Aktion wieder gültig machen (Redo)
- ▶ **CTRL+A:** alles auswählen
- ▶ **CTRL+I:** Auswahl invertieren
- ▶ **CTRL+1:** wechsle zur XY-Ansicht
- ▶ **CTRL+2:** wechsle zur XZ -Ansicht
- ▶ **CTRL+3:** wechsle zur YZ -Ansicht
- ▶ **CTRL+4:** wechsle zur räumlichen XYZ-Ansicht
- ▶ **CTRL+5:** wechsle zur Ansicht senkrecht zum Raster
- ▶ **CTRL+C:** Zelleninhalte von markierten Zellen in Zwischenablage kopieren
- ▶ **CTRL+V:** kopierte Zelleninhalte einfügen
- ▶ **ESC:** alles abwählen oder die laufenden Aktion beenden (bzw. abbrechen)
- ▶ **Delete:** markierte Objekte löschen
- ▶ **F1:** Hilfe öffnen
- ▶ **X:** Eingabefeld für manuelle Eingabe einer X-Koordinate aktivieren
- ▶ **Y:** Eingabefeld für manuelle Eingabe einer Y-Koordinate aktivieren
- ▶ **Z:** Eingabefeld für manuelle Eingabe einer Z-Koordinate aktivieren
- ▶ **a:** Eingabefeld für manuelle Eingabe einer α -Koordinate (polar) aktivieren
- ▶ **b:** Eingabefeld für manuelle Eingabe einer β -Koordinate (polar)
- ▶ **L:** Eingabefeld für manuelle Eingabe einer Länge in der von der Maus definierten räumlichen Richtung
- ▶ **R:** wechselt zwischen dem globalen und dem letzten definierten Benutzerkoordinatensystem

- | | |
|--|---------------------------------------|
| ▶ mittlere Maustaste (Rollrad): | Modell verschieben |
| ▶ ALT+linke Maustaste: | Modell rotieren |
| ▶ ALT+rechte Maustaste: | Modell Zoom |
| ▶ ↑: | Modell nach oben verschieben |
| ▶ ↓: | Modell nach unten verschieben |
| ▶ →: | Modell nach rechts verschieben |
| ▶ ←: | Modell nach links verschieben |
| ▶ mittlere Maustaste (Rollrad): | Modell skalieren |
| ▶ +: | Modell vergrößern |
| ▶ -: | Modell verkleinern |
| ▶ SHIFT+ linke Maustaste: | Auswahl rückgängig |
| ▶ SHIFT+ALT+ linke Maustaste: | Fenster skalieren |

2 DATEIMANAGEMENT

2.1 GRUNDLAGEN

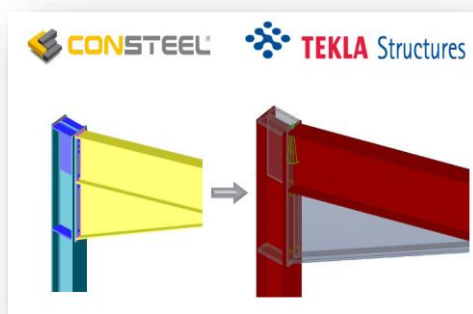
Das Datei-Management von **CS** folgt dem MS Windows-Standard. Abgespeicherte Dateien enthalten alle Modellinformationen. Sie können auch in andere Verzeichnisse verschoben und von dort geöffnet werden. Die **CS**-Dateiendung ist **.csm** und Dateien mit dieser Endung können durch Doppelklick geöffnet werden.

2.2 DATEITYPEN

Die folgenden Dateitypen werden von **CS** *gemanagt*:

- .csm**: die **CS**-Modelldatei ist eine native Binärdatei. Es kann ohne oder mit Berechnungsergebnisse geöffnet werden.
- .csr**: die Ergebnisse werden separat in einer Datei der Endung **.csr** (**ConSteel/Result**) gespeichert, aber sie kann nicht allein geöffnet werden.
- .csm~**: diese **CS**-Datei wird durch die automatische Speicherung erzeugt. In dem Menü **OPTIONEN** kann die automatische Speicherung gesteuert werden.
- .csm.bak**: **CS**-Dateien mit dieser Endung sind Backups. In **OPTIONEN** kann das Backup gesteuert werden. Backup-Dateien werden bei jeder manuellen Speicherung erzeugt die vorhergehende Version gespeichert. Wenn notwendig kann die Datei mit **.bak**-Endung in eine **.csm** Datei umbenannt und als normale Modelldatei verwendet werden.
- .anf**: *StruCad*-Textdateityp; kann nur geöffnet werden.
- .asc**: *Tekla Structures*-ASCII-Datei; kann nur geöffnet werden.
- .dxf**: *AutoCad* Textdateityp; kann geöffnet und gespeichert werden
- .sc1**: *BoCad* Textdateityp; kann geöffnet und gespeichert werden
(zusätzlicher Modul ist notwendig!)
- .snf**: *StruCad* Textdateityp; kann geöffnet und gespeichert werden

2.3 TEKLA STRUCTURES MODELLIMPORT, -EXPORT UND -UPDATE

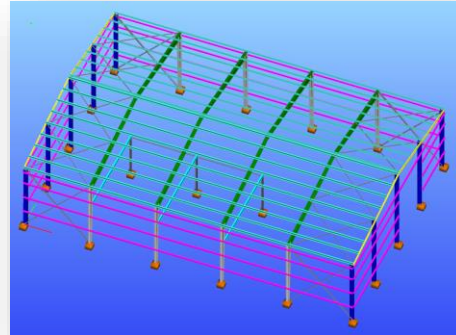
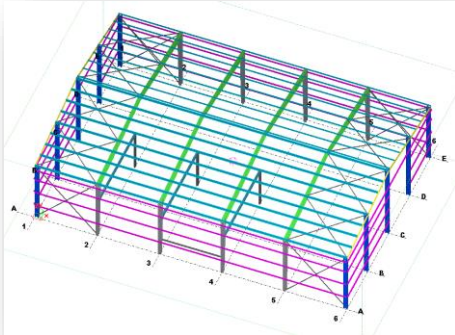


CS bietet ein High-Level-Interface zu *Tekla Structures 64-bit*. Neben dem Export des kompletten Strukturmodells (z.B. Träger, Stützen, Platten, Wände) werden insbesondere die **CS-Anschlüsse** zu den korrespondierenden *Tekla*-Komponenten überführt. Die übergebene Modellstruktur und alle angelegten Anschlüsse werden in ein detailliertes *Tekla*-Modell überführt, ohne dass wesentliche Nachbearbeitung notwendig wird.

CS benutzt das *Tekla Open API* (Application Programming Interface), auch als **.NET API** bekannt. Beide Anwendungen müssen installiert und parallel gestartet sein, um von **CS** zu *Tekla Structures* zu exportieren.

2.3.1 IMPORT EINES STRUKTURMODELL VON TEKLA STRUCTURES

Beim Import eines Modells von Tekla Structures zu **CS** können stabartige Elemente (Balken, Stützen, Bogenträger) und Platten übergeben werden.

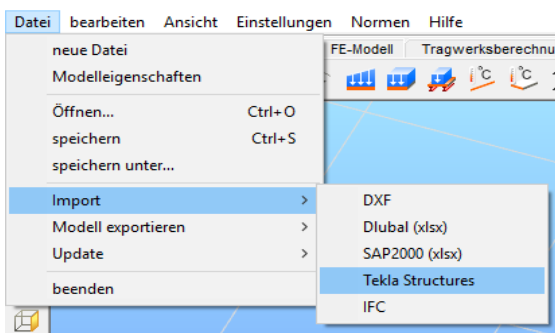


Die Importfunktion ist für die folgenden Tekla-Versionen geeignet:

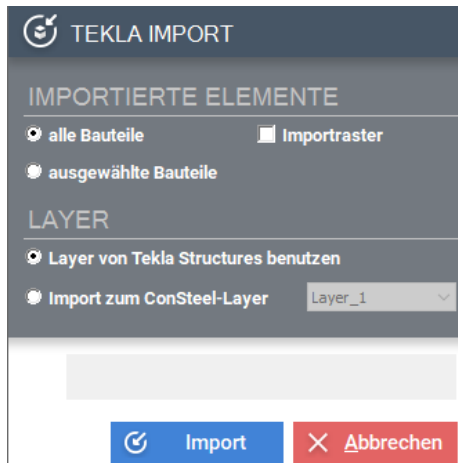
- ▶ 19.0, 19.1 64 Bit
- ▶ 20.0, 20.1 64 Bit
- ▶ 21.0, 21.1 64 Bit
- ▶ 2016, 2016i 64 Bit
- ▶ 2017, 2017i
- ▶ 2019, 2019i
- ▶ 2020

2.3.1.1 IMPORTPROZEDUR

Für den Import aus Tekla Structures müssen unbedingt sowohl Tekla als auch **CS** parallel geöffnet sein. Innerhalb von Tekla Structures sind das zu exportierende Modell zu öffnen und parallel dazu ein neues leeres Modell in **CS**. Für einen möglichst reibungslosen Modelltransfer wird die Default-Umgebung von Tekla Structures empfohlen.



Zum Start der Importprozedur starten Sie das **DATEI-MENÜ** und wählen dort **IMPORT** und anschließend **TEKLA STRUCTURES**.

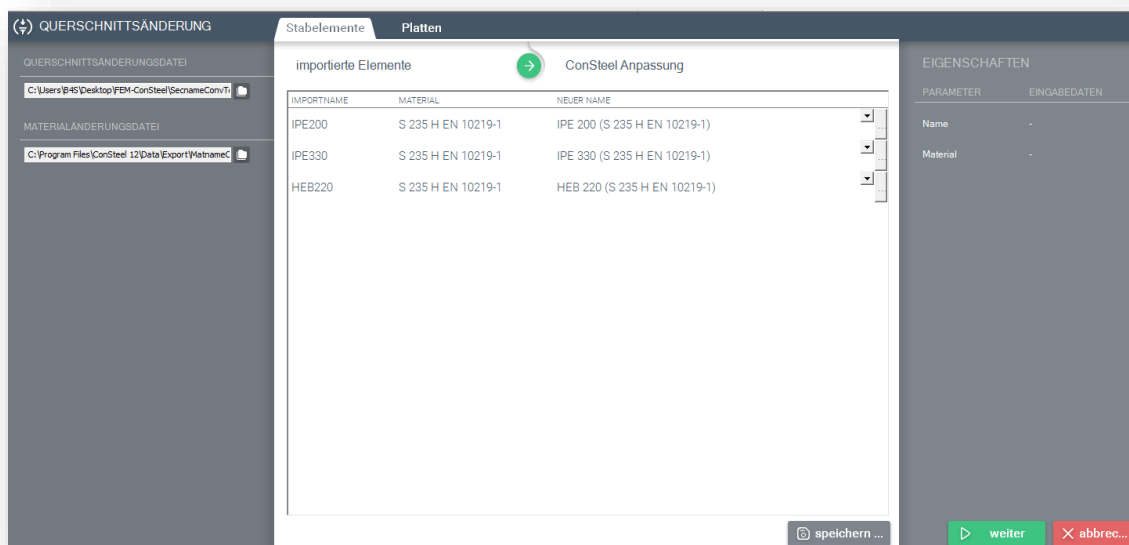


Mit dem **IMPORT**-Schalter wird der Prozess gestartet. In der sich öffnenden Dialogbox kann gewählt werden, ob das komplette Modell oder nur spezielle Teile aus Tekla Structures zu **CS** importiert werden sollen. Diese Auswahl muss aber bereits in Tekla Structures gemacht worden sein.

Bei den Layern ist zu beachten, dass standardmäßig die **CS**-Layer Verwendung finden. Aber durch Setzen des Schalters können auch die Klassen von Tekla Structures benutzt werden.

In diesem Fall werden die Klassen von Tekla Structures zu einem neuen **CS**-Layer unter Beibehaltung der Farben aus Tekla importiert.

Im nächsten Schritt muss bei Tekla Structures ein Referenzpunkt angeklickt werden, wobei auf die Anordnung des Koordinatensystems zu achten ist. Nun erscheint das Fenster der **“QUERSCHNITTS-KONVERTIERUNG”**. Man kann in der Übertragungstabelle je eine Übertragungsdatei für die Materialbezeichnungen und Querschnittsbezeichnungen auswählen oder die Materialbezeichnungen und Querschnittsbezeichnungen manuell verändern.



Es gibt zwei Arten der Übertragung:

► **automatische Übertragung:**

- **mit der Standard-Querschnittsübertragungs-Tabelle:**
 basierend auf der *Standard-Querschnittsübertragungs-Tabelle* werden die von Tekla Structures kommenden Profile automatisch an die **CS**-Profil- und Materialbezeichnungen angepasst

- **Standard-Makro basierte Übertragung:**
für unbekannte oder nicht genau definierte Querschnitte versucht **CS** mittels eines „Standard-Makro“ eine Bezeichnung zu erstellen, die auf den Parametern des importierten Querschnitts basiert.

► **manuelle Übertragung:**

Falls die *Standard-Querschnittsübertragungs-Tabelle* benutzt wird und **CS** trotzdem für einen zu importierenden Querschnitt keine Zuordnung finden kann, weil die Parameter keinem Profil bzw. keiner Materialbezeichnung der Standard- **CS** -Bezeichnung zugeordnet werden kann, muss die Zuordnung durch den Anwender manuell erfolgen. Entweder geschieht dies durch Auswahl eines zuvor bereits benutzten Querschnitts aus dem bereitgestellten Menü oder durch Klick auf (...) und anschließender Wahl aus der Bibliothek. Diese automatisch nicht übertragenden Querschnitte werden durch ihre Querschnittsform im Eigenschaften-Bereich des **ÜBERTRAGUNGSDIALOGS** erkannt.

Nach erfolgter manueller Übertragung kann diese neue Liste gespeichert und als Übertragungsdatei bei späteren Exporten Verwendung finden. Mit dem **OK**-Button erfolgt die Übertragung.

2.3.1.2 ZULÄSSIGE UND UNZULÄSSIGE IMPORTE

Stäbe

- **I- und H- Profile:**
 - warm gewalzt
 - symmetrische und nicht symmetrische Walzquerschnitte mit konstanter und variabler Höhe
- **L-Profile:**
 - warm gewalzt, mit parallelkantigen und nicht parallelkantigen Flanschen
 - kalt geformt, mit parallelkantigen und nicht parallelkantigen Flanschen
- **U-Profile:**
 - warm gewalzt
- **T-Profile:**
 - warm gewalzt
- **Schweißquerschnitte:**
 - symmetrische Schweißquerschnitte mit konstanter Höhe
 - unsymmetrische Schweißquerschnitte mit konstanter Höhe (unterschiedliche Blechdicken)
 - WQ-Querschnitte sind nicht importierbar
- **Rundstäbe:**
 - konstante Dicke
 - Querschnitte mit unterschiedlichem Durchmesser in der Haupt- und den Nebenachsen sind nicht importierbar
- **Hohlquerschnitte:**
 - warm gewalzte quadratische und rechteckige Profile mit konstanter Höhe
 - bei unterschiedlicher Querschnittshöhe sind die Parameter manuell einzugeben
- **Rohrquerschnitte:**
 - warm gewalzte Querschnitte mit konstanter und variabler Höhe

- elliptische Querschnitte sind nicht importierbar
- ▶ **Z-Profile:**
 - kalt geformt, mit gekanteten Ecken
 - kalt geformt Profile ohne gekantete Ecken sind nicht importierbar
- ▶ **C-Profile**
 - kalt geformt, mit gekanteten Ecken
 - kalt geformt Profile ohne gekantete Ecken sind nicht importierbar
- ▶ Multi-liniendefinierte kontinuierliche Träger sind nicht importierbar

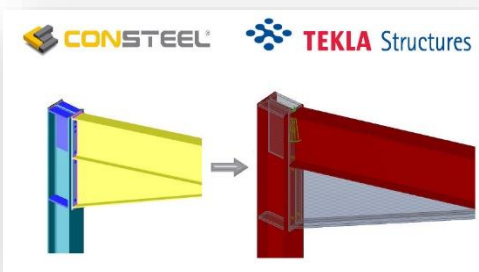
Platten

- ▶ Kontour-Platten sind nicht importierbar

Anschlüsse

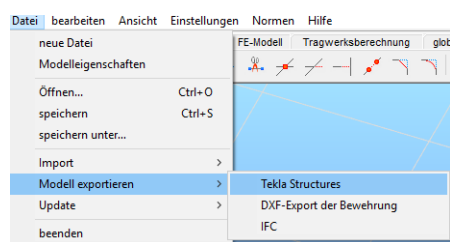
- ▶ in Tekla Structures definierte Makros sind nicht importierbar

2.3.2 KOMPLETTER MODELLEXPORT ZU TEKLA STRUCTURES



Neben dem Export der globalen Modellstruktur (Träger, Stützen, Platten, Wände) besitzen alle Knotenmodelle von **CS** korrespondierende *Tekla*-Komponenten. Das mit platzierten Anschlüssen erstellte **CS**-Strukturmodell wird in ein detailliertes Tekla-Modell exportiert, ohne dass bei den Anschlüssen (nennenswerte) Nacharbeiten notwendig sind. Dieses einzigartige Interface kann signifikant Bearbeitungszeit ersparen und damit die Projektkosten merkbar reduzieren.

Der **CS**-Export zu *Tekla Structures* ist ab Version 19 aufwärts möglich.



Für den Export eines **CS**-Strukturmodells zu Tekla Structures müssen unbedingt sowohl Tekla als auch **CS** parallel geöffnet sein. Innerhalb von Tekla Structures ist ein Modell zu öffnen. Dann wählen Sie aus dem **DATEI**-Menü **MODELL EXPORTIEREN** und anschließend **TEKLA STRUCTURES**.

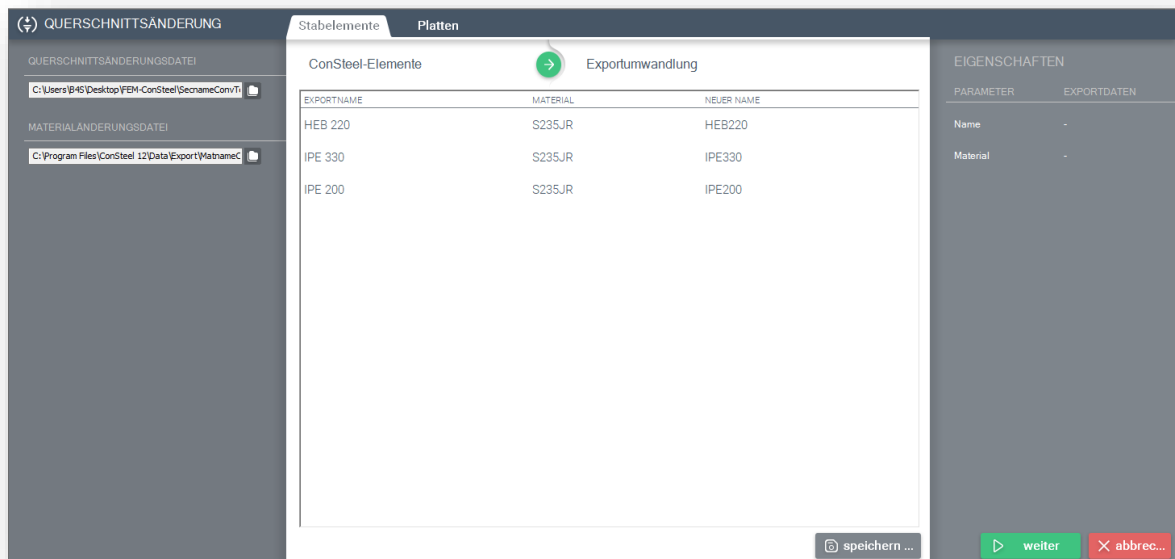
Es öffnet sich ein Dialogfenster zur Auswahlspezifizierung:



Bitte beachten Sie, dass nur diejenigen Anschlüsse exportiert werden, die bereits im Modell platziert und ausgewählt wurden. Der Export des Modellrasters ist durch Markieren der Checkbox möglich.

Nach Wahl eines Referenz-Punktes in *Tekla Structures* erscheint der Dialog der **QUERSCHNITTS-KONVERTIERUNG**. Man kann in der Übertragungstabelle je eine

Übertragungsdatei für die Materialbezeichnungen und Querschnittsbezeichnungen auswählen oder die Materialbezeichnungen und Querschnittsbezeichnungen manuell verändern.



Bei manuellen Änderungen kann die zugehörige Liste mit dem **speichern ...**-Button gespeichert und später zu einem Export als Konversations-Datei verwendet werden. Im **“EIGENSCHAFTEN”**-Bereich werden die Parameter des gewählten Strukturelementes gezeigt. Nach Klick auf **„OK“** wird das Modell exportiert.

2.3.2.1 EXPORTEINSCHRÄNKUNGEN BEI STRUKTURELEMENTEN/ANSCHLÜSSEN

Träger/Stützen

- ▶ Gebogene Objekte werden nicht exportiert
- ▶ Stahlverbundquerschnitte werden nicht exportiert

Elastische oder verschraubte Fußplatten → Fußplatte (1042)

- ▶ kein Voutenexport
- ▶ Typ der Verankerungsstäbe müssen in *Tekla* manuell spezifiziert werden (CS-Spezifizierung beim Export unberücksichtigt)
- ▶ folgende Eigenschaften von Verankerungsstäben werden zu Tekla exportiert: Durchmesser und Stahlsorte
- ▶ Gründung wird nicht exportiert
- ▶ Schweißnahtdicken beider Flansche sind im Tekla-Modell identisch (unterschiedliche Dicken im CS-Modell bleiben unberücksichtigt)

Stütze-an-Träger mit Kopfplatte (mit Momentenübertragung) und Voute → Voute (40)

- ▶ Abmessungen von oberer (falls vorhanden) und unterer Voute sind identisch (Parameter der oberen Voute werden von der unteren Voute übernommen)
- ▶ kein Export von Schubsteifen nach *Tekla* (nur zusätzliche Stegplatten)
- ▶ kein Export von Flanschsteifen zu *Tekla*

Träger an Stütze, mit Kopfplatte → Stirnplatte einseitig (144)

- ▶ Stützenoberkante muss manuell gesetzt werden

Träger an Stütze, mit Fahnenblech → Lasche geschraubt (146)**Trägeranschluss mit Querkraftübertragung oder Kopfplatte ohne Voute → Voute (40)/ Scherplatte parallel (40)**

- ▶ Makros der linken und rechten Seiten werden getrennt exportiert, die Explosion der Komponenten und die Redefinition der Schrauben sind in *Tekla* durchzuführen

Trägeranschluss parallel oder Kopfplatte ohne Voute → Lasche geschraubt (14)**Trägeranschluss mit Kopfplatte und Voute → Firststoß (106)**

- ▶ keine obere Voute

Trägerstoßlaschen → Laschenstoß (77)**geschraubte Kreisplatte → Stirnplattenstoß (124)****versteifte Stirnplatte (27)**

- ▶ keine Stegversteifung bei *Tekla*

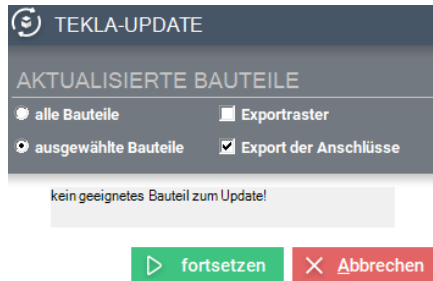
Träger-Trägeranschluss mit Kopfplatte → Stirnplattenstoß (14)**Träger-Trägeranschluss mit Stegblech → Laschenstoß (77)****Winkelanschluss für Hohl- und Rohrprofile → Verband geschraubt (20)****geschraubter Winkelanschluss an Aussteifungsprofile → Geschraubtes Knotenblech (11)****2.3.3 ÄNDERUNGSMANAGEMENT ZWISCHEN TEKLA UND CONSTEEL: TEKLA
UPDATE**

Neben den Import- und Exportfunktionen kann **CS** während der Detailierung das Modell von *Tekla Structures* überprüfen und aktualisieren (Update). Die Aktualisierung des *Tekla-Modells* basiert immer auf dem **CS**-Modell mit den folgenden Attributen:

- ▶ Elementname
- ▶ Materialname
- ▶ Querschnittsname
- ▶ Querschnittsparameter
- ▶ Elementgeometrie und-position

Vor einer Modell-Aktualisierung muss ein Modell-Import (oder -export) stattgefunden haben.

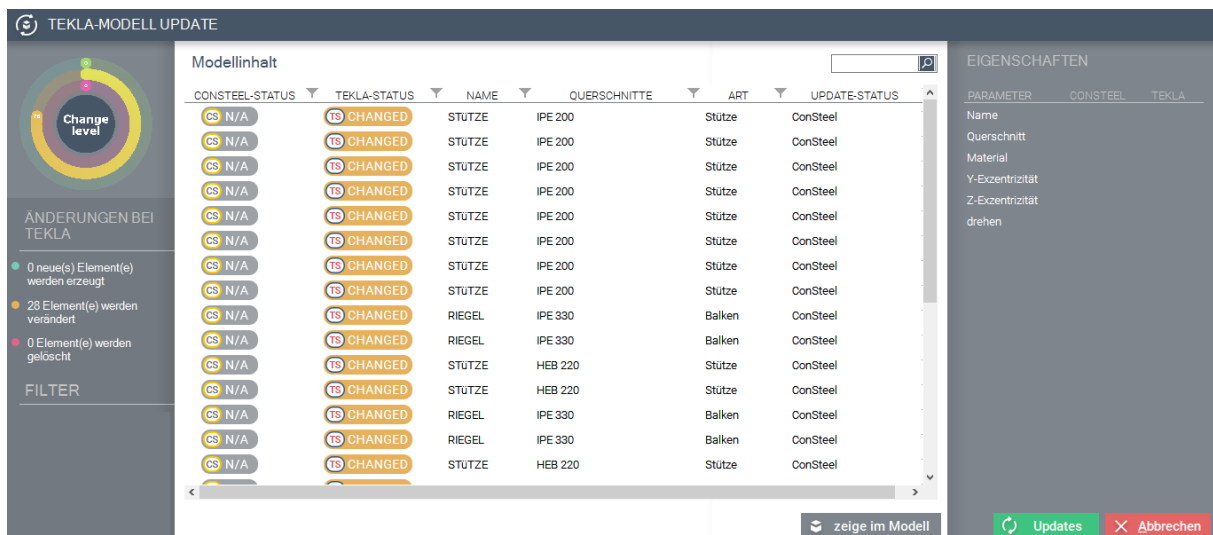
Für die Aktualisierung eines Tekla-Modells müssen unbedingt sowohl Tekla als auch **CS** parallel geöffnet sein. Innerhalb von Tekla Structures ist das Modell zuvor zu öffnen. Im **DATEI**-Menü wählen Sie **EXPORT** und anschließend **TEKLA STRUCTURES UPDATE**.



Im sich öffnenden Dialogfenster können Sie wählen, ob das gesamte Modell oder nur ausgewählte Strukturen zu aktualisieren sind. Mit Klick auf den **WEITER**-Button startet der Vorgang.

Dabei werden in *Tekla Structures* das Modell oder Teile davon aktualisiert.

Bei auftretenden Konflikten erscheint der folgende Dialog und der Anwender kann entscheiden, welche Teile des Modells zu verwenden sind.



Durch einen Klick auf den **UPDATE**-Button wird der Auswahlprozess beendet. In **CS** neu erstellte Elemente werden automatisch zu *Tekla Structures* exportiert. Die nächste Tabelle enthält den Mischvorgang.

 CONSTEEL®		UPDATE / MERGE
CS UNCHANGED	TS UNCHANGED	-
CS UNCHANGED	TS CHANGED	MERGE
CS UNCHANGED	TS DELETED	MERGE

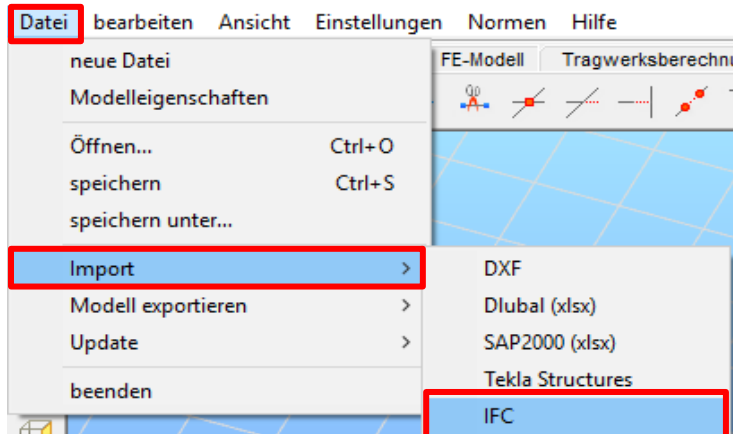
CS CHANGED	TS UNCHANGED	<i>UPDATE</i>
CS CHANGED	TS CHANGED	<i>MERGE</i>
CS CHANGED	TS DELETED	<i>MERGE</i>
CS DELETED	TS UNCHANGED	<i>MERGE</i>
CS DELETED	TS CHANGED	<i>MERGE</i>
CS DELETED	TS DELETED	-

2.4 IFC-IMPORT UND -EXPORT

IFC ist ein (noch in Entwicklung befindlicher) globaler Standard zum Datenaustausch in der Bauindustrie. Es ist sowohl ein allgemeines Datenmodell als auch ein offenes Datenformat. Mit IFC können Daten softwareunabhängig ausgetauscht werden.

Die IFC-Spezifikation wurde entwickelt und wird fortgeschrieben von der buildingSMART International.

2.4.1 IMPORT VON IFC-DATEIEN



Die IFC-Importfunktion von ConSteel unterstützt den Import von IFC-Dateien, die zuvor mit dem folgenden Schema exportiert wurden:

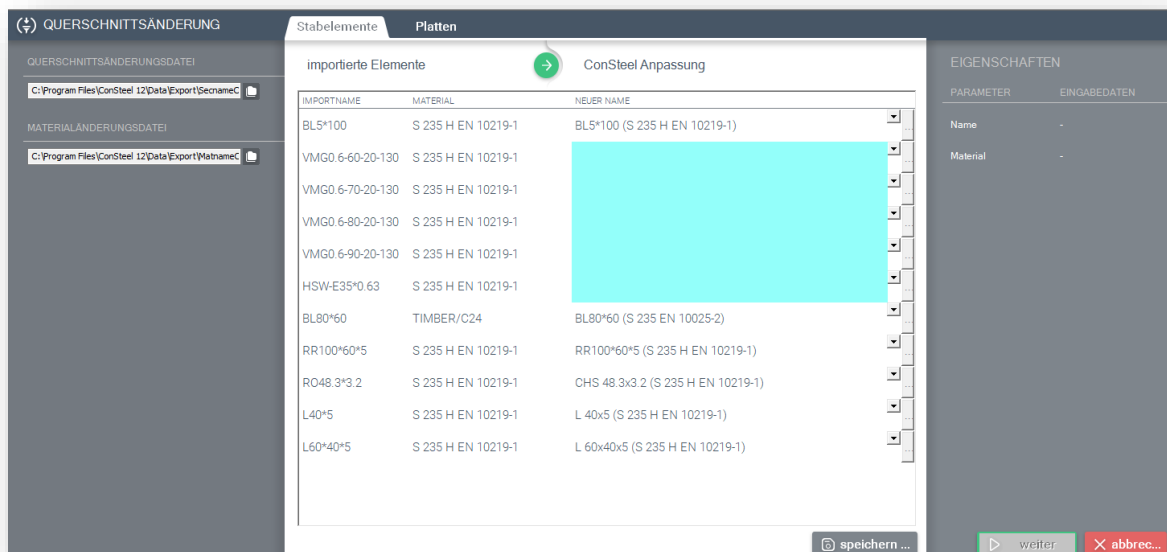
IFC 2x3

Die Importfunktion wird im **IMPORT**-Untermenü im **DATEI**-Menü mit Klick auf die **IFC**-Zeile gestartet:



Der Pfad zur importierenden IFC-Datei kann direkt eingegeben werden oder kann mit dem File-Button rechts davon gesucht werden. Im Skalierungsbereich kann das Importmodell maßstäblich angepasst werden. Es lassen sich die Lage des Ursprungs sowie die Längeneinheit einstellen. Die Platzierungsebene kann individual eingestellt werden, wobei **CS** standardmäßig die X-Y-Ebene wählt.

Mit Klick auf den **IMPORT**-Schalter erscheint der Dialog der **QUERSCHNITTSÜBERSETZUNG**, wo eine Zuordnung der Querschnitte und Materialdaten zwischen dem Importmodell und dem zu erstellenden **CS**-Modell erfolgt. Mittels der Übersetzungstabelle versucht ConSteel die automatische Übersetzung, aber ein manueller Eingriff ist auch möglich. In den linken beiden Spalten der Übersetzungstabelle sieht man die Querschnitts- und Materialbezeichnungen der IFC-Datei. Die rechte Spalte zeigt die Bezeichnungen des zu erzeugenden **CS**-Modells.



Zwei Zuordnungsmethoden stehen für die Querschnittsbezeichnungen zur Verfügung:

- ▶ **direkte Zuordnung:** alle in der IFC-Importdatei verwendeten Namen erkennt **CS** und übersetzt sie automatisch in die **CS**-Bezeichnungen
- ▶ **teilweise automatische Zuordnung:**
 - „**Standard Makroquerschnitt**“: wenn eine Bezeichnung der IFC-Datei in der Übersetzungstabelle nicht vorhanden ist, aber die Begleitparameter einem Querschnittstyp ähneln (z.B. IPE), wird **CS** einen zugeordneten sogenannten **Standard Makroquerschnitt** erstellen und eine entsprechende Zuordnung in

der Übersetzungstabelle vornehmen. Falls **CS** dazu nicht in der Lage ist, kann der Benutzer mit, manuell ein Querschnitt aus der Querschnittstabelle auswählen.

- **“Makroquerschnitt-Zuordnung”**: Falls keine Zuordnung möglich ist, wird **CS** eine Querschnittsskizze in der **EIGENSCHAFTEN**-Seite des Dialogfensters erstellen und einige Vorschläge für einen geeigneten Querschnittstyp machen, sodass der Benutzer selbstständig einen Makroquerschnitt dem (...) -Schalter wählen kann.

Nach vollständiger Querschnittszuordnung kann die neu erstellte Übersetzungstabelle mit dem  **speichern ...** -Schalter abgespeichert werden, um sie später wieder zu verwenden. Mit dem **WEITER**-Schalter wird nunmehr der Importprozess durchgeführt.

2.4.1.1 ZULÄSSIGE OBJEKTE DES IMPORTPROZESSES

Stahlträger:

▶ **I-Profile:**

- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, warmgewalzt, mit konstanter Flanschdicke und symmetrischen Querschnitten
- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, geschweißt, mit konstanter Flanschdicke und symmetrischen Querschnitten
- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, warmgewalzt, mit konstanter Flanschdicke und unsymmetrischen Querschnitten
- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, geschweißt, mit konstanter Flanschdicke und unsymmetrischen Querschnitten

▶ **H-Profile:**

- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, warmgewalzt, mit konstanter Flanschdicke und symmetrischen Querschnitten
- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, geschweißt, mit konstanter Flanschdicke und symmetrischen Querschnitten

▶ **T-Profile:**

- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, warmgewalzt
- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, geschweißt

▶ **U-Profile:**

- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, warmgewalzt
- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, geschweißt
- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, warmgewalzt mit gebogenen Flanschen

▶ **Hohlquerschnitte:**

- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, warmgewalzt
- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, kaltverformt

▶ **Rohrquerschnitte:**

- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, warmgewalzt
- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, kaltverformt

▶ **L-Profile:**

- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen warmgewalzt, gleich- oder ungleichschenkelig
- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, kaltverformt, gleich- oder ungleichschenkelig

▶ **kaltgeformte C-Profile:**

- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, kaltverformt, mit Rand
- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, kaltverformt, ohne Rand
- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, kaltverformt, mit Rand und Flanschprofilierung

▶ **Lindab C-Profile:**

- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, kaltverformt, asymmetrisch, mit Rand

▶ **geschweißte C-Profile:**

- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, mit Rand

- ▶ **kaltgeformte J-Profile:**
 - ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen
- ▶ **kaltgeformte U-Profile:**
 - ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen
- ▶ **kaltgeformte Z-Profile:**
 - ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, kaltverformt, mit Rand
 - ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, kaltverformt, ohne Rand
 - ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, kaltverformt, mit Rand und Flanschprofilierung
- ▶ **Plattenprofile:**
 - ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen
- ▶ **Kastenprofile:**
 - ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, geschweißt
- ▶ **Malteser/halbe Malteser Kreuzprofile:**
 - ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, geschweißt
- ▶ **WQ-Profile:**
 - ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade oder gebogen, geschweißt

bewehrte Betonquerschnitte:

- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade, T-Querschnitte
- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade, Kreisquerschnitte
- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade, runde Hohlquerschnitte
- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade, Rechteckquerschnitte
- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade, rechteckige Hohlquerschnitte
- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade, Trapezquerschnitte
- ✓ Bauglieder in allgemeiner Position, gerade, I -Querschnitte

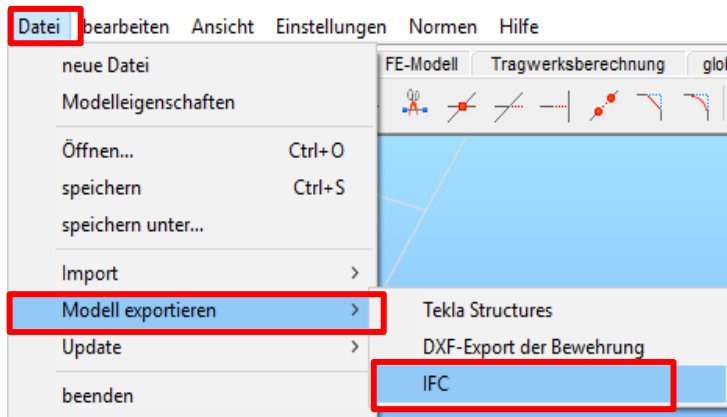
Betonplatten:

- ▶ horizontal positionierte rechteckige Platten ohne Löcher, mit oder ohne Abkantungen oder Rundungen
- ▶ horizontal positionierte polygonale Platten ohne Löcher, mit oder ohne Abkantungen oder Rundungen
- ▶ horizontal positionierte Kreisplatten ohne Löcher, mit oder ohne Abkantungen oder Rundungen
- ▶ horizontal positionierte polygonale Platten mit beliebigen inneren Löchern, mit oder ohne Abkantungen oder Rundungen
- ▶ horizontal positionierte Kreisplatten mit beliebigen inneren Löchern, mit oder ohne Abkantungen oder Rundungen
- ▶

Betonwände:

- ▶ Vertikale Wände ohne Löcher, mit oder ohne Abkantungen oder Rundungen

2.4.2 EXPORT ZU IFC-DATEIEN



Die IFC Exportfunktion von **CS** unterstützt den Export zu IFC-Dateien mit dem folgenden Schema:

IFC 2x3

Die Exportfunktion wird im **MODELLEXPORTE**-Untermenü im **DATEI**-Menü mit Klick auf die **IFC**-Zeile gestartet:



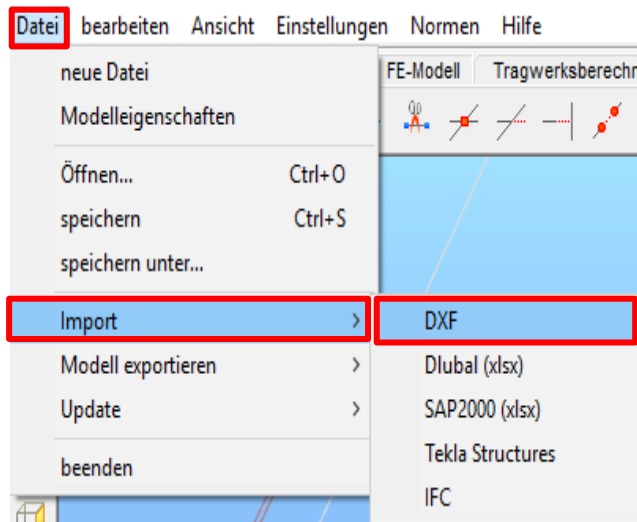
Es erscheint der **IFC-EXPORT DIALOG** mit Möglichkeiten der Pfadangabe, zum Setzen der Maßstabsparameter und der Exportebene.

Mit dem **MODELLEXPORTE**-Button startet der Exportprozess.

2.4.2.1 ZULÄSSIGE OBJEKTE FÜR DEN EXPORT

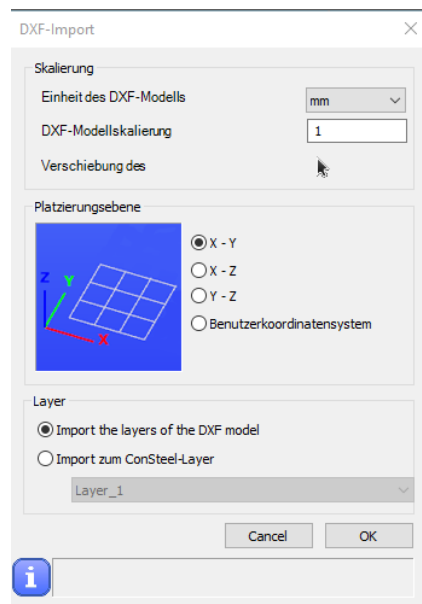
Es sind die gleichen Objekte exportierbar wie beim IFC-Import (→ Kap. 2.4.1.1).

2.5 DXF IMPORT



Die Importfunktion wird im **IMPORT**-Untermenü über **DATEI** mit Klick auf die **DXF**-Zeile gestartet:

Es öffnet sich ein Dateimanager, mit dem sie die zu importierende DXF-Datei auswählen. Mit Klick auf OK öffnet sich die Zeichnungsdatei im Darstellungsbereich von **CS**.



Der DXF-Importdialog öffnet sich automatisch und bietet die folgenden Modifikationsmöglichkeiten:

- ▶ Einheit des DXF-Modells (mm/cm/m)
- ▶ DXF-Modellskalierung mit einem Faktor
- ▶ Veränderung des Koordinatenursprungs
- ▶ Wahl einer Platzierungsebene X-Y, X-Z, Y-Z des globalen oder benutzerdefinierten Koordinatensystems
- ▶ Layerwahl:
die Layer der DXF-Zeichnung können mit ihren Eigenschaften zu **CS** importiert oder in eine bereits vorhandene Layerstruktur integriert werden.

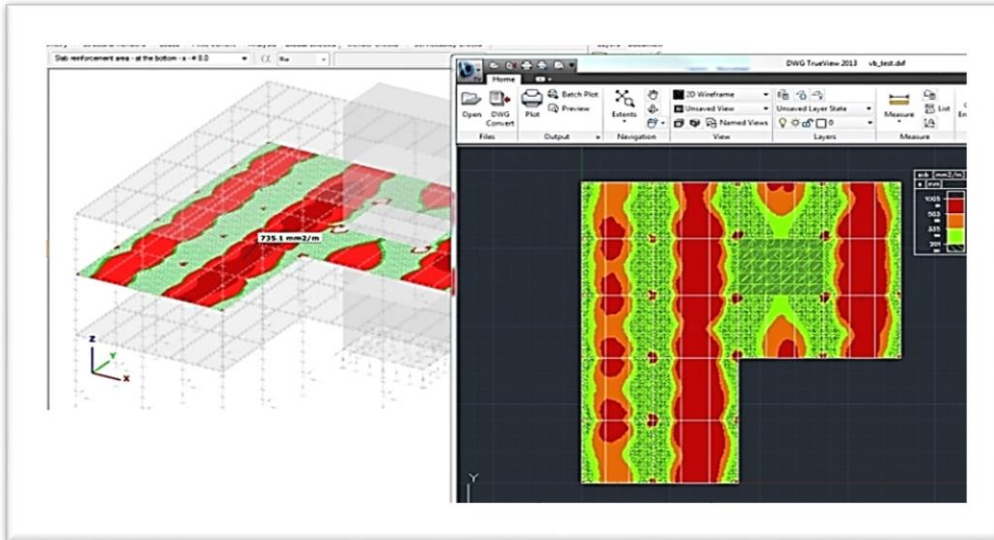
Mit **OK** werden die Modifikationen aktiv und die DXF-Zeichnung wird im Zeichnungsbereich von **CS** dargestellt.

2.6 EXPORT VON STAHLBETONBEWEHRUNGEN ZU DXF

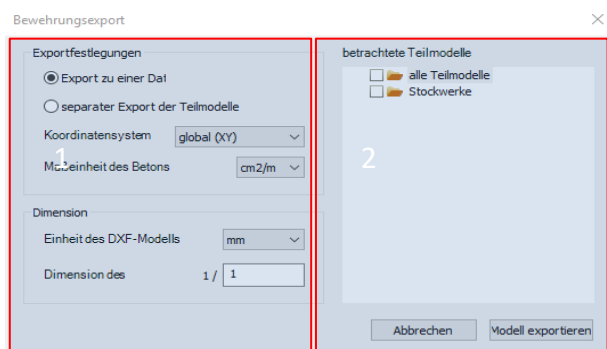
Mit der (weiter unten beschriebenen) Exportfunktion können Konturoberflächen von Bewehrungen mit ihren korrespondierenden Farbpaletten einfach in das DXF-Dateiformat überführt werden. Die Bewehrungen und Farbpaletten werden für die verschiedenen Richtungen (+x, -x, +y, -y) in unterschiedlichen Layern gespeichert.

Die Bewehrungsobjekte besitzen folgende Funktionen:

- ✓ Rasternetz: Linien, gestrichelte oder gepunktete Linien mit ihren Bezeichnungen
- ✓ Platten mit ihren Umrisslinien
- ✓ FE-Einteilung
- ✓ Label mit Namen, Plattendicke, Materialeigenschaften (bei eingeschalteter Sichtbarkeit)
- ✓ Farbpaletten



Der Export wird im **DATEI-MENÜ** über die **MODELL EXPORT** Funktion mit Klick auf die Zeile **DXF-EXPORT DER BEWEHRUNG** gestartet und es öffnet sich der Dialog des Bewehrungsexports.



Rechts (#2) wird der Strukturbaum der Teilmodelle gezeigt, während links (#1) mögliche Einstellungen zum Export gelistet sind. Unter (#2) können diejenigen Teilmodelle markiert werden, die zum Export bestimmt sind.

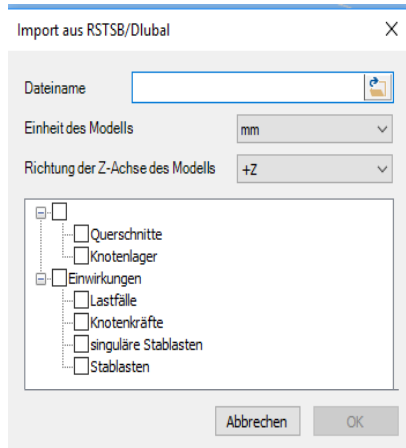
- ▶ Export-Einstellungen:
 - ✓ Export in eine Datei
 - ✓ separater Export der Teilmodelle in verschiedene DXF-Dateien
- ▶ Koordinatensystem:
 - ✓ globales Koordinatensystem
 - ✓ benutzerdefiniert
- ▶ Maßeinheit der DXF-Datei [mm, cm, m]
- ▶ Einheit der Farbpalette [cm^2/m , mm^2/m]
- ▶ Skalierung des DXF-Modells als Verhältnis

Mit **MODELL EXPORTIEREN** startet den Export und der Pfad der Exportdatei ist anzugeben.

2.7 MODELLIMPORT AUS DLUBAL'S RSTAB UND SAP2000 (.xlsx)

CS kann Modelldaten aus Excel(.xlsx)-Dateien importieren, wobei unterschiedliche Modelldaten in unterschiedlichen Arbeitsblättern lagern können. Dies kann mit Daten aus DLUBAL's Rstab und SAP2000 geschehen.

Zum Datenimport klickt man im **DATEI**-Menü **IMPORT** auf die Zeilen **DLUBAL(xlsx)** oder **SAP2000(xlsx)**. Die möglichen Importeinstellungen beider Datenquellen sind identisch.

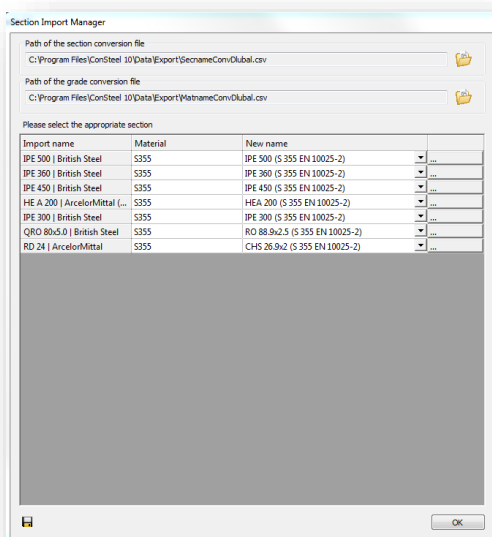


Zum Importprozess gehören folgende Einstellungen:

- ▶ Pfadbestimmung durch Direkteingabe oder mit dem -Schalter
- ▶ Einheit des Originalmodells (mm/cm/m)
- ▶ Richtung der Z-Achse des Originalmodells, da sie zu der **CS**-Richtung (z+ nach oben) variieren kann
- ▶ Folgende Modelldaten sind importierbar:
 - ✓ Querschnitte (Querschnittsparameter, Rotation, Exzentrizitäten)
 - ✓ Knotenlager (Rotation, Exzentrizitäten)
 - ✓ Lastfälle
 - ✓ Knotenkräfte
 - ✓ singuläre Stablasten (Punktlasten)
 - ✓ verteilte Stablasten



Zum korrekten Importprozess dürfen nur diejenigen Checkboxes aktiviert sein, zu denen korrespondierende Daten in der xlsx-Datei bzw. im zugrunde liegenden Strukturmodell vorhanden sind!



Mit Klick auf **OK** wird der Import gestartet und der **QUERSCHNITTSIMPORT MANAGER** erscheint.

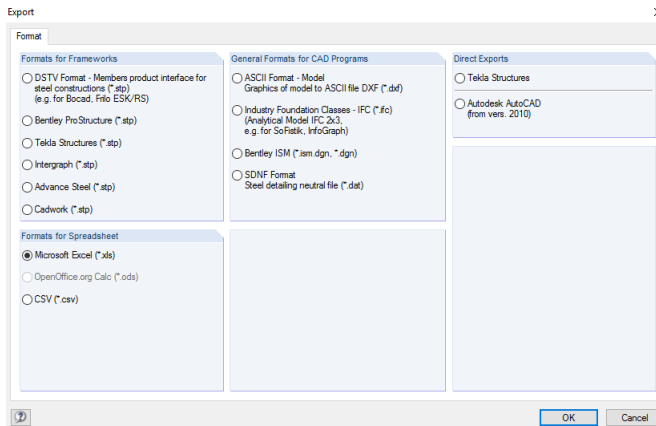
Man kann dort die Übersetzungsdatei für die Materialien und Querschnitte wählen/ändern oder die Materialien und Querschnitte händisch ändern.

Nach vollständiger Querschnittszuordnung kann die neu erstellte Übersetzungstabelle mit dem -Schalter abgespeichert werden, um sie später wieder zu verwenden. Mit **OK** wird nunmehr der Importprozess durchgeführt und das Modell erscheint im Zeichnungsbereich von **CS**.



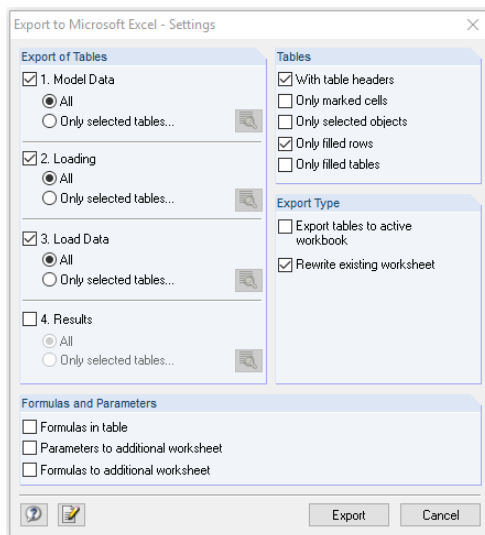
Wichtig ist, dass die zu importierende xlsx-Modelldatei zuvor in Englischer Sprache erstellt wurde, ansonsten funktioniert der Import nicht!

2.8 EXPORT VON MODELLDATEN AUS RSTAB INS XLSX-FORMAT



Zum Export von Modelldaten aus Dlubal's Rstab in eine Englische xlsx-Datei sind die folgenden Schritte notwendig:

Klick auf das **FILE/DATEI** Menü, die **EXPORT** Werkzeuge und wähle das **MICROSOFT EXCEL (XLSX)** Format aus.

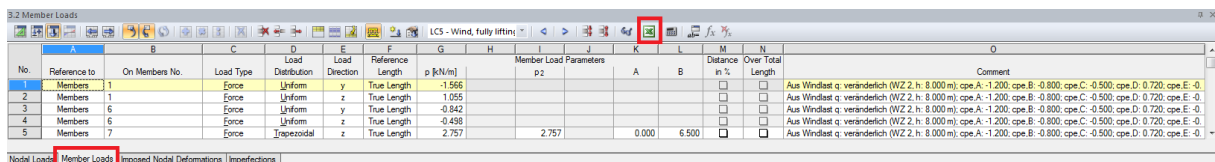


Nach Klick auf **OK** erscheint der Export-Dialog. Im **EXPORT OF TABLES** Bereich sind Daten zum Export zu bestimmen. Im Bereich **TABLES** sind unbedingt die Checkboxes "**With table headers**" and "**Only filled rows**" zu aktivieren. Im Bereich **EXPORT TYPE**, sollte auch "**rewrite existing worksheet**" aktiv sein.

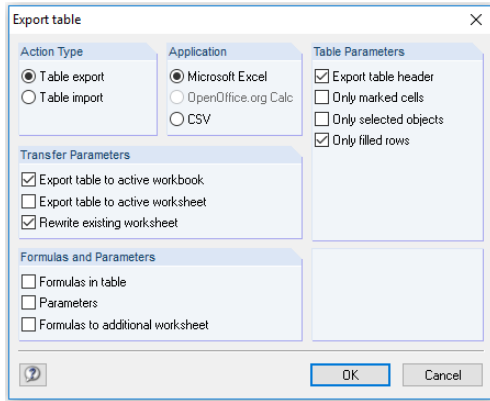
Mit Klick auf **EXPORT** wird die Excel (xlsx)-Datei erzeugt und geöffnet.

Falls auch Lasten exportiert werden sollen, darf die Excel-Datei noch nicht geschlossen werden!

Zum Export von Lasten müssen die Lastfälle einzeln (one-by-one) und manuell in die Excel-Datei überführt werden. Der Export von Knoten- und Stablasten kann mit dem unteren, rot markierten Schaltern aus dem Hauptfenster von Rstab erfolgen:



Nach Anwahl einer Lastzeile in der Rstab-Tabelle erscheint nach Klick auf den Excel-Exportschalter  die folgende Exporttabelle:



Im Dialog **EXPORT TABLE** ist das Format **“Microsoft Excel”** zu wählen. Es ist unbedingt auch **“Export table to active workbook”** zu aktivieren, damit die Lastdaten auch zu der bereits zuvor erstellten und noch geöffneten Excel-Datei hinzugefügt werden können.

Im Bereich **TABLE PARAMETERS** sind die Optionen **“With table headers”** und **“Only filled rows”** zu aktivieren.

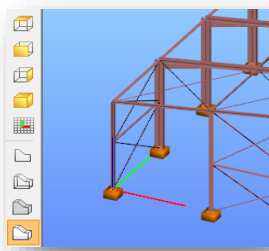
Mit Klick auf **OK** kann nun die xlsx-Datei in C **CS** importiert werden (→ Kap. 2.7).

3 MODELLANSICHTEN

3.1 GRUNDLAGEN

Das geschickte Arbeiten mit den verschiedenen Modellansichten ist sehr wichtig für den Ersteller des Strukturmodells, denn sie bieten die ersten (grafischen) Kontrollen der Systemeingaben. Gerade weil alle **CS**-Strukturmodelle (auch ebene Systeme) dreidimensional (Lagerungen, Exzentrizitäten, Lasteinleitungspunkte, etc.) sind, sollen die optischen Kontrollen ebenfalls dreidimensional erfolgen.

3.2 MODELLDARSTELLUNGEN



Die Optionen zur Wahl der Modelldarstellungen befinden sich auf dem linken Seitenbalken.

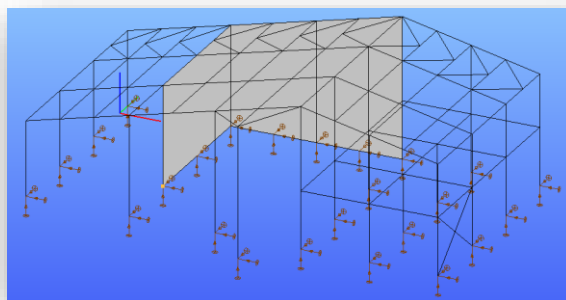
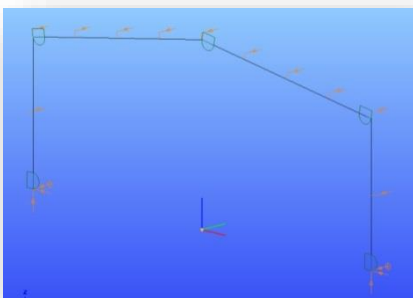
Zusätzlich zu den üblichen Ansichten (Draufsicht, Vorder- und Seitenansichten, axonometrischen Ansicht, rechtwinklig zum Raster) werden die folgenden vier Arten der Objektdarstellung:

► **Linienmodell** :

dies ist die einfachste Modelldarstellung, da die Träger und Stützen nur durch ihre Systemlinien, zweidimensionale Figuren ohne Dicke und die Lager als Linien dargestellt werden.

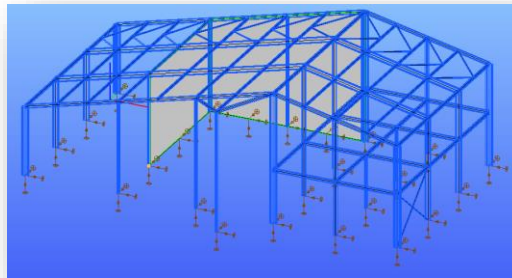
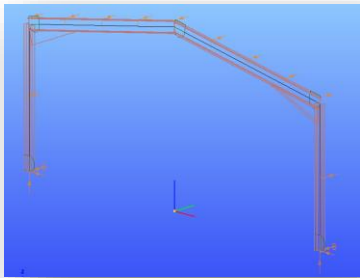


*diese Darstellung ist bei der ersten Modellerstellung sehr von Vorteil und empfohlen, da eine klare Visualisierung der **Objektfangpunkte** den Zusammenbau der Einzelobjekte, des Setzens der Auflagerpunkte und der mechanischen Einwirkungen sehr erleichtert*



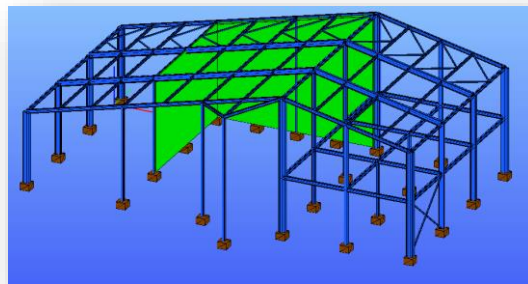
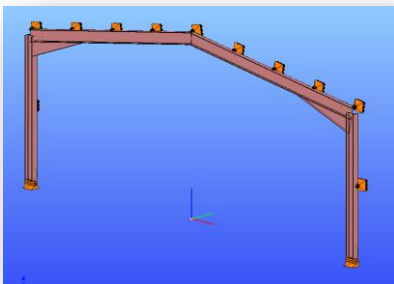
► **Drahtgittermodell ():**

in dieser Darstellung erscheinen zusätzlich zur Liniendarstellung auch die Kanten der Querschnitte und die Plattendicken; die Lagerungen verbleiben als Linien



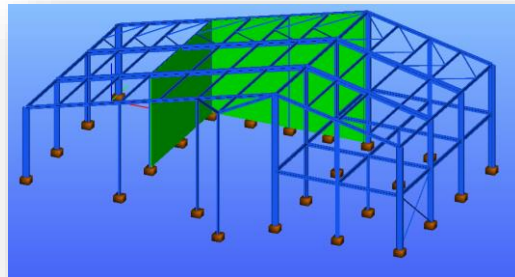
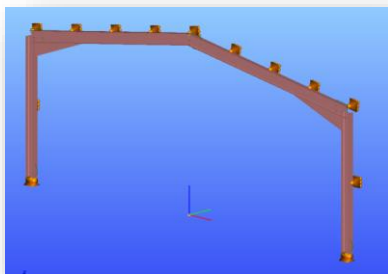
► **Darstellung ohne versteckte Linien ():**

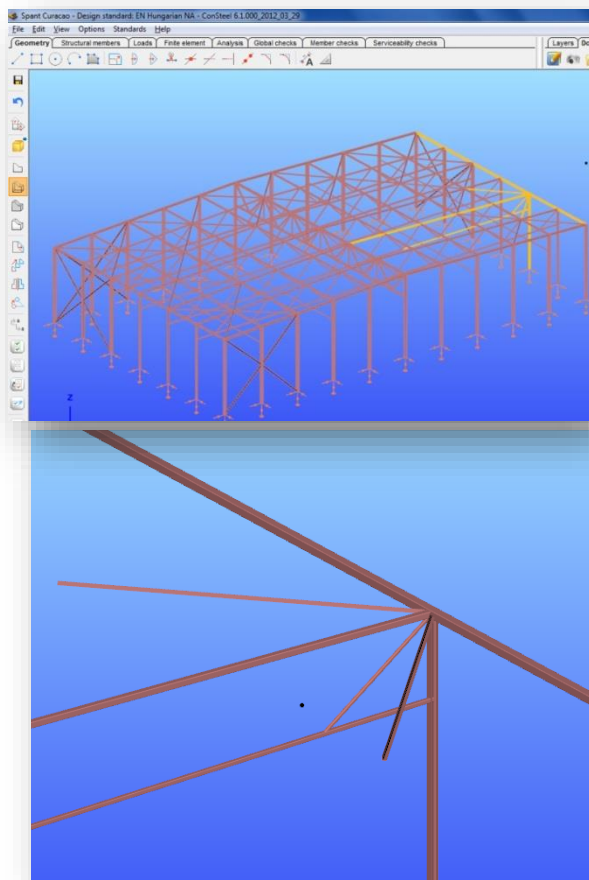
die Querschnittslinien erscheinen im mit Ausblendung der versteckten Kanten; die Oberflächen besitzen keine Schatten- und Aufhelleffekte; die Lager werden mit Volumenmodellen abgebildet



► **Volumenmodell ():**

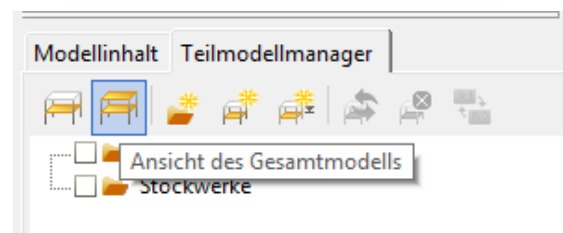
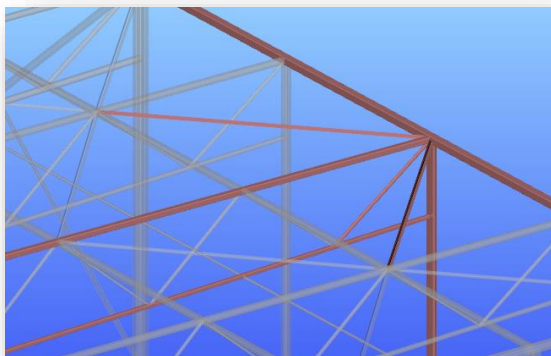
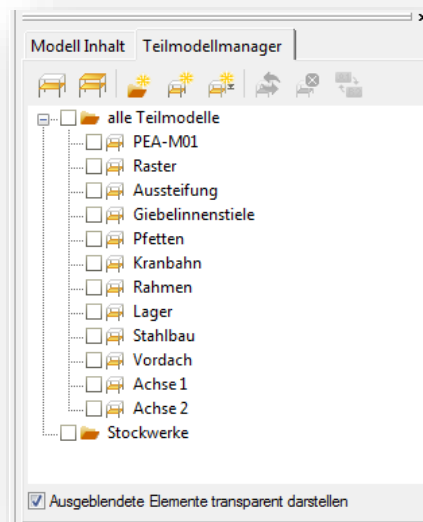
im Volumenmodell werden die Querschnitts- und Plattenaußenkanten nicht hervorgehoben; die Oberflächen besitzen aber Schatten- und Aufhelleffekte; die Lager werden mit Volumenmodellen abgebildet





Wenn aufgrund komplexer Strukturen das Gesamtmodell zu unübersichtlich wird und im Moment nur Teile der Struktur wichtig sind, benutzt man den **TEILMODELLMANAGER**.

Diese Option zeigt nur noch die Bauteile des Teilmodells, wobei die restliche Konstruktion leicht sichtbar oder unsichtbar gemacht werden kann.



Von den Karteiinhalten der **GEOMETRIE** bis zu **GLOBALER NACHWEIS** werden immer nur die Teilstrukturen dargestellt.

Um das gesamte Modell wieder sichtbar zu machen, benutzen Sie das „**ANSICHT GESAMTMODELL**“-Icon.

3.3 AUSWAHL

Objekte können im Grafikfenster, in den Objektbäumen oder durch zusätzliche Auswahloptionen ausgewählt werden. Nur im Grafikfenster sichtbare Objekte können grafisch gewählt werden, sodass dieselbe Aktion bei verschiedenen Tabellen oder Ansichten zu einer unterschiedlichen Auswahl führen kann. Ein markiertes Objekt kann durch Anklicken bei gedrückter „**SHIFT**“-Taste deselektiert werden. Die „**ESC**“-Taste löscht die Auswahl aller Objekte.

Die wichtigsten Auswahlmethoden und ihre Handhabung sind:

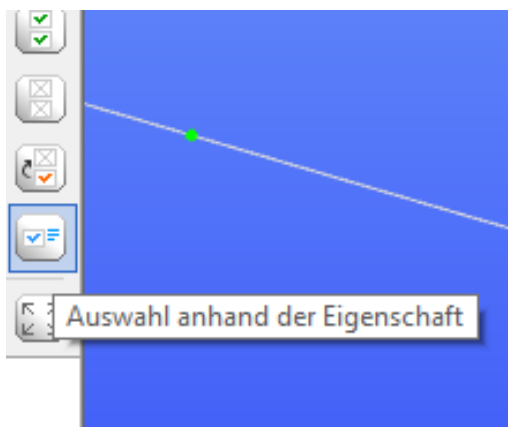
► **einfache grafische Auswahl:**

bringe im Grafikfenster den Mauscursor über das Objekt und markiere es mit der linken Maustaste. Diejenigen Objekte werden mit dem Mausklick ausgewählt, deren grafische Symbole sich mit dem Lot (als imaginäre Linie) vom Klickpunkt auf die Ansichtsebene schneiden. Also ist die getroffenen Ausfall von der Größe der grafischen Symbole der Objekte abhängig. Auch verdeckte Objekte werden ausgewählt!

► **Fensterauswahl:**

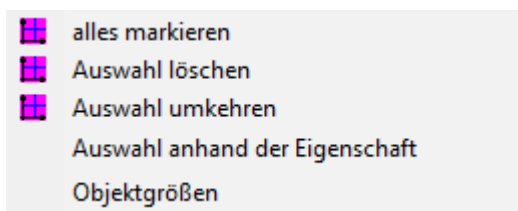
bei Bewegen der Maus mit gedrückter linker Maustaste entsteht ein Fenster, das bei Loslassen der Taste fixiert wird. Die aktuelle Größe des sich bildenden Fensters wird am Bildschirm kontinuierlich angezeigt. Beim Aufziehen des Fensters von links nach rechts werden nur Objekte markiert, die sich komplett innerhalb des Rahmens befinden. Die Fensterbildung von rechts nach links schließt auch alle Objekte mit ein, die nur den Rahmen schneiden.

► **Auswahl über Eigenschaften:**



Diese Auswahlmöglichkeit kann mit dem Icon des linken Seitenbalkens (oberes Bild) oder mit rechtem Mausklick in das Grafikfenster (unteres Bild) aktiviert werden.

In dem sich anschließend öffnenden Auswahlfenster kann oben zunächst die Objektart und anschließend durch Wahl/Angabe der gewünschten Eigenschaften.



Auswahl anhand der Eigenschaft ✕

▼
Stabelement

[-] Stabelement ▲	
Elementgruppe	
Position des Stabes	
Form des Stabes	
Name	
[+] Querschnitt ▼	
Stabendgelenk - Startpunkt	
Stabendgelenk - Endpunkt	
Exzentrizität -y [mm]	
Exzentrizität -z [mm]	
Drehung [Grad]	
Anzahl Finiter Element	
Bogenstich L/y	
Bogenstich L/z	
Elementtyp	
Material	

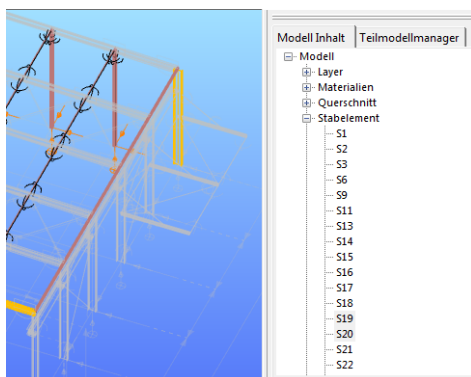
▼
▲
▼

☒ genaue Auswahl
☐ zur Auswahl hinzufügen
☐ aus der Auswahl löschen

schließen
übernehmen
OK

► Auswahl mittels Objektbaum:

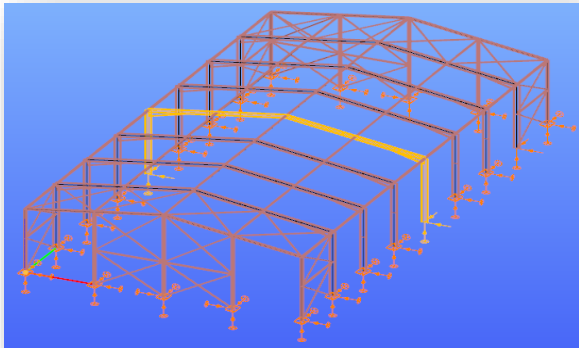
Objektauswahl durch Mausmarkierung der Objektnamen im Objektbaum



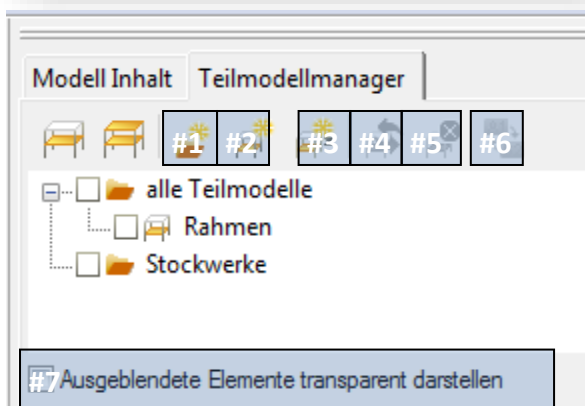
mit gedrückter „**STRG**“- oder „**SHIFT**“-Taste können mehrere Objekte ausgewählt werden. Um ein Objekt aus der Auswahl zu entfernen, hält man die „**STRG**“-Taste gedrückt und klickt nochmal auf den betreffenden Objektnamen. Die weiteren allgemeineren Auswahltools (volle Wahl, alles rückgängig, Auswahlinvertierung) können im unteren Teil des linken Seitenbalkens oder mit rechtem Mausklick in das Grafikenfenster erreicht werden (s.o.).

3.4 TEILMODELLMANAGER

Selektieren Sie zunächst alle Objekte (z.B. Rahmenelemente), die ein Teilmodell bilden sollen. Dann benutzen Sie das Icon „**NEUES TEILMODELL**“ (s. u.: #2).



Der **TEILMODELLMANAGER** ist eine wichtige Methode zur Bearbeitung von in die Gesamtstruktur eingebauten wie z.B. Stockwerkböden, Stützen, Träger, Aussteifungen. Diese Funktion erreichen Sie über den Tabulator „**TEILMODELL-MANAGER**“ - oben rechts im Fenster der Objektbäume. Aktive Teilmodelle sind im Modell hervorgehoben.



Teilmodelle können in eigenen Verzeichnissen geordnet werden. Neue Verzeichnisse werden mittels des Icons „**NEUE GRUPPE**“ (#1) definiert werden.

Teilmodelle werden durch Aktivierung der vorstehenden Wahlboxen aktiv, wobei Mehrfachwahl möglich ist.

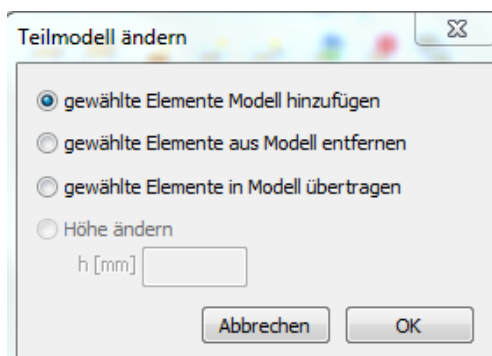
Wenn die Box „*Ausgeblendete Elemente transparent darstellen*“ (#7) aktiv ist, wird auch die (eigentlich) versteckte Reststruktur sichtbar.

Beliebige Objekte der Gesamtstruktur können gleichzeitig zu mehreren Teilmodellen gehören.

3 Schritte sind zur Veränderung eines bereits ersten Teilmodells notwendig:

1. man markiert die betreffenden Bauteile
2. dann klickt man auf den Namen des Teilmodells im Objektbaum (wird blau unterlegt)
3. schließlich benutzt man das **ÄNDERN**-Icon (#4).

Das Fenster **TEILMODELL ÄNDERN** öffnet sich mit den folgenden Optionen:



- **gewählte Elemente zum Modell hinzufügen:**
die markierten Elemente werden dem geöffneten Teilmodell hinzugefügt; bereits existierende Elemente bleiben unberührt
- **gewählte Elemente aus Modell entfernen:**
Löschung der markierten Elemente
- **Teilmodell nur aus gewählten Elementen:**
der alte Inhalt des Teilmodells wird mit den markierten Elementen überschrieben

Mit dem „**LÖSCHEN**“-Icon (#5) kann ein Teilmodell komplett gelöscht werden (die Elemente in der Struktur bleiben natürlich erhalten!).

Man kann auch mit dem „**UMBENENNEN**“-Icon (#6) den Namen eines Teilmodells verändern.

3.5 OBJEKTNAMEN UND -NUMMERIERUNG

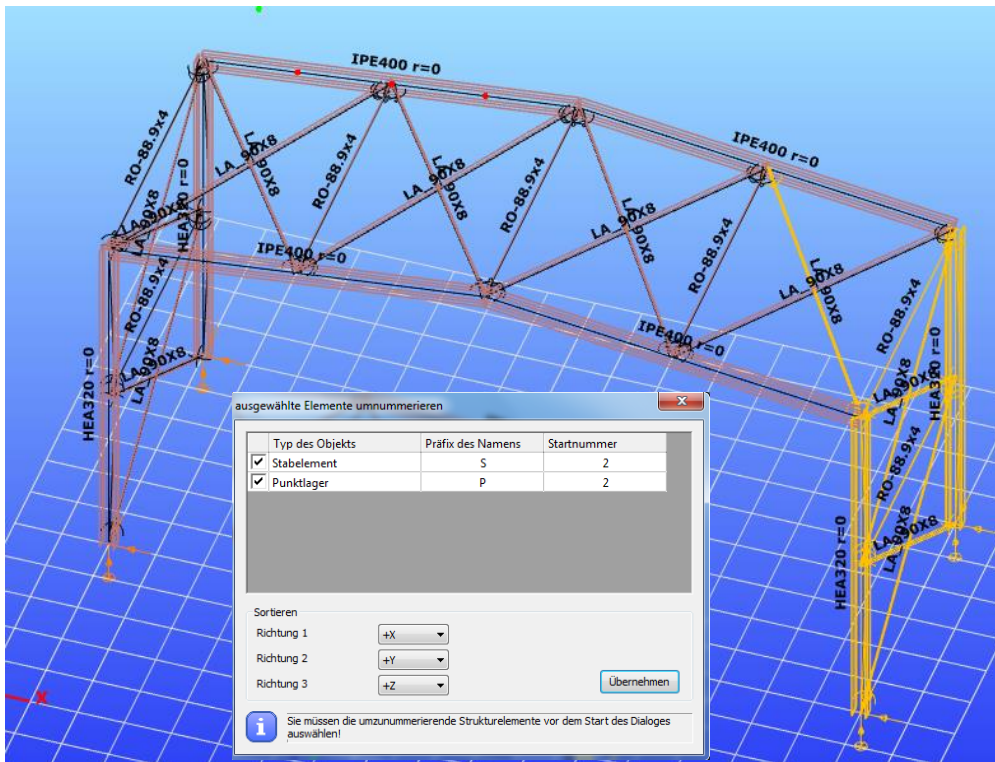
Die Namen und Objektsnummerierung erfolgt während der Modellerstellung automatisch. Beides kann zur besseren Organisation im Modell und zur Erstellung einer transparenten Dokumentation vom Benutzer verändert werden. In einigen Fällen (z.B. bei der Erstellung von Anschlüssen) hat der Benutzer von vorn herein die Möglichkeit der Namensgebung.

Die folgenden Änderungsmöglichkeiten stehen zur Verfügung:

- ▶ **Nummerierung der finiten Elementpunkte** – ist automatisch und unveränderbar.
- ▶ **Strukturelement-Namen:**
Während der Erstellung des Strukturmodells werden für die Strukturobjekte (Träger, Stützen, Wände, Platten) automatisch nummerierte Namen vergeben. Die Namen bestehen aus einem Kurznamen und einer fortlaufenden Nummer (z.B. "B1" für das erste Balkenelement). Diese Namen erscheinen beim Modellaufbau kontinuierlich im Objektbaum
- ▶ **Namen der Lagerungen, Stabendgelenke und Elementkopplungen:**
diese Namen zeigen den Typ der Lagerungen, der Stabendgelenke oder Elementkopplungen (z.B. "starr" oder "yy, zz, w")
- ▶ **Anschlussnamen** – dies sind die vom Benutzer definierten Namen der in das Strukturmodell integrierten Anschlüsse (z.B.: "Rahmenecke-01")

3.5.1 UMBENENNUNG VON OBJEKTEN

Mit dem „**OBJEKT-UMNUMMERIERUNG**“-Tool () im „**TRAGWERK**“- Register kann der Name und die Startnummer neu gesetzt werden, wobei auch Richtungsreihenfolgen der Nummerierung frei festlegbar sind. In der finiten Element-Ansicht werden die Namen auch für die Elementnummerierung verwendet.



Ein Texteingabefenster mit den zuvor selektierten und erkannten Objekten öffnet sich und die folgenden Änderungsaktionen sind möglich:

- ▶ Präfix (Name)
- ▶ Startnummer
- ▶ Richtungsvorrang beim Nummerieren (X, Y Z)

3.5.2 SICHTBARKEIT DER OBJEKTANGABEN

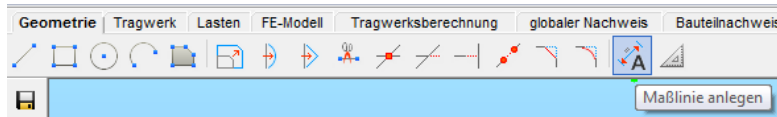
Die Sichtbarkeit der Objektangaben wird im unteren Statusbalken (→Kap **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**1.2.7/ **STATUSBALKEN**) festgelegt. Die folgenden Objektangaben sind darstellbar:

- ▶ **Material** – Materialname der Strukturbauteile (z.B. "S235")
- ▶ **Querschnitt** – Profilname (z.B. "HEA 200")
- ▶ **Plattendicke** – Dicke der Platten und Wände der flächigen Strukturbauteile
- ▶ **Lastintensität**– Werte der Einwirkungen
- ▶ **Einheiten** – Einheiten der Einwirkungen und Abmessungen ("kN" oder "mm")
- ▶ **Vorkrümmung** – Werte der lokalen Imperfektionen von Trägern und Stützen
- ▶ **Koordinatensystem** – Namen der lokalen Achsen (X,Y,Z)

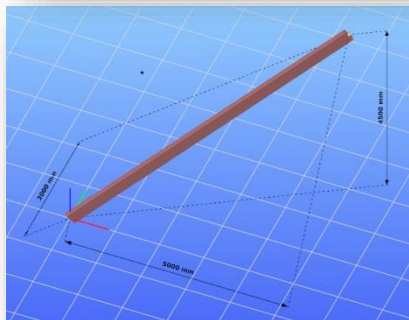
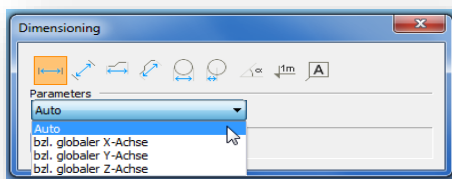
Schließlich lassen sich noch individuelle Textmarkierungen mit dem **TEXTFELD**-Tool () im **DIMENSIONIERUNGS**-Dialog () manuell hinzufügen.

3.6 VERMAßUNG ()

Bei der grafischen Dokumentation einer ist die Darstellung der Objektmaße wichtig. CS bietet auf der **GEOMETRIE**-Registerkarte mit dem Icon „**MAßLINIE ANLEGEN**“ () geeignete Werkzeuge.



Verschiedene Vermaßungstypen stehen zur Verfügung:

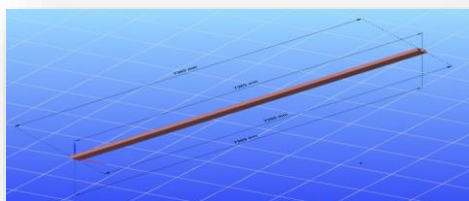
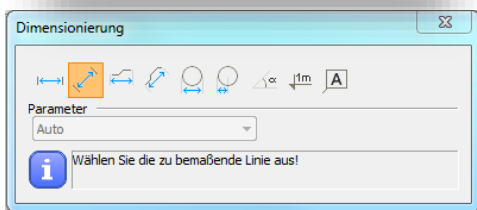


Projizierte Länge eines linearen Objekts :

die projizierte Länge eines markierten linearen Objekts wird parallel zur globalen X-, Y- oder Z-Achse gezeichnet

Parameter:

- ▶ Auto: durch Mausbewegungen werden verschiedene Möglichkeiten angeboten
- ▶ Projektion parallel zur globalen X-Achse
- ▶ Projektion parallel zur globalen Y-Achse
- ▶ Projektion parallel zur globalen Z-Achse

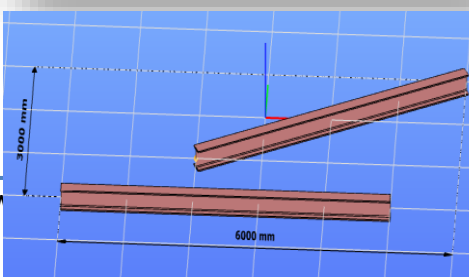
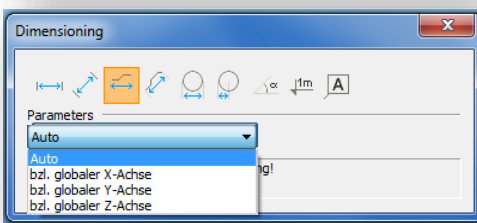


objektparallele Länge eines linearen Objekts :

die projizierte Länge eines markierten linearen Objekts wird parallel zur globalen X-, Y- oder Z-Achse gezeichnet

Parameter:

- ▶ Auto: durch Mausbewegungen werden verschiedene Projektionsebenen angeboten

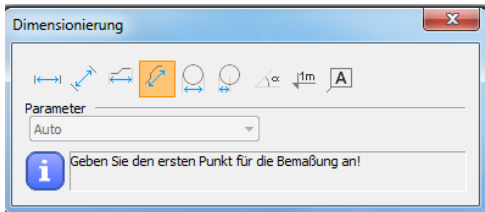


Projizierte Länge zwischen zwei Punkten :

die projizierte Länge zwischen zwei markierten Punkten wird parallel zur globalen X-, Y- oder Z-Achse gezeichnet

Parameter:

- ▶ Auto: durch Mausbewegungen werden verschiedene Möglichkeiten angeboten
- ▶ Projektion parallel zur globalen X-Achse
- ▶ Projektion parallel zur globalen Y-Achse
- ▶ Projektion parallel zur globalen Z-Achse



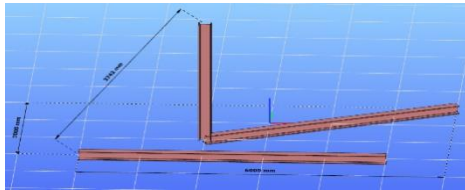
Distanzparallele Länge zwischen zwei Punkten

:

die projizierte Länge zwischen zwei Punkten wird parallel zur globalen X-, Y- oder Z-Achse gezeichnet

Parameter:

- ▶ Auto:
die Mausbewegungen bietet Referenzachsen an



Weitere Vermaßungsmöglichkeiten sind:

- **Durchmesser eines Kreises** 

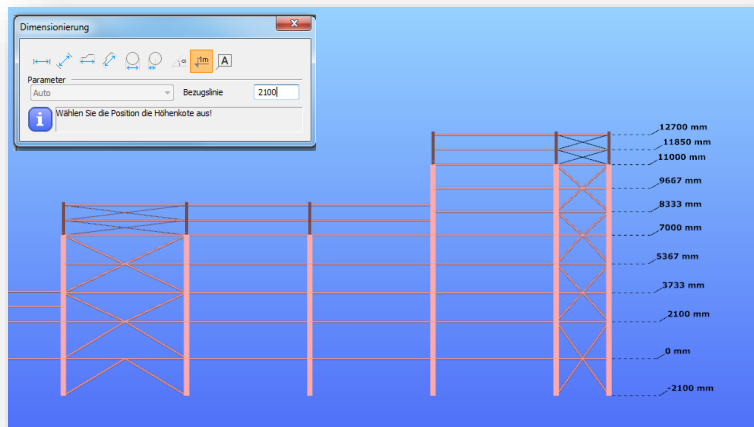
- ▶ **Radius eines Kreises** 

- ▶ **Winkel zwischen zwei Linien** :

nach Markierung zweier sich schneidender Linien werden vier mögliche Winkel angeboten

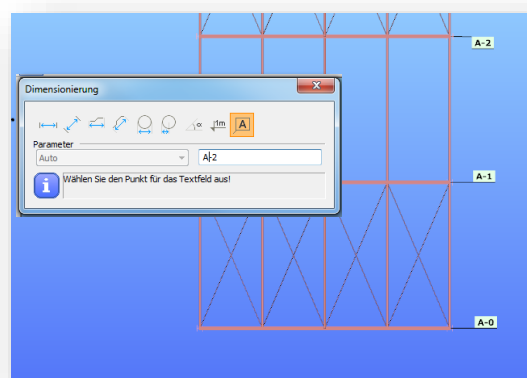
- ▶ **Höhenkote** :

Diese Funktion markiert die Höhenlage eines Objektpunktes relativ zur Angabe im Feld **Bezugslinie** in globaler Z-Koordinatenrichtung. Die Zahl im Feld **Bezugslinie** ist der relative Nulllevel der anzulegenden Höhenkoten. Alle Höhenkoten sind dann relativ zu dieser Höhe gemessen.



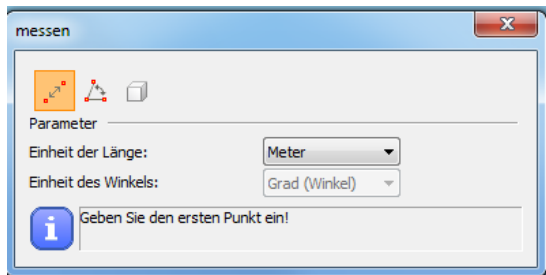
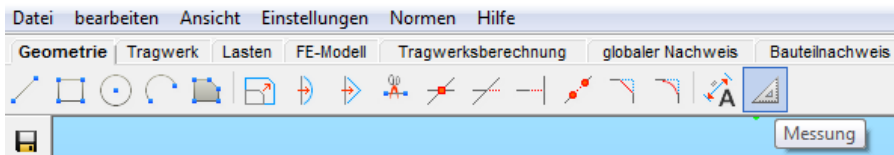
- ▶ **Textmarkierung an einer Linie** :

Der ins Textfeld eingetragene Wert ("A-2") wird mit einem Mausklick positioniert.



3.7 MESSUNGEN

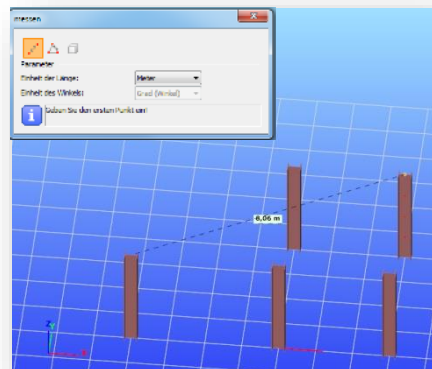
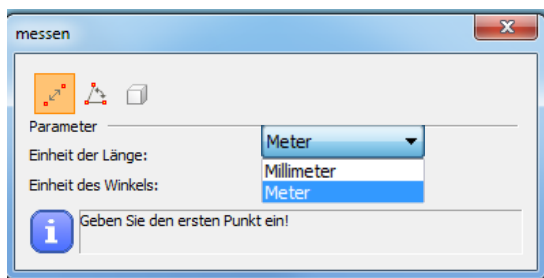
Bei der Erstellung einer Struktur sind auch die Kenntnisse von diversen geometrischen Größen notwendig. Das **MESSEN**-Tool befindet sich am Ende des „**GEOMETRIE**“-Registers.



Das sich öffnende Dialogfenster bietet drei Messmöglichkeiten:

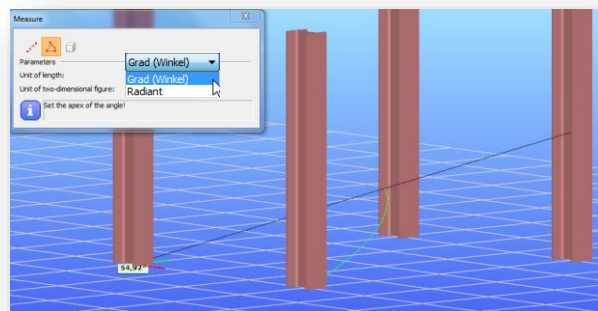
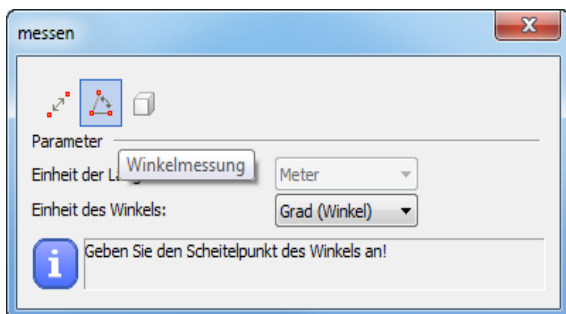
► Abstandsmessung

Es wird im Grafikenfenster der Abstand zwischen zwei Punkten in der gewählten Einheit der Auswahlbox.



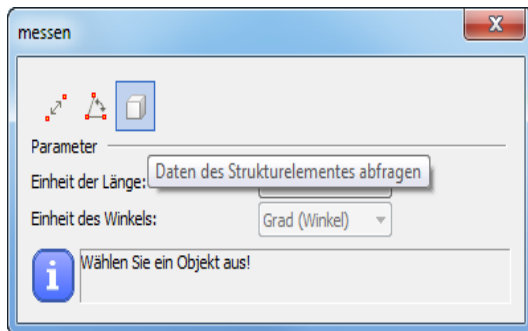
► Winkelmessung

Es wird der Winkel zwischen zwei Linien gemessen, der sich mittels dreier Punkte im 3D-Raum und auf der Ebene der erzeugten Geraden in Grad oder Bogenmaß ergibt.



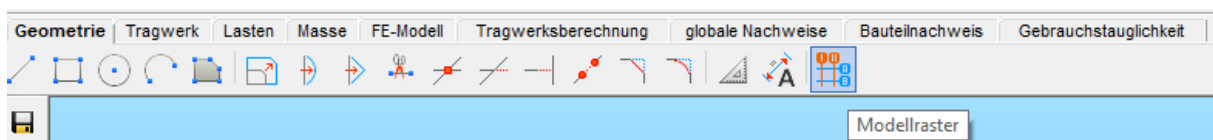
► Daten eines Strukturelementes :

Am Bildschirm erscheint ein Textfeld mit Länge, Oberfläche und Gewicht des markierten Objektes.

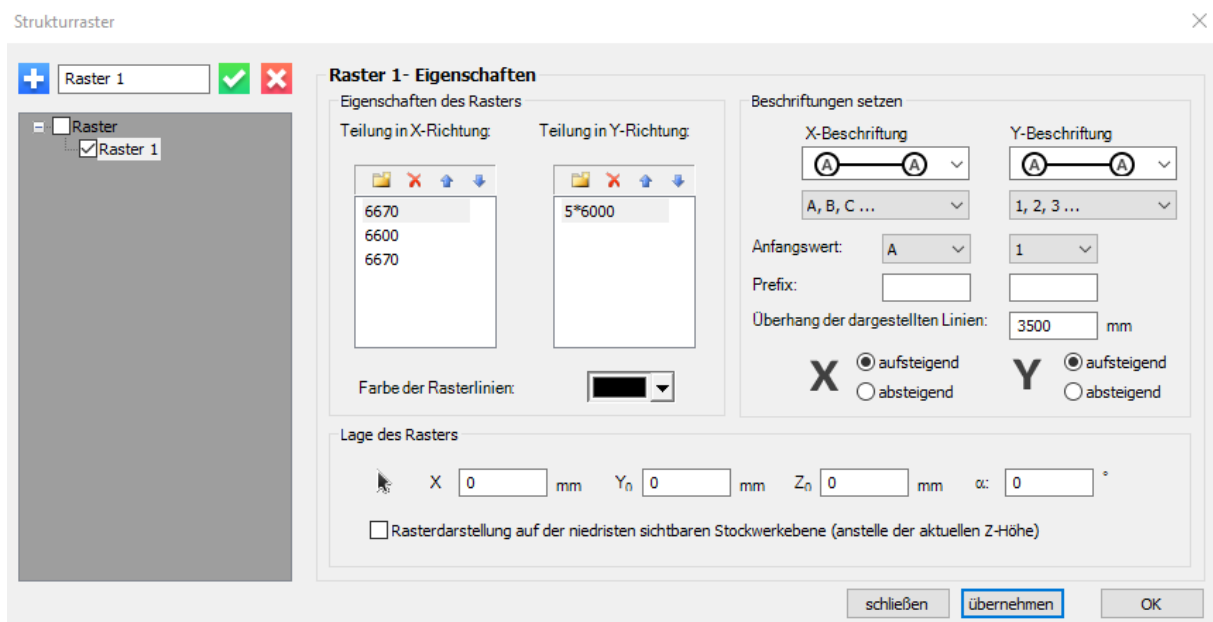


3.8 MODELLRASTER

Im Tabulator **GEOMETRIE** kann mittels des **MODELL RASTER** ein eigenes Grundrissraster (am besten auf einem eigenen Layer) erzeugt werden.



Es öffnet sich der folgende Dialog des Rastermanagers:



Folgende Funktionen stehen zur Verfügung:

- erzeuge ein neues Raster mit dem -Schalter
- akzeptiere die Einstellungen für das Raster und erzeuge es mit dem -Schalter
- verändere die Rastereinstellungen mit dem -Schalter
- lösche das angezeigte Raster mit dem -Schalter

Einstellbare Rastereigenschaften:**► Rasterteilung in X und Y Richtung:**

- ✓ neue mit dem -Schalter
- ✓ Löschung einer Rasterreihe mit dem -Schalter.
- ✓ Die Reihenfolge der Einteilung kann mit den  -Schalter verändert werden.
Die Werte können aus einzelnen Ziffern (1500) oder multiplizierte Ziffern (2*2000) bestehen.

► Beschriftung getrennt für die X und Y Richtungen:

- ✓ mit Großbuchstaben, Kleinbuchstaben, arabische und römische Zahlen
- ✓ Anfangswerte werden mittels der Dropdown-Menüs bestimmt.
- ✓ Präfixe können händisch ergänzt werden.
- ✓ Beschriftungen in auf- oder absteigender Reihenfolge

► Rasterlage:

- ✓ Festlegung des Ursprung des Koordinatensystems (X0,Y0,Z0) manuell oder grafisch mittels des -Schalters
- ✓ Drehung des Raster mit dem Winkel α bezüglich der globalen X-Achse
- ✓ wenn mehrere Geschosse vorhanden sind, kann man das Raster auf der niedrigsten Stockwerksebene darstellen

4 GEOMETRISCHE OBJEKTE

4.1 GRUNDLAGEN

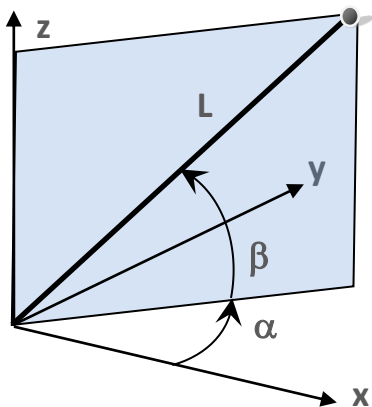
Der erste Schritt zur Erstellung von Modellstrukturen sollte (muss aber nicht!) eine geometrisch exakte Skizze der Hilfslinien für die Struktur sein, etwa das Zeichnen von Rastern, gekrümmte Grundrisslinien, etc. Diese Hilfslinien können zweckmäßig auf eigenen Layern angeordnet werden (→4.6Layer). Alle geometrischen Objekte *können mit CS* auf einfache Weise im 3D-Raum erstellt und verändert werden. Dazu sind die verfügbaren Fangmethoden sehr effizient. Die CAD-Funktionen erreicht man im Register und die Wahl der Ansichten, die Objektauswahl und Fangoptionen findet man auf dem linken und unteren Statusbalken.



Die Erstellung der Strukturobjekte, deren Lagerungsbedingungen und Lasten wird ab Kap. 5 beschrieben.

4.2 KOORDINATENSYSTEME ()

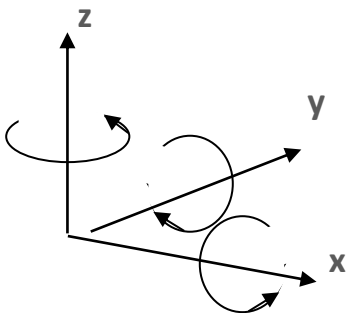
Sowohl zur Systemerstellung als auch der Interpretation der Berechnungs- und Nachweisergebnisse ist es außerordentlich wichtig, dass man immer weiß, auf welches Koordinatensystem die Informationen beziehen. Im Folgenden werden die von **CS** bereitgestellten bzw. benutzen Systeme erläutert.



Zwei unterschiedliche Typen stehen zur Verfügung:

- ✓ das rechtwinklige Descarte'sche System (X-Y-Z) und
- ✓ das Polarsystem (α - β -L)

" α " ist der Winkel zwischen der X-Achse und der Vertikalebene, die durch die Z-Koordinate und einem Punkt aufgespannt ist, " β " ist der Winkel zwischen der Koordinatenebene X-Y und der Objektlinie vom Ursprung zum betrachteten Punkt auf der Vertikalebene und "L" ist die Objektlänge vom Ursprung.



Alle Descarte'schen Koordinatensysteme (Achsenrichtungen und Rotationswinkel) folgen der sog. „Rechte-Hand-Regel“. Dies gilt sowohl für die Geometrie als auch die Lasten. Positive Momente und Rotationen drehen gegen den Uhrzeigersinn um ihre Achsen, wenn man in Richtung der jeweiligen Achse schaut.

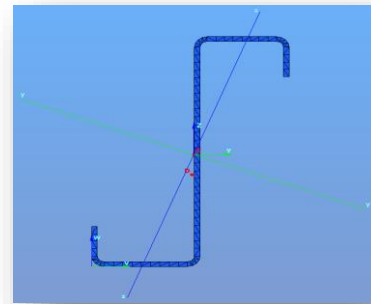
Es werden die folgenden Notationen verwendet:

Darstellung der globalen Geometrie (3D Strukturerstellung):

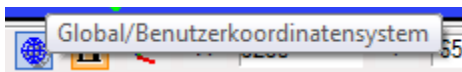
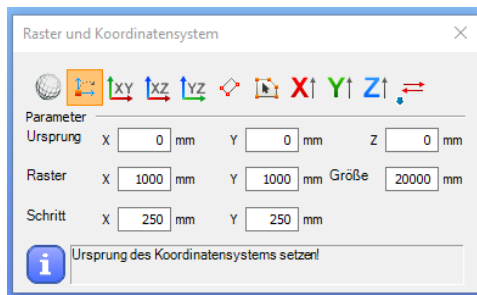
- ▶ **X, Y, Z:** globales Koordinatensystem (GKS)
- ▶ **x, y, z:** lokales Koordinatensystem (LKS)

Darstellung der Querschnitte (2D Querschnitte):

- ▶ **v, w:** Anfangsrechn-Koordinatensystem
- ▶ **Y, Z:** in den Schwerpunkt verschobenes Rechenkoordinatensystem
- ▶ **y, z:** Hauptachsen-Koordinatensystem



4.2.1 BENUTZER- KOORDINATENSYSTEM



Mit einem Benutzerkoordinatensystem (BKS) geht die Erstellung einer Struktur häufig schneller und einfacher. Es handelt sich dabei um ein speziell im Raum verschobenes und verdrehtes globales System X-Y-Z.

Die Werkzeuge zur Erstellung und Veränderung von BKS'en erreicht man mit dem Schalter „**RASTER UND KOORDINATENSYSTEM EINRICHTEN**“ () im linken Seitenbalken.

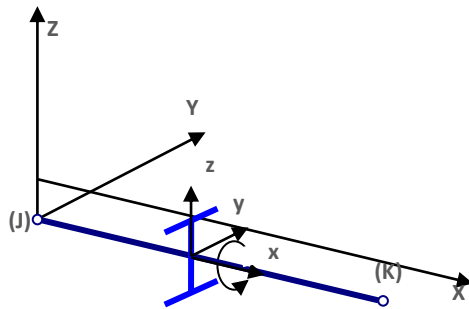
Das BKS kann im unteren Statusbalken eingeschaltet (oder zurück zum GKS) ausgeschaltet werden.

Es stehen (von links nach rechts) folgende Optionen zur Verfügung:

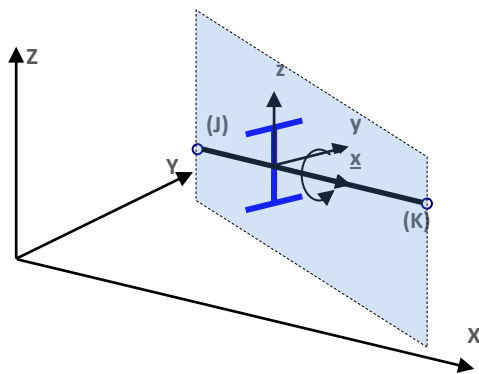
-  zum GKS wechseln
-  neuen Ursprung des BKS's setzen
-  die X-Y-Ebene des GKS wird diejenige des BKS's
-  die X-Z-Ebene des GKS wird diejenige des BKS's
-  die Y-Z-Ebene des GKS wird diejenige des BKS's
-  definiere das BKS durch 3 Punkte: den Ursprung sowie die X- und Y-Achsen
-  definiere das BKS identisch zu dem der gewählten Fläche mit dem Ursprung im ersten Punkt der Fläche
-  definiere die Richtung der X-Achse mit zwei Punkten
-  definiere die Richtung der Y-Achse mit zwei Punkten
-  definiere die Richtung der Z-Achse mit zwei Punkten
-  Richtungswechsel der gewählten Achse

4.2.2 LOKALES KOORDINATENSYSTEM VON BALKENELEMENTEN

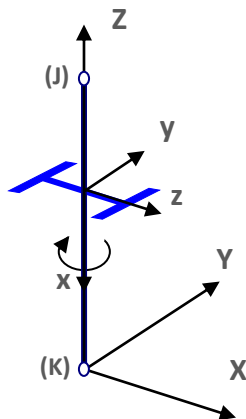
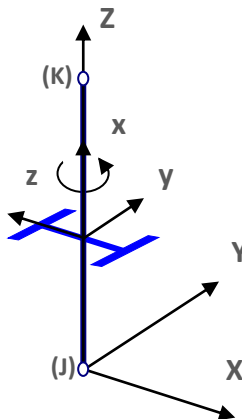
Die Schwerachse von Balkenelementen definiert die x-Achse des LKS's dieses Elementes. Die Richtung der x-Achse zeigt vom Startpunkt (J) zum Endpunkt (K) der Schwerachse.



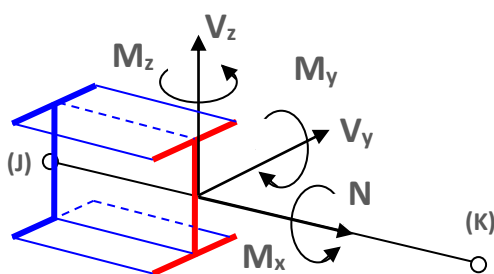
Im Basisfall ist die lokale x-Achse identisch mit der globalen X-Achse. Dann sind auch die lokalen y- und z-Achsen identisch mit „Y“ und „Z“. Die Querschnittskordinaten y und z sind identisch mit den Richtungen Y und Z des GKS's.



Im Falle eines allgemein im Raum positionierten Balkens (keine Stütze mit vertikaler x-Achse) ist die lokale x-z-Ebene immer vertikal ausgerichtet und die positive z-Richtung stimmt mit der positiven globalen Z-Richtung überein. Bei Balken mit (einfacher) Krümmung ist die x-Achse immer die Tangente.



Bei Stützen (mit vertikaler Stabachse) hat die lokale y-Achse dieselbe Richtung wie die globale Y-Achse. Die Richtung der lokalen z-Achse hängt von der Platzierung der Stütze ab (vom Startpunkt (J) zum Endpunkt (K)).



Die Interpretation und Vorzeichen der internen Elementbeanspruchungen orientiert sich an seinem lokalen Koordinatensystem gemäß der nebenstehenden Abbildung.



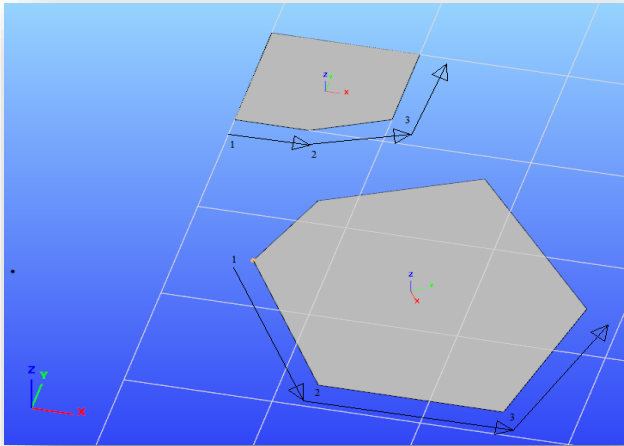
zu beachten ist, dass sich die Zugfaser bei der positiv definierten vertikalen z-Achse am oberen Trägerrand befindet!

4.2.3 LOKALES KOORDINATENSYSTEM VON FLÄCHENELEMENTEN

Die lokale x-y-Ebene von Flächenelementen ist die Flächenebene selbst mit der z-Achse senkrecht dazu, wobei die positive Richtung „+z“ der „rechten Handregelung“ folgt.

Für **rechteckige Flächenelemente** gilt:

- ▶ die x- und y-Achsen sind parallel zu den Rechteckrändern



Für **polygonal begrenzte Flächenelemente** gilt:

- ▶ die x-Achse ist parallel zu der (ersten) Linie, die mit den beiden ersten Polygonpunkten erzeugt wird
- ▶ die y-Achse zeigt in die Richtung, die mit dem dritten Punkt erzeugt wird

Die LKS'e von Flächenelementen sind mit den Optionen nach Kap. 4.2.1 veränderbar.

4.3 FANGPUNKTE

Fangpunkte dienen der präzisen Erstellung der Strukturmodelle durch Kopplung von ausgezeichneten Punkten verschiedener Elemente. Die (De-)Aktivierung der Fangoptionen erfolgt über den Schalter  (→ Kap. 1.2.7) rechts im unteren **Statusbalken**.

4.4 ZEICHNEN GRAFISCHER OBJEKTE

Das „**GEOMETRIE**“-Registerblatt bietet folgende Zeichnungsoptionen:

eindimensionale Objekte	
	gerade Linie: wähle Anfangs- und Endpunkt der zu zeichnenden Linie
	Polygon: setze Punkt für Punkt und beende mit Esc
	Rechteck mit Linien: wähle zwei gegenüberliegende Eckpunkte
	Rechteck im Raum: wähle Anfangs- und Endpunkt einer Kante und den dritten Punkt zum Rechteck im Raum aus
	Kreis über Radius: markiere Kreismittelpunkt und Radiusendpunkt (Vermaßung zum BKS)
	Kreis über Durchmesser: wähle Anfangs- und Endpunkt der zu zeichnenden Durchmessers (Vermaßung zum BKS)

	Kreis über 3 Punkte: wähle drei Punkte des Kreises im BKS
	Kreisbogen über Mittelpunkt, Anfangspunkt und Winkel: wähle Mittelpunkt, Bogenanfangspunkt und wähle Winkel mit Maus oder Zahleneingabe
	Kreisbogen über 3 Punkte: wähle Start- und Endpunkt sowie einen Zwischenpunkt
	Kreisbogen über 2 Punkte und Tangente: wähle Start- und Endpunkt sowie den zweiten Tangentenpunkt zum Endpunkt

zweidimensionale Objekte - Aufgabenstellung

	Ebene: definiere die geometrische Aufgabe (z.B. Kreis) mit weiterem Icon
	Loch in Ebene: wähle die Ebene und definiere die geometrische Aufgabe (z.B. Polygon) für das Loch mit weiterem Icon
	Editieren: ändere ein Schalenelement
	Änderung des BKS: ändere die Richtung der lokalen x-Achse der markierten Fläche mit 2 Punkten

Konstruktionsoptionen

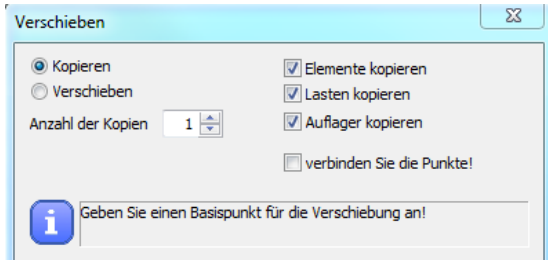
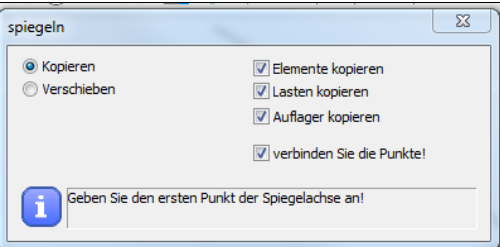
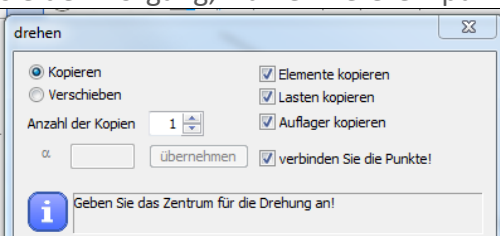
	Ebene oder gedrehte Ebene: wähle die Art der Ebene aus
	Kreis: wähle Konstruktionsart des Kreises aus: über Radius, Durchmesser drei 3 Punkte
	geschlossenes Polygon: setzte Punkt für Punkt und schließe mit RECHTEM MAUSCLICK
	Punkteaddition: füge durch Randbrechung einen weiteren Plattenpunkt hinzu; markiere den Rand und lokalisiere den neuen Punkt durch Mausclick
	Punkt- oder Bereichslöschung: lösche einen Plattenpunkt oder ein Bogensegment einer Platte; nach der Löschung wird eine Gerade gebildet

4.5 OBJEKTÄNDERUNGEN

Die wichtigsten Funktionen zu Objektänderungen befinden sich im linken Seitenbalken:

Konstruktionsoptionen

	Punkt und Kante versetzen: wähle den Punkt oder/und Kante zum Versetzen aus und bestimme die neue Position des (der) Punktes/Kante. Es können die Endpunkte von Linien, Punkte von Polygonen oder polygonalen Löchern und die Lage von Kanten verschoben werden
---	--

	versetzen/kopieren: wähle zunächst die Objekte zum Versetzen oder Kopieren aus und klicke anschließend auf das OBJEKTE VERSCHIEBEN-Icon  Wähle jetzt Kopieren oder verschieben aus und geben die Anzahl der Kopien an. Zuletzt definieren sie den Kopierungs-/Verschiebungsvektor durch Angabe zweier Punkte.
	Spiegelung: definiere zunächst das BKS und wähle die zu spiegelnden Objekte; mit dem OBJEKTE SPIEGELN-Icon starten sie den Vorgang und wählen Anfangs- und Endpunkt der Spiegelachse, die in das BKS projiziert wird;  Wähle jetzt Kopieren oder verschieben aus und geben die Anzahl der Kopien an. Zuletzt definieren sie den Kopierungs-/Verschiebungsvektor durch Angabe zweier Punkte; erfolgt die Spiegelung im BKS
	Rotation: wähle die zu drehenden Objekte; mit dem OBJEKTE SPIEGELN-Icon starten sie den Vorgang, wählen Referenzpunkte aus geben einen Drehwinkel ein;  wählen Sie Referenzpunkte aus und geben einen Drehwinkel ein; mit Übernehmen starten Sie den Vorgang

Es können mit Strukturelementen (je nach Einstellung der Wahlboxen) auch Lasten und Lagerungen kopiert oder verschoben werden. Diese Aktionen sind vom BKS unabhängig.

Optionseffekte:

Elemente kopieren:

- aus:** es werden nur die Lasten und/oder Auflager kopiert oder verschoben
- an:** die Strukturelemente werden kopiert oder verschoben (standardmäßig)

Lasten kopieren:

- aus:** die Lasten werden nicht mit den Strukturelementen kopiert oder verschoben
- an:** die Lasten werden mit kopiert oder verschoben

Auflager kopieren:

aus: die Lagerungen werden nicht mit den Strukturelementen kopiert oder verschoben
an: die Lasten werden mit kopiert oder verschoben (aber nur, wenn mindestens ein Strukturelement markiert wurde)

Punkte verbinden:

bei aktiver Box werden die Endpunkte der Objekte mit Linien verbunden

Weitere Änderungsfunktionen finden Sie auf dem „**GEOMETRIE**“-Register:

Konstruktionsoptionen bei Schalen



Größenänderung von Objekten:

wähle Schalenobjekt aus; bestimme die Lage des Änderungszentrums, und des Referenzpunktes und des Multiplikator-Punktes, wobei die Abstände dieser beiden Punkte zum Änderungszentrums den Vergrößerungsfaktor ergibt); die Eingabe des letzten Punktes veranlasst die Veränderung

: die Länge von Linienlasten wird proportional verändert!



Verkrümmung gerader Linienelemente:

wähle die zu krümmende Kante/Linie; bestimme den Einfügapunkt; die Eingabe des letzten Punktes veranlasst die Veränderung



Begradigung einer Bogenlinie:

wähle die Bogenlinie und ersetze sie durch eine Gerade



Knicken eines geraden Elementes:

wähle die zu knickende Kante/Linie und markiere einen Knickpunkt darauf; bestimme die neue Punktlage.

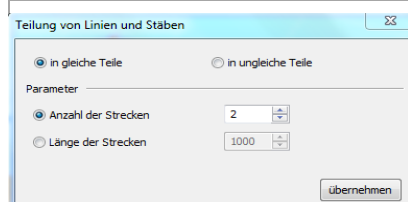
: die Koordinaten des neuen Punktes können auch mit Hilfe der Eingabefelder im Statusbalken unten numerisch exakt eingegeben werden

: das Objekt wird am Knickpunkt in zwei Objekte gebrochen

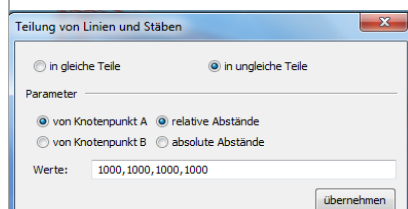


Objektteilung(en):

Linien und Träger-/Stützelemente können in gleiche oder ungleiche Abschnitte geteilt werden: (Längenangaben in **mm**)



mit der Option **“in gleiche Teile”** können Sie die Teilungsrate oder die Längen der geteilten Objekte bestimmen; bei einer Streckenlänge, die mit einem Vielfachen nicht die ursprüngliche Objektlänge ergibt, verbleibt am Ende ein Objekt mit einer Restlänge



mit der Option **“in ungleiche Teile”** können die Längen der geteilten Objekte individuell bestimmt werden; die Abstände können relativ (von Teilungspunkt zu Teilungspunkt) oder absolut (vom Anfangspunkt A oder Endpunkt B) angegeben werden

Nach „**Übernehmen**“ markieren Sie das zu teilende Objekt

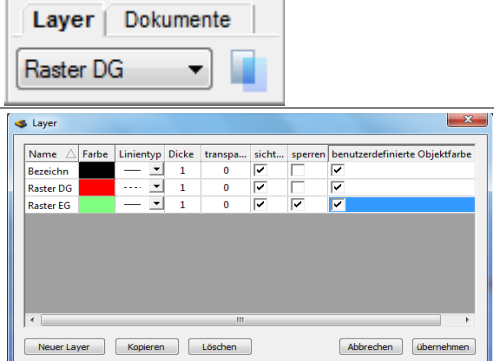


Brechung sich kreuzender Objekte:

wähle zwei sich kreuzende (geradlinige oder gekrümmte) Objekte; beide Objekte werden (in 4 Objekte) zerbrochen;

	Trimmung eines Elementes: (erzeuge und) wähle zunächst die Trimmlinie; wähle das zu trimmende (geradlinige oder gekrümmte) Objekt
	Verlängerung eines Linienobjektes: markieren Sie die Linie, bis zu der ein Linienobjekt zu verlängern ist;  : mit Markieren des Objektes wird die Veränderung sofort ausgeführt
	Herausschneiden eines Objektsegmentes: wähle die charakteristische Linie des Objekts; markiere Start- und Endpunkt des heraus zu löschendem Segment; mit Markierung des zweiten Punktes wird sofort das Segment gelöscht;  : fortgesetztes Herausbrechen ist möglich
	Fase zwischen zwei Linien einfügen: (Längenangaben in mm) geben Sie numerisch exakt die (vom Schnittpunkt gemessenen) Abstände auf der ersten und zweiten Linie an; markieren Sie anschließend die beiden zu fassenden Linien; mit Markierung der zweiten Linie wird sofort die Fase erzeugt;  : sind die numerischen Werte größer als die Objektlänge(n), erfolgt nichts
	Schnittpunkt zweier Linienelemente abrunden: (Längenangaben in mm) bestimmen Sie numerisch den Rundungsradius; Markieren Sie die zwei ein Ecke bildende Linien;  : passt der Radius nicht zu den Objektlänge(n), erfolgt nichts

4.6 LAYER

		Die Layertechnik von CS entspricht den bekannten CAD-Programmen.
		Mit dem Layer-Dialog können eigene Layer erstellt, gelöscht individuelle Layer-Eigenschaften eingestellt werden:

- ▶ neuen Layer erstellen
- ▶ Eigenschaften von einem existierenden zu einem neuen Layer kopieren
- ▶ Layer löschen
- ▶ Layereigenschaften editieren (Farbe, Linienstil, Dicke und Transparenz)
- ▶ Sichtbarkeit ein- oder ausstellen
- ▶ Einfrieren von Layereigenschaften bei gleichzeitiger Sichtbarkeit
- ▶ An- und Ausschalten der benutzerdefinierten Layereigenschaften: wenn die Markierungsbox AUS ist, werden alle Objekteigenschaften des betreffenden

Layers mit seinen speziellen Eigenschaften dargestellt. Bei AN (Standardeinstellung) sind alle Objekte mit dem globalen Stil dargestellt.

Man stellt einen Layer aktiv (zunächst ist Layer_1 von CS voreingestellt) und erstellt dann Objekte.



Layer in CS können zusätzlichen (nicht zur Struktur gehörenden) Informationen wie z.B. Rasterlinien, Schnittführungen, etc. vorbehalten sein.

Verwenden Sie für Strukturobjekte und deren Berechnungen auch den **Teilmodellmanager**, mit dem **Einfluss auf die Berechnungseigenschaften** genommen werden kann.

5 STRUKTURERSTELLUNG

5.1 GRUNDLAGEN

CS bietet eine außerordentlich **benutzerfreundliche grafische Oberfläche** (mit zusätzlichen *numerischen Eingabefeldern*) zur Erstellung des Strukturmodells. Dieses „Benutzermodell“ besteht aus realen Bauelementen (Stützen, Riegel, Vouten, Aussteifungsstäben, etc.) und ist komplett entkoppelt vom „finite Berechnungsmodell“, das von CS im Hintergrund automatisch in ein geeignete finites Elementmodell mit Balken- und ebenen Schalenelementen umgesetzt wird. Mit diesem Modell werden die baustatischen und -dynamischen Berechnungen und die Trag- und Gebrauchstüchtigkeitsnachweise geführt. Das bedeutet, dass sich der Konstrukteur/Berechnungsingenieur nicht mit den mathematisch/numerischen Fragestellungen der FEM auseinandersetzen muss.



Der Benutzer kann dennoch auf das FE-Modell Einfluss nehmen:

beispielsweise kann die Anzahl der Elemente verändert werden (in der „**OBJEKTEIGENSCHAFTSTABELLE**“ (unten rechts in der Oberfläche) oder im „**FE-MODELL**“-Register.



DER PROGRAMMANWENDER SOLLTE ABER DIE FUNKTIONALITÄTEN, MÖGLICHKEITEN UND BESCHRÄNKUNGEN DER ANALYSEMETHODIKEN (Z.B. THEORIE 2. ORDNUNG, WÖLBKRAFTTORSION, ETC.) BEREITS BEI DER MODELLERSTELLUNG BERÜCKSICHTIGEN, DENN MISSVERSTANDENE FUNKTIONALITÄTEN KANN ZU UNERWÜNSCHTEN ODER UNERWARTETEN RESULTATEN FÜHREN!

Alle Funktionalitäten der Strukturmodellerstellung befinden sich auf der Registerkarte „**TRAGWERKSBERECHNUNG**“. Die Funktionen zur Erstellung und Berechnung von Querschnitten und Anschlüssen befinden sich in den Programmmodulen **CSSECTION** (→ Kap. 11) und **CSJOINT** (→ Kap. Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.).

5.2 LINIEN-STRUKTUROBJEKTE (🏗️)

5.2.1 ERSTELLUNG

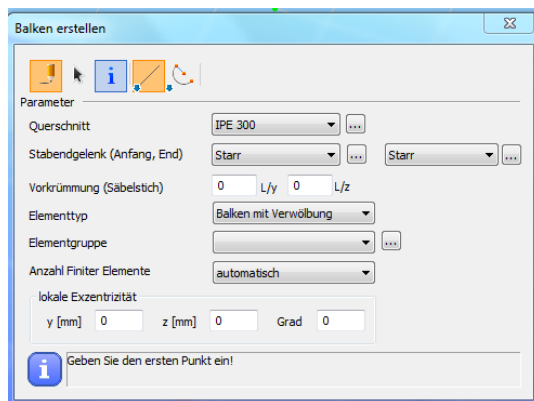
Linienstrukturobjekte (Träger) können mit dünnwandigen Stahlprofil-, massiven Stahlbeton- und Stahlverbundquerschnitten konstruiert werden. CS unterscheidet – abhängig von der Orientierung der Längsachse - zwischen Stützen und Balken. Stützen sind grundsätzlich

vertikal (in globaler Z-Richtung) orientiert. Die Eingabe ist einfach, da nur der Fußpunkt und die Höhe anzugeben sind.

Die Fenster mit den Dialogen zur Objekterstellung besitzen folgende Möglichkeiten:

-  Erstellung der Objektachse (Schwerachse)
 -  als Linie und Liniensegmente (Polygonzug)
 -  als Kreisbogenträger mit drei Erstellungsmethoden
-  Auslesen der Objekteigenschaften durch Markieren eines Trägers die Eigenschaften werden in die Parameterfelder übertragen

Die Parameter werden im Parameterbereich eingefügt:



Balken erstellen

Parameter

Querschnitt: IPE 300

Stabendgelenk (Anfang, End): Starr

Vorkrümmung (Säbelstich): 0 L/y 0 L/z

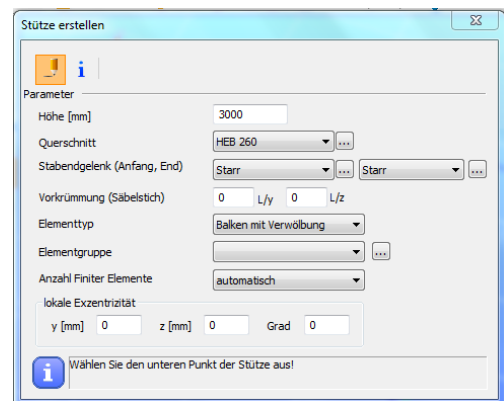
Elementtyp: Balken mit Verwölbung

Elementgruppe:

Anzahl Finiter Elemente: automatisch

lokale Exzentrizität: y [mm] 0 z [mm] 0 Grad 0

 Geben Sie den ersten Punkt ein!



Stütze erstellen

Parameter

Höhe [mm]: 3000

Querschnitt: HEB 260

Stabendgelenk (Anfang, End): Starr

Vorkrümmung (Säbelstich): 0 L/y 0 L/z

Elementtyp: Balken mit Verwölbung

Elementgruppe:

Anzahl Finiter Elemente: automatisch

lokale Exzentrizität: y [mm] 0 z [mm] 0 Grad 0

 Wählen Sie den unteren Punkt der Stütze aus!

- **Querschnitt:**  vor der Staberzeugung sind ein oder mehrere Querschnitte (mit Objekteigenschaften!) aus der Bibliothek ins Programm zu laden oder mittels des Makromoduls zu erstellen, die in eine Verfügbarkeitstabelle aufgenommen werden; diese stehen anschließend in dem Auswahlfenster (IPE 300) zur Verfügung. Falls noch keine Querschnitte zur Verfügung stehen oder noch weitere benötigt werden, kann mit dem „MEHR“ (...) -Schalter nachträglich auf den Querschnittsmodul zugegriffen werden

Querschnitt

Name	Parameter	Material	Art	Quelle	Status
HEB 260	h=260; bf=260; tw=10; tf=1...	S 235 EN...	Stahl - Standard	Standard	Verwendet
IPE 300	h=300; bf=150; tw=7.1; tf=...	S 235 EN...	Stahl - Standard	Standard	Verwendet

Querschnitt laden

Aus Katalog...

Makroquerschnitt...

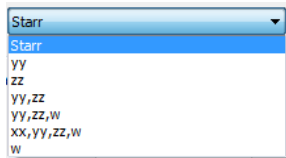
Ändern...

Entfernen

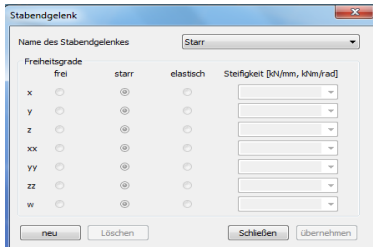
Kopieren

Eigenschaften...

- **Stabendgelenke (Anfang, Ende):**



Jedes Stabende benötigt die Festlegung von sieben Verformungsfreiheitsgraden. Die Standardbelegung ist starrer Knotenanschluss. Einige vorgefertigte Typen befinden sich in dem Auswahlménü.



Über den **STABENDGELENK**-Dialog wird mittels des [...] -Schalters ein Dialogfenster eröffnet, mit dem eigene Gelenktypen mit beliebiger Kombination von starren, gelenkigen und elastischen Anschlüssen der einzelnen Verformungskomponenten definiert und benannt werden können.

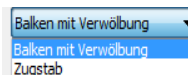
- x, y, z : lokale Wegfreiheitsgrade des Stabendes
- xx, yy, zz: lokale Rotationsfreiheitsgrade des Stabendes
- w: Verwölbung des Stabendes

- **Stich der lokalen Elementvorkrümmung:**

Die lokalen Vorkrümmungen bestehen aus einer Sinus-Halbwellen (in y- oder / und z-Richtung der lokalen Hauptachsen) mit den einzutragenden Amplitudenverhältnissen in Stabmitte

- **Elementtypen:**

- ✓ dünnwandige Stahlprofile:



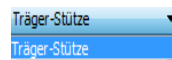
es kann zwischen *Balken-/Stützenquerschnitten mit Verwölbung* und *Zugstab* gewählt werden, was Einfluss auf den Typ des FE-Elementes hat.

Das **Balken-/Stützelement mit 7 Freiheitsgraden inkl. Verwölbung (7DOF)** hat pro Stabende 7 Verformungsfreiheitsgrade und Knotenbeanspruchungen inklusive der Verwölbung dünnwandiger offener Profile.

Der **Zugstab (1DOF)** kann keine Druckkräfte in Stablängsrichtung (wohl aber Biege-, Wölb- und Torsionsmomente sowie Schubkräfte!) aufnehmen; erhält der Stab Druckkraft, wird er bei der statischen Berechnung ausgeschlossen.

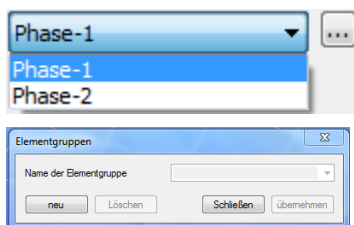
Soll ein echter (momenten- und schubkraftfreier Zugstab entstehen, müssen beiseitig geeignete Stabendgelenke modelliert werden!

- ✓ Stahlbeton und Stahlverbundquerschnitte:



Es steht nur das *Träger-/Stützelement* mit 6 Freiheitsgraden (**6DOF**) (keine Verwölbung) zur Verfügung.

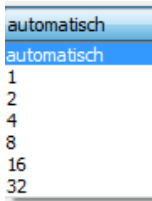
- **Elementgruppe:**



Tragelemente können aus verschieden Gründen (gezielte Auswahl, gruppierte Ausgaben, etc.) zu Gruppen zusammengefasst werden.

Mit dem „MEHR“ [...] -Schalter kann man den **ELEMENTGRUPPEN**-Dialoge zur Erstellung neuer Gruppen erreichen.

- **Anzahl finite Elemente:**



Die Vorbesetzung „*automatisch*“ bedeutet, dass CS pro Stabelement einen Kompromiss zwischen möglichst geringer Anzahl und genügend genauen Ergebnissen wählt.

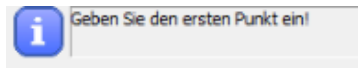
Man kann aber die Anzahl von 2 bis 32 finiten Elementen pro Stab manuell einstellen.



Lange Stäbe mit kontinuierlicher elastischer Torsionsbettung sollten manuell mit einer Elementzahl zwischen 16 und 32 eingestellt werden

- **Lokale Exzentrizität:**

Die Stabachse lässt sich bzgl. des LKS's („y, z“) exzentrisch am Knoten anschließen und der Querschnitt kann um die lokale x-Achse rotiert werden.



Beachten Sie auch das Informationsfeld am Dialogende (Bild links), das wertvolle Hilfen bei Elementerstellung gibt.



WICHTIG: LAGERUNGSEXZENTRIZITÄTEN (ZUSÄTZLICH ZU NORMALKRAFT-EXZENTRIZITÄTEN) AUCH BIEGE,- TORSIONS- UND **WÖLBMOMENTE** ERZEUGEN!

5.2.2 STAHLQUERSCHNITTE

Zur Erstellung einer Stabstahlstruktur müssen zunächst die zu benutzenden Stahlquerschnitte aus der Datenbank in das Modell importiert werden. Das kann entweder vorweg mittels **QUERSCHNITTSADMINISTRATORS** oder während der Strukturerstellung im **TRÄGER-/STÜTZENDIALOG** geschehen. Für genormte Stahlquerschnitte steht eine umfangreiche internationale Querschnittsbibliothek zur Verfügung. Aber es können auch über **MAKRO** eigene Querschnitte erzeugt werden. Weiterhin ist es ab V13 möglich, eigene normal- oder dünnwandige Querschnitte grafisch zu erzeugen und zu laden.



Die Materialgüte gehört zu einem Querschnitt und muss daher zusammen mit der Querschnittswahl bzw. –definition bestimmt werden!

5.2.2.1 QUERSCHNITTSBIBLIOTHEKEN

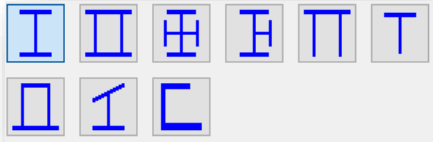
In **CONSTEEL 13** stehen folgende Standardquerschnitte zur Verfügung:

- ▶ genormte Europäische Querschnitte
- ▶ Amerikanische Querschnitte
- ▶ Britische Querschnitte
- ▶ Chinesische Querschnitte
- ▶ Kontinental Querschnitte
- ▶ Russische Querschnitte

5.2.2.2 MAKROQUERSCHNITTE

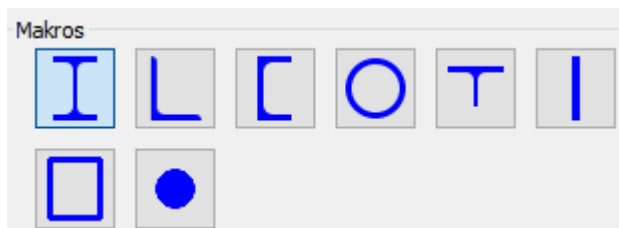
Makroquerschnitte sind in 4 Gruppen verfügbar:

1. aus Flachstählen geschweißte Querschnitte



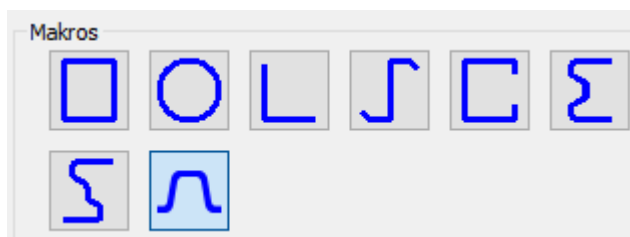
- geschweißte I- und H-Profile
- Hohlquerschnitte
- Malteser(kreuz)querschnitte
- halbe Malteser(kreuz)querschnitte
- Doppel-T-Querschnitte
- T-Querschnitte
- Hut-Querschnitte
- Querschnitte mit geneigtem Flansch
- C- Querschnitte

2. warm gewalzte Querschnitte



- gewalzte I- und H-Profile (mit parallelen Flanschen)
- gewalzte Winkelprofile (parallele Schenkel)
- U-Profile (parallele Schenkel)
- KHP (CHS)-Profile (warm gewalzt)
- T-Profile (halbes I)
- ebene Bleche
- rechteckiges Hohlprofil
- Rundquerschnitte

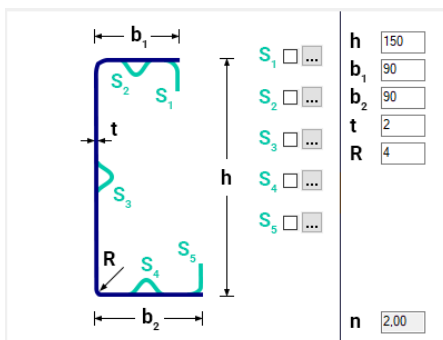
3. kaltgeformte Profile



- Rechteckhohlprofile (RHS)

- Rohrprofile (CHS)
- L-Profil
- Z-Profil mit Versteifungen
- C-Profil, am Ende gekantet
- Sigma-Profil mit Versteifungen
- Zeta-Profil mit Versteifungen
- Omega-Profil

Für die letzten 5 kaltgeformten Profile können zusätzlich Versteifungen eingefügt werden:



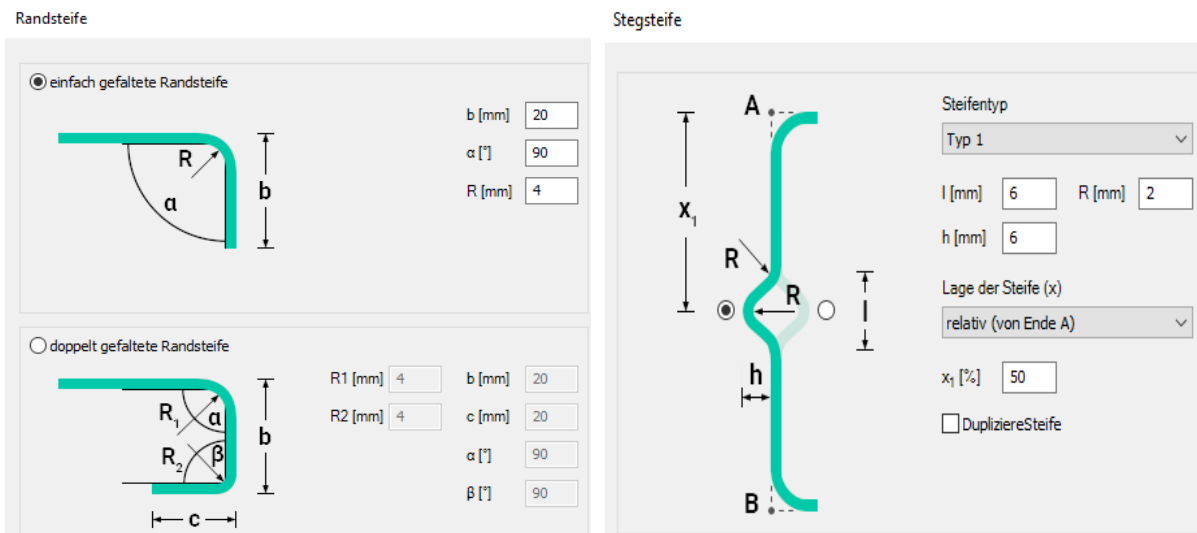
FLANSCHSTEIFEN:

s_1/s_5 : am Rand einfach oder zweifach geknickt
 s_2/s_4 : zwei Arten von Zwischensteifen

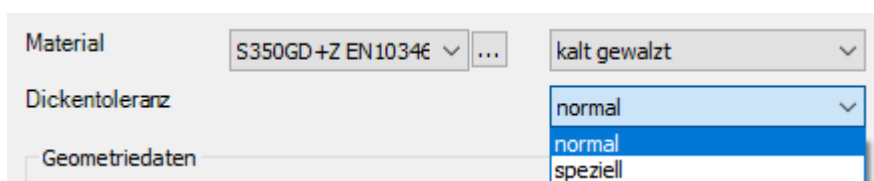
STEGSTEIFEN:

s_3 : drei Arten von Zwischensteifen;
auch zweifach anzuordnen

Die Wirkung dieser Versteifungen wird bei der Querschnittsverformung infolge Flanschbiegung („Distorsional Buckling“) nach DIN EN 1993-1-3 berücksichtigt.



Bei beschichteten Makro-Querschnitten ist die Schichtdicke gemäß DIN EN 10143 zu spezifizieren. Es ist zwischen "normal" und "speziell" wählbar:



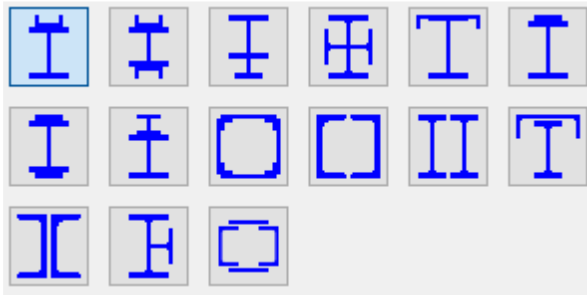
Dementsprechend berechnet ConSteel die Wanddicke nach DIN EN 1993-1-3/Abschnitt 3.2.4. Die Makros berücksichtigen die Dickentoleranzen gemäß DIN EN 10143.



Wenn kein Beschichtungsmaterial aus der Materialdatenbank gewählt wurde und das Alternativmaterial eine Dickentoleranz von mehr 5% aufweist, wird die Berechnung nicht exakt sein.

Um dies zu vermeiden, muss der Bruttoquerschnitt in den grafischen Querschnitteditor geladen und mit der korrekten Dickentoleranz versehen werden. (→ 5.2.2.3/Grafischer Querschnittseditor)

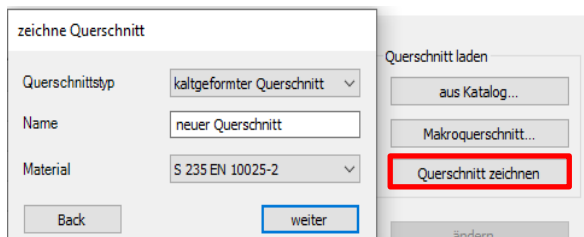
4. zusammengesetzte Querschnitte



- I-oder H-Profile mit U-Profilverstärkung an einem Flansch
- I-oder H-Profile mit U-Profilverstärkung an beiden Flansch(en)
- I-oder H-Profile mit halber I- oder H-Profilverstärkung am Flansch
- I-oder H-Profile mit halber I- oder H-Profilverstärkung am Steg (Malteser)
- I-oder H-Profile mit Winkelverstärkungen am Flansch
- I-oder H-Profile mit Flachblechverstärkung an einem oder beiden Flansch(en)
- I-oder H-Profile mit I- oder H-Profilverstärkung am Flansch
- Hohlquerschnitt aus Winkeln und Flachstählen
- geschlossenes 2U
- geschlossenes 2I
- I plus U
- I aus 2U
- halbes Malteserkreuz
- U-Profilen mit Bindeblechen

5.2.2.3 GRAFISCHER QUERSCHNITTSEDITOR

Eine weitere Möglichkeit zur Erstellung eines Stahlquerschnittes bietet das ab V13 vorhandene Modul „**GRAFISCHER QUERSCHNITTSEDITOR**“.



Die Funktion kann in der Dialogbox der Querschnittsadministration mittels des Schalters „**QUERSCHNITT ZEICHNEN**“ gestartet werden. Zunächst ist in dem Eingabefenster der Querschnittstyp, das Querschnittsmaterial und der Querschnittsname anzugeben.

Sie können zwischen wählen zwischen:

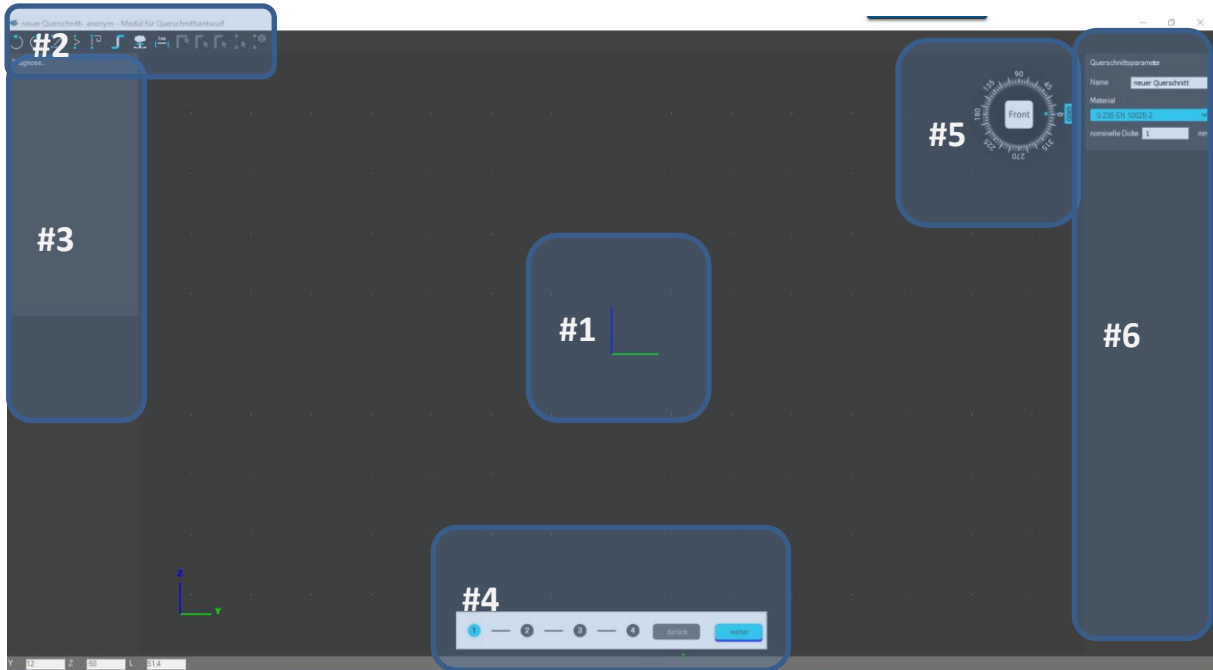
- ▶ **kaltgeformter Querschnitt**
- ▶ **allgemeiner dünnwandiger Querschnitt**

Dies hat eine fundamentale Bedeutung für das weitere Vorgehen!

Im Falle eines **kaltgeformten Querschnittes** kann dieser nur aus einem offenen Linienzug mit konstanter Dicke und Abrundungen zwischen den Querschnittsegmenten erstellt werden. Neben den Tragfähigkeitsnachweisen für den Querschnitt sowie die lokale und globale Stabilität wird auch die effektive Querschnittsreduktion infolge der Flanschbiegung gemäß DIN EN 1993-1-3 berücksichtigt.

Im Falle **allgemeiner dünnwandiger Querschnitts** können die Segmente aus mehreren Linien auch unterschiedlicher Dicke bestehen und einfach zusammenhängend sein (Hohlkörper). Typischerweise handelt es sich um zusammengeschweißte Flachstahlquerschnitte. Es werden Tragfähigkeitsnachweise für den Querschnitt sowie die lokale und globale Stabilität geführt.

Durch Klicken auf den Schalter „**WEITER**“ öffnet sich der Grafische Querschnittseditor, der sich -je nach gewähltem Querschnittstyp- leicht unterschiedlich darstellt.



Der Editor ist in 6 Bereiche strukturiert:

- #1 grafischer Bereich
- #2 Kommandos
- #3 Diagnosebereich; es erscheinen Warnungen und Fehlermeldungen
- #4 Navigation: mit **weiter** und **zurück** wechseln sie zwischen den Zeichenphasen
- #5 Einstellungen des Benutzerdialogs:
mit Klick auf **Front** öffnet sich ein Fenster zur Einstellung von **SICHTBARKEIT**, **RASTER**, **FANGPUNKTE** und **OBJEKTABMESSUNGEN**
- #6 Darstellung zugehöriger Parameter je nach aktueller Funktion/Aktion

5.2.2.3.1 ZEICHNEN KALTGEFORMTER QUERSCHNITTE



Beachten Sie für die Anwendung eines grafisch erstellten Profils, dass nur Z- und C-ähnliche Querschnitte für Pfetten benutzt werden können (→ Kap. 5.12.)

Die Querschnittserstellung erfolgt in 4 Phasen:

- ① Zeichnen der Querschnittsgeometrie
- ② Nachweisparameter für die Querschnitts- und globalen Stabilitätsnachweise
- ③ Nachweisparameter für den lokalen Stabilitätsnachweise
- ④ Definition der Steifen

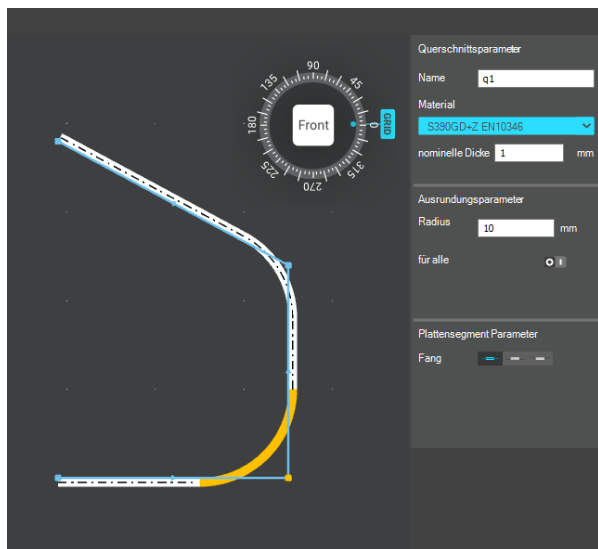
① Zeichnen der Querschnittsgeometrie (



Zuerst wird die Querschnittsgeometrie erstellt, wobei die Steifen schnell und einfach aus Makros hinzugefügt werden. Auch kann ein bereits zuvor erstellter Querschnitt importiert werden.

Folgende Icon-Funktionen stehen zur Verfügung:

	zeichne eine (offene) Polygonlinie Polygonpunkte können durch fortgesetzten Mausklick und/oder Eingabe von Koordinaten erzeugt werden
	kartesische Koordinaten
	Polarkoordinaten
	lokale Koordinaten
	globale Koordinaten



Die Positionierung eines gerade zu zeichnenden Segmentes oder eines mit Mausklick markierten Querschnittssegmentes kann relativ zur dargestellten Referenzlinie zentriert, an der Innen- oder Außenkante erfolgen. Dies erfolgt mit den Schaltern  im Parameterbereich #6 des Grafikeditors.

Die Ausrundungen erfolgen beim fortgesetzten Zeichnen der Segmente automatisch, können aber können auch individuell oder insgesamt im Parameterbereich #6 zusammen mit der Materialdicke verändert werden.



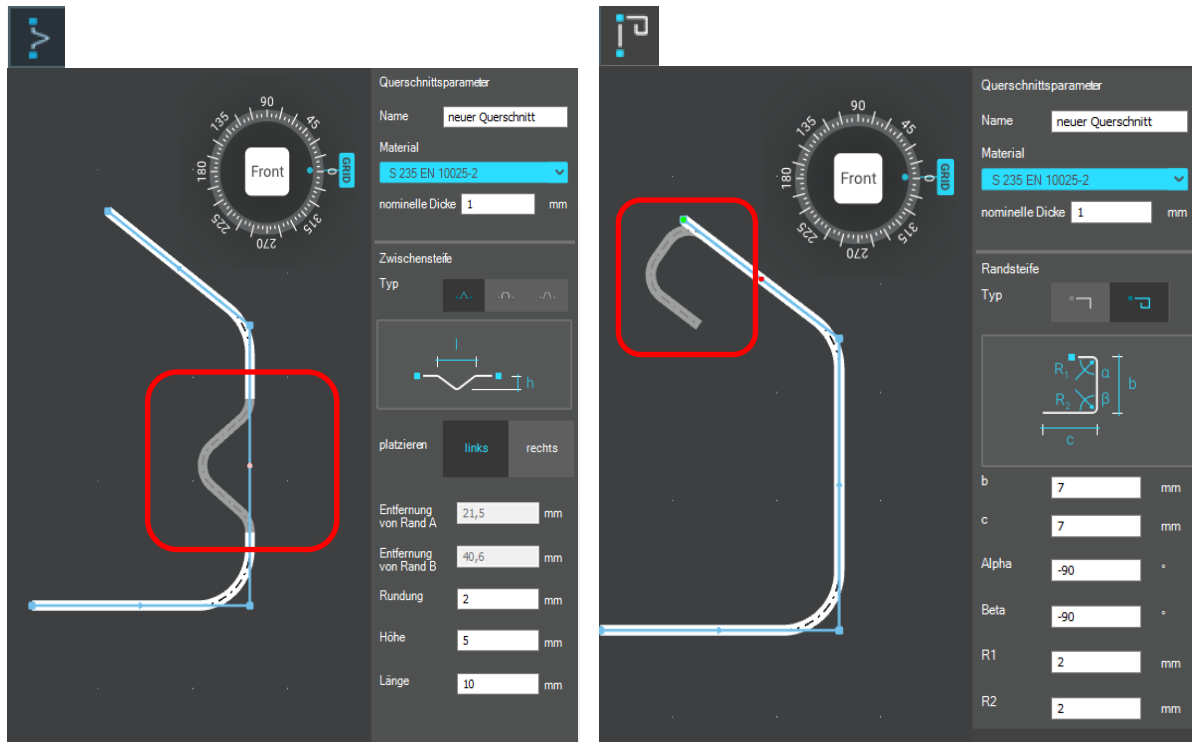
Jeder im Grafikfenster eingefügter Parameter muss der **ENTER-Taste** gültig gemacht werden!

Sie können den Querschnitt nur an jedem der beiden Endpunkte um weitere Segmente ergänzen. Das Ende der Segmentzeichnung erfolgt mittels der „**ESC**“-Taste oder durch Mausklick auf den „**Beenden**“-Button.

Die fortgesetzte Benutzung des „**UNDO**“-Buttons erlaubt die nachträgliche Editierung, Änderung und Löschung des erzeugten Querschnitts.

Für **Zwischen- und Randsteifen** stehen die folgenden drei Schalter bereit:

	Zwischensteife	3 Typen Zwischensteifen stehen zur Verfügung
	Randsteife	2 Typen Randsteifen stehen zur Verfügung on
	Explosion	Unterteilung der Steifen in Subsegmente (Geraden und Bögen)



Mit Klick auf einen der beiden Buttons erscheint im rechten Seitenfenster der zugeordnete Parameterbereich zur Spezifizierung der Steife. Bei Zwischensteifen kann auch die Randlage angegeben werden. Nach Eingabe der weiteren Geometrieparameter kann mit der Maus die Lage der Zwischen- oder Randsteife bestimmt und mit Mausklick endgültig positioniert werden. Jede Steife ist einem Profilsegment zugeordnet. Auch nach der Positionierung sind alle Angaben noch veränderbar!

Die den Buttons zugeordneten Macros dienen lediglich der einfachen Profilerstellung. Die Plattensegmente werden erst nach Beendigung der Phase ④ als Querschnitt realisiert!

Mit dem Button **“IMPORTIERE QUERSCHNITT”** () kann eine zuvor erstellte Bibliothek, ein Makro oder ein gezeichneter Querschnitt importiert werden. Natürlich gilt dies hier nur für kaltgeformte Querschnitte! Es erscheint ein Fenster mit für den Import geeigneten Querschnitten. **WEITER** lädt den gewählten Querschnitt. Bei einer zuvor erstellten Querschnittsgeometrie erfolgt eine Warnmeldung, dass diese gelöscht wird. Der importierte Querschnitt behält seine Parameter, die jedoch editierbar sind.

Der Button **“EXPLODIERE QUERSCHNITT”** () zerlegt die Steifen in gerade und gebogene Subelemente. Diese können dann hinsichtlich Lage und Dicke (nicht aber hinsichtlich Länge

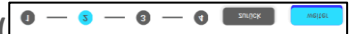
und Position) verändert werden. Damit entstehen zusätzliche Profilsegmente, deren spätere Klassifikation unabhängig möglich ist..

Mit dem Button **“BEMAßUNG PLATZIEREN”** () können die Segmente des Profile bemaßt werden. Wählen Sie zunächst im Kommandobereich die Art der Bemaßung:

-  Bemaßung mit **karthesischen Koordinaten** (Y- oder Z-Richtung)
-  Bemaßung **parallel zu den Segmentrichtungen**

Klicken Sie erst auf das zu bemaßende Segment und dann positionieren sie mit einem weiteren Mausklick die Lage der Maßlinie.

② Nachweisparameter für die Querschnitts- und globalen Stabilitätsnachweise

()

Mit Klick auf **“WEITER”** startet Phase ② der Querschnittserstellung.

Produktionsart

- kalt gewalzt** ✓
- kalt gewalzt
- Presse gebrochen!
- anders kalt geformt

Im ersten Klappenmenü kann zwischen drei Produktionsarten des Profils gewählt werden.

Dickentoleranz %

Nachweisdicke mm

Anzahl der 90° Knicke

Zur Berechnung der Nachweisdicke des Profils ist die Dickentoleranz festzulegen. Weiterhin ist die Angabe der Anzahl von 90° Winkeln manuell festzulegen.

Bei importierten Makroquerschnitten erfolgt dies automatisch, während dies bei grafisch erstellten Querschnittsprofilen manuell zu erfolgen hat.

Tragfähigkeitsgrenze der globalen Nachweisnorm

EN 1993-1-3 ✓

Knickkurven

Biegung y-y: ☐ a₀ ☐ a ☐ b ☒ c ☐ d

Biegung z-z: ☐ a₀ ☐ a ☐ b ☒ c ☐ d

Torsion x-x: ☐ a₀ ☐ a ☐ b ☒ c ☐ d

Biegedrillknickkurven

☒ allgemeiner Fall ☐ gewalzter oder ähnlicher Querschnitt

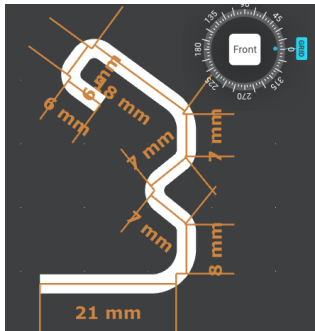
☐ a₀ ☐ a ☒ b ☐ c ☐ d

Biegedrillknicken von Pfettensträngen

☐ a₀ ☐ a ☒ b ☐ c ☐ d

Für die Stabilitätsnachweise ist festzulegen, welche Knickkurven allgemein und speziell für die Pfetten anzuwenden sind, weil diesbezügliche Bestimmungen im EC fehlen. Gehört der Querschnitt zu einer Pfette, wird für diese die schlechteste (niedrigste) Kurve zum Biegedrillknickenachweis verwendet.

③ Nachweisparameter für den lokalen Stabilitätsnachweis (1 — 2 — 3 — 4 zurück weiter)



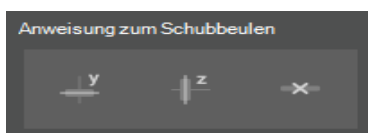
In der dritten Eingabephase werden die geometrischen Längen der geradlinigen Profilsegmente dargestellt, mit denen die für die Berechnungen der lokalen Stabilität notwendigen effektiven Längen (b_p) berechnet werden.

Diese können mit einem Mausklick ein Segment wählen, für das dann im rechten Rand Angaben zur **Querschnittsklassifikation** und zum **Schubbeulen** notwendig werden.



mögliche Einstellungen zur Querschnittsklassifikation:

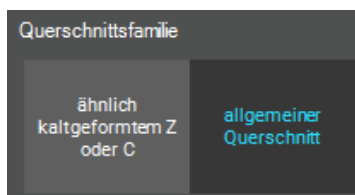
- ☒ automatische Klassifikation und Berechnung von (b_p)
- ☐ keine Klassifikation und benutze komplette Länge
- ☐ keine Klassifikation und keine Berücksichtigung beim effektiven Querschnitt



Hier können Sie festlegen, ob und in welcher Richtung das Segment beim Schubbeulnachweis zu berücksichtigen ist, was nicht für alle Segmente möglich ist.

④ Definition der Steifen (1 — 2 — 3 — 4 zurück beenden)

Um die gezeichneten Steifen EC-konform zu gestalten, sind in dieser letzten Erstellungsphase zusätzliche Angaben notwendig.

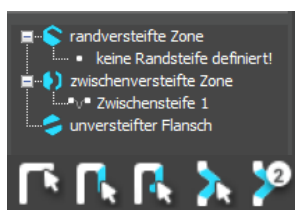


Sie haben festzulegen, ob es sich um ein Z- oder C-ähnliches oder allgemeines Profil handelt.

Bei **C-/Z-Profilen** berücksichtigt die Berechnung auch die Spannung des jeweils anderen Flansches und die Steifigkeit des den Flansch stabilisierenden Steges.

Daher müssen Angaben gemacht werden, welche Bereiche zum oberen und unteren Flansch sowie Steg gehören und welche Längen sie haben.

Bei **allgemeinen Querschnitten** werden die Randsteifen unabhängig voneinander berechnet!



In Phase ④ werden links unterhalb des Diagnosebereichs die Steifen und eine zugehörige Diagnose in Baumstruktur angezeigt.

Oben links in der Button-Leiste sind jetzt 5 weitere Icons zur Steifenspezifikation aktiv, die im Folgenden erläutert werden.


definiere einen unausgesteiften Flansch (nur Z-/C-Profile):

sie haben die zu dem Flansch gehörenden Querschnittssegmente zu markieren und mit der **“ENTER”**-Taste oder Mausklick auf den blauen Enter-Button gültig zu machen


definiere eine einfach- oder doppelte geknickte Randsteife:

folgen Sie den 4 Schritten des Pop-Up-Fensters wie folgt, wobei **jeder Schritt mit der “ENTER”-Taste oder Mausklick auf den blauen Enter-Button gültig zu machen ist:**

Einstellungen für Randsteife

aussteifende Segmente OK 

auszustreifende Segmente (zug. Flansch) 

Stegsegment 

Flansch-Position (nur bei Z-/C-Profilen)
 

#1: markiere die zu der Randsteife gehörenden Segmente mittels aufgezo- genem Fangrahmen oder mit fortgesetzten Mausklicks und mache es gültig (**ENTER**)

#2: markiere das mit der Steife zu stabilisierende Flansch- segment und mache es gültig (**ENTER**)

#3: markier das Segment des Steges, bestimme die Länge des Steges mit zwei Punkten mache es gültig (**ENTER**)

Bei **Z- oder C-Profilen** muss zusätzlich noch die Flanschposi- tion spezifiziert werden.

Korrekte Angaben jedes Schrittes werden mit **OK** gekennzeichnet. Mittels des daneben befindlichen Cursor-Icons() kann der zugehörige Schritt gelöscht werden, um ihn neu zu gestalten.

kritische Spannung

☐ automatische Berechnung ☒ manuelle Einstellungen

die automatische Berechnung basiert auf Z- und C-Formen

$\sigma_{C/N}$ N/mm²

$\sigma_{C/M}$ N/mm²

Schließlich muss noch die kritische Spannung der Randsteife angegeben werden. Es kann zwischen automatischer und manueller Eingabe gewählt werden.

Eine automatische Angabe ist nur für **Z- oder C-Profilen** möglich, da der EC nur für diese Profile Angaben enthält.


definiere eine einfache oder doppelte Zwischensteife:

analog zu der Randsteife sind die Segment zu bestimmen, die die Steife ausmachen, und diese gültig zu machen (**ENTER**); Anschließend ist noch die kritische Spannung anzugeben.

Die Steife(n) können nach der Dateneingabe selektiert werden und die Daten sind jederzeit änderbar. Die Steife kann mit der **“DEL”**-Taste werden.

5.2.2.3.2 ZEICHNEN ALLGEMEINER DÜNNWANDIGER QUERSCHNITTE

Die Querschnittserstellung erfolgt in 3 Phasen:

① Zeichnen der Querschnittsgeometrie

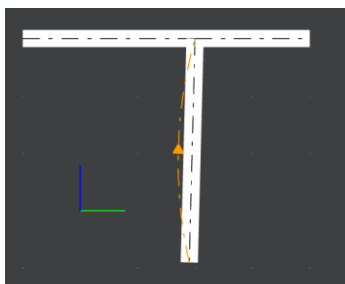
- ② Nachweisparameter für die Querschnitts- und globalen Stabilitätsnachweise
- ③ Nachweisparameter für den lokalen Stabilitätsnachweise

① Zeichnen der Querschnittsgeometrie ()

Im Gegensatz zu den kaltgeformten Querschnitten sind jetzt weniger Aktionen erforderlich, da keine Steifen zu erstellen sind. Allerdings sind die Prinzipien der Eingabe ähnlich wie zuvor.

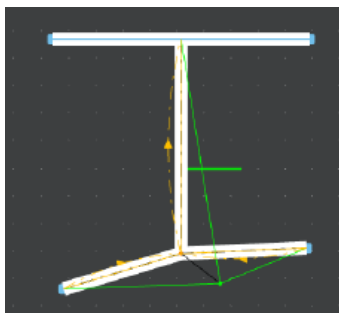
Folgende Icon-Funktionen stehen zur Verfügung:

	zeichne Querschnitt
	bewege Punkt und Segment
	Import eines Querschnitts
	Bemaßung



Das Zeichnen unterscheidet sich zu den kaltgeformten Querschnitten, da Segmente unterschiedlicher Dicke möglich sind und ein einfach geschlossenes Profil möglich ist!

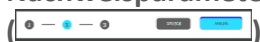
Wenn beim Zeichnen von einem Endpunkt auf einen bereits bestehenden Zwischenpunkt eines bereits gezeichneten Segmentes geklickt wird, springt der Editor (Mauscursor) auf diesen Punkt und editiert von dort weiter. Es werden bei der Querschnittserstellung auch erforderliche sogenannten "Dummy"-Segmente erzeugt, die als braune gestrichelte Linien erscheinen.



Mit **Bewege Punkt und Segment** können mit der Maus ein Punkt und damit die angeschlossenen Segmente (Profilteile) versetzt werden. Wenn sie ein Segment zum Verschieben markiert haben, klicken Sie zunächst auf den Basispunkt und dann auf den Endpunkt des Verschiebungsvektors.

Das Importieren und Bemaßen funktioniert exakt wie bei kaltgeformten Querschnitten (s.o.).

② Nachweisparameter für die Querschnitts- und globalen Stabilitätsnachweise



Mit Klick auf **"WEITER"** startet Phase ② der Querschnittserstellung. Hier sind die Parameter für die Querschnittstragfähigkeit und die globalen Stabilitätsnachweise zu definieren.

Im Gegensatz zu den kalt geformten Profilen wird weder eine Dickentoleranz noch eine spezielle Biegedrillknickkurve benötigt, da der hier erzeugte Querschnitt zur Erzeugung der speziellen Pfettenstränge (→ Kap. 5.12) nicht zur Verfügung steht.

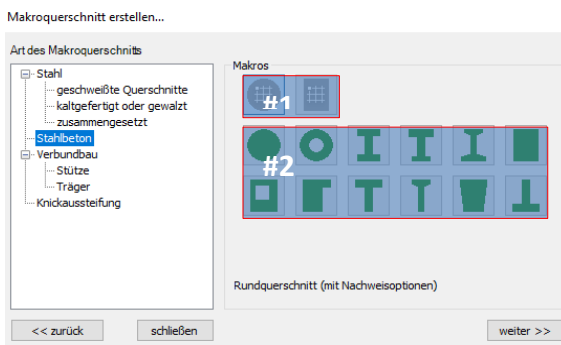
3 Nachweisparameter für den lokalen Stabilitätsnachweise ()



Im dritten und letzten Schritt sind die einzelnen Querschnittssegmente zu klassifizieren, was analog zu den kalt verformten Querschnitten (s.o.) erfolgt.

Die Querschnittdefinition wird mit dem blauen Button **“SICHERN/BEENDEN”** abgeschlossen.

5.2.3 STAHLBETONTRÄGER UND -STÜTZEN



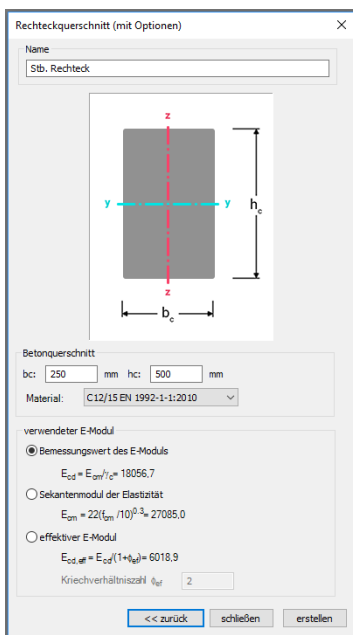
Stahlbeton-Querschnitte für Träger werden im **MAKRODIALOG** erstellt. Zwei Arten von Querschnitten stehen zur Verfügung:

- #1: Querschnitt mit Entwurfsparametern
- #2: Querschnitt ohne Entwurfsparameter

5.2.3.1 QUERSCHNITT MIT ENTWURFSPARAMETERN

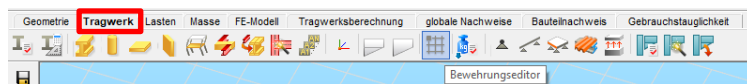
Diese Querschnittstypen (#1) sind im Piktogramm **grau** dargestellt. Zwei Formen stehen zur Verfügung:

- Kreisquerschnitte
- Rechteckquerschnitte



Nach Wahl eines der beiden Querschnitte wird mit dem **WEITER>>**-Schalter der Querschnittsdialog eröffnet, mit dem die Abmessungen, die Betongüte und der zur Strukturberechnung anzuwendende E-Modul festgelegt werden.

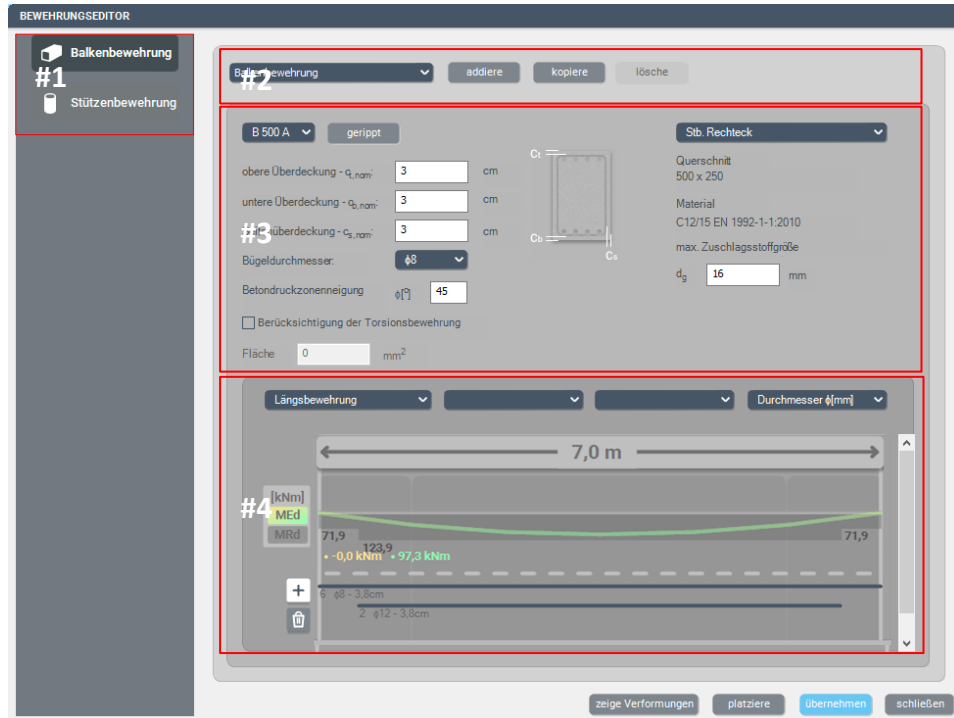
Eine Bewehrungsstaffelung über die Trägerlänge erfolgt mit dem **BEWEHRUNGSEditor** () im Reiter **TRAGWERK**.



Der Schalter **ERSTELLEN** erzeugt den Querschnitt.

5.2.3.1.1 TRÄGERBEWEHRUNG

- **(#1):** Im Dialog des **BEWEHRUNGSEDITOR** (🏠) wird zunächst auf der linken Seite **BALKENBEWEHRUNG** markiert.

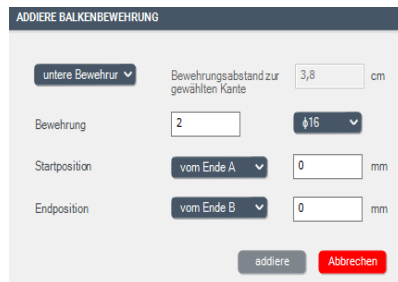


- **(#2):** Falls ein Querschnitt **mit** Bewehrungsoptionen vorgewählt wurde, können neue Bewehrungsobjekte mit dem **ADDIERE**-Schalter definiert werden. Es kann über das Drop-Down-Menü beliebig zwischen verschiedenen Bewehrungsanordnungen gewechselt werden. Mit **KOPIERE** werden alle Inhalte des gewählten Bewehrungsobjektes in ein neues Objekt kopiert, das anschließend veränderbar ist. Mit **LÖSCHEN** wird das gerade aktive Bewehrungsobjekt gelöscht.
- **(#3):** In diesem Dialogbereich wird zunächst ein zuvor angelegter Querschnitt ausgewählt (hier: Stb. Querschnitt), dessen Dimensionen und Betongüte darunter (nicht veränderbar) angezeigt werden. In die linken Eingabefelder können nun die Bewehrungsspezifikationen eingetragen werden.
- **(#4):** Der untere Dialogbereich ist multifunktional. Hier werden mittels der Drop-Down-Menüs die Längs- oder Querbewehrung gewählt, Umhüllungslinien für Biegung und Schub definiert, Vorbemessungswerte (M_{rd} und V_{rd}) gezeigt und detaillierte Regeln geprüft. Folgende Hauptfunktionen stehen zur Verfügung:
 - **grafische Anzeige:** Nachdem mit „**PLATZIERE**“ das aktuelle Bewehrungsobjekt im Grafikeditor durch Klick auf ein Stahlbeton-Balkenelement zugeordnet wurde, wird die Länge dieses Balkens angezeigt. Wenn bereits Berechnungsergebnisse dieses Trägers vorliegen, werden die Momenten- und Querkraftlinien (wahlweise) angezeigt und zwar sowohl für einzelne Einwirkungskombinationen als auch für die Extremallinien der Schnittgrößen. Es werden

die Bemessungswerte M_{ed} und V_{ed} , die Genztragfähigkeiten M_{rd} , V_{rd} , V_{rdc} und V_{rdmax} angezeigt, falls Längs- und Schubbewehrung bereits angeordnet sind (siehe unten).

Unausgefüllte Bereiche sind als Warnung unten in Dialog hervorgehoben!

- **Definition der Längsbewehrung:** Wenn **LÄNGSBEWEHRUNG** im linken Drop-Down-Menü vorgewählt ist, können mit dem -Schalter dem Träger (weitere) Bewehrungsstäbe zugefügt werden.



Im sich öffnenden Dialog **ADDIERE BALKENBEWEHRUNG** werden Position, Anzahl und Durchmesser spezifiziert. Mit **ADDIERE** erscheint die Bewehrung im Grafikeditor des Bereiches (#4). Mit dem Papierkorb -Schalter und dem dann erscheinenden -Zeichen kann ein Stab wieder gelöscht werden.

- **Definition der Bügelbewehrung:** Wenn **QUER(SCHUB)BEWEHRUNG** im linken Drop-Down-Menü vorgewählt ist, können mit dem -Schalter dem Träger (weitere) Bügel zugefügt werden.

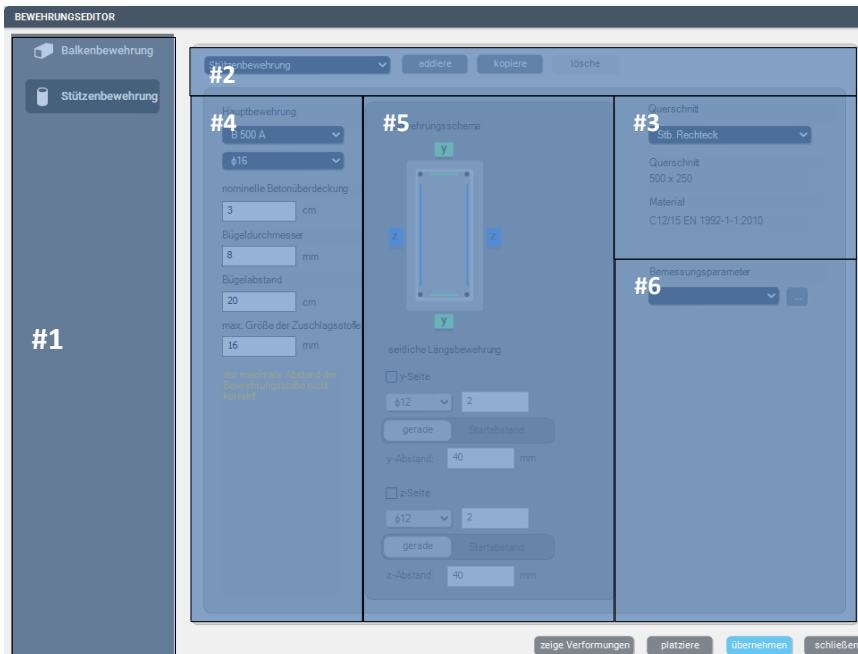


Im sich öffnenden Dialog **ADDIERE BALKENBEWEHRUNG** werden nur der Abstand und die Lage der Bügel festgelegt, denn im Bereich (#3) wurde der Durchmesser bereits festgelegt. Mit **ADDIERE** erscheint die Bewehrung im Grafikeditor des Bereiches (#4). Mit dem Papierkorb -Schalter und dem -Zeichen kann ein Stab wieder gelöscht werden.

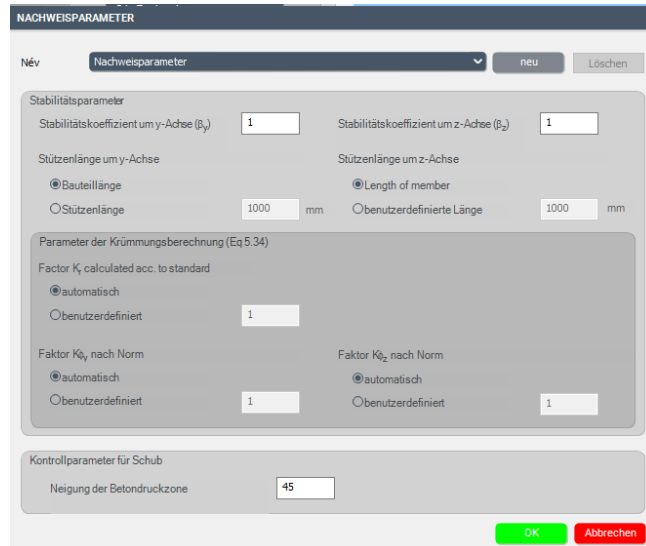
Falls Länge und Querschnittsabmessungen gleich sind, kann ein Bewehrungsobjekt mit „**PLATZIERE**“ mehreren Trägern zugeordnet werden. Bei unterschiedlichen Längen ist dies auch möglich, wobei allerdings Kopien des Bewehrungsobjektes mit angepasster Stablänge erzeugt werden.

5.2.3.1.2 STÜTZENBEWEHRUNG

Mit der Option „**STÜTZENBEWEHRUNG**“ (#1) auf der linken Seite des **BEWEHRUNGSEditor** Dialogs werden die relevanten Parameter der Stützenbewehrung definiert.



- ▶ **#2** – falls im Modell Querschnitte mit Entwurfsoptionen vorhanden sind, kann mit dem **ADDIERE**-Schalter ein neues Bewehrungsobjekt erzeugt werden. Ein Objekt wird standardmäßig erzeugt, aber eine beliebige Anzahl ist möglich. Mit dem Drop-Down-Menü kann zwischen ihnen gewechselt werden, und mit **LÖSCHE** und **KOPIERE** werden Objekte gelöscht oder kopiert.
- ▶ **#3** – In diesem Drop-Down-Menü werden die möglichen Stahlbetonquerschnitte mit Entwurfsoptionen gelistet. Die Querschnittsabmessungen und das Material des gewählten Querschnitts werden angezeigt, wobei im Bereich (**#5**) eine zugehörige Grafik erscheint.
- ▶ **#4** – hier werden die Parameter der Hauptbewehrung (Betonüberdeckung, Durchmesser, Material) sowie Parameter der Bügel (Durchmesser, Abstand) eingegeben/gezeigt.
- ▶ **#5** – im mittleren Bereich des Dialogs wird der unter (**#3**) gewählte Querschnitt mit dynamischer Darstellung der Bewehrung gezeigt. Hier kann zusätzliche Bewehrung für die y- und z-Richtung mit Parametern für Abstand, Durchmesser und Anzahl hinzugefügt werden.
- ▶ **#6** – Um die Nachweisverfahren (siehe **KAPITEL FEHLER! VERWEISQUELLE KONNTE NICHT GEFUNDEN WERDEN./BEWEHRUNGSNACHWEISE**) für die Stütze durchführen zu können sind hier zusätzliche Nachweisparameter zu setzen. Durch Klick auf den (...) -Schalter zeigen sich die Nachweisparameter, die alle individuell einstellbar sind. Diese Nachweisparameter sind separate Objekte, wobei mehrere Sets definiert, gespeichert und für ein und dasselbe Bewehrungsobjekt wiederverwendet werden können. Die benötigten Parameter gehören zur Stabilität, der Krümmungsberechnung und zum Schubnachweis:



5.2.3.2 STAHLBETONQUERSCHNITTE OHNE ENTWURFSOPTIONEN

Stäbe im Modell mit „**STAHLBETONQUERSCHNITTE OHNE ENTWURFS-OPTIONEN**“ können nicht bei den Standardnachweisen im Rahmen der Globalen Nachweise verwendet werden! Aber Stäbe mit diesen Querschnitten produzieren bei der Tragwerksberechnung Beanspruchungen (→ Kap. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) und Widerstandsoberflächen (→ Kap. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**), natürlich unter Berücksichtigung der Bewehrung bzgl. der Trägersteifigkeit.

Folgende Querschnitte stehen zur Verfügung (→ Kap. 5.2.2.3):

- ▶ Vollkreise
- ▶ Kreisringe
- ▶ doppelsymmetrische I-Querschnitte
- ▶ einfachsymmetrische I-Querschnitte
- ▶ I-Querschnitte mit variable Flanschdicke
- ▶ Rechtecke
- ▶ Rechtecke mit Rechteckloch
- ▶ Rechtecke mit Auskragung
- ▶ T-Querschnitte
- ▶ T-Querschnitte variable Flanschdicke
- ▶ Trapeze
- ▶ umgekehrte T-Querschnitte

einfachsymmetrisches I-Profil

Name: Stb. I 1x symm.

Betonquerschnitt

bt: 400 mm tt: 150 mm Material: C12/15 EN 1992-1-1

bb: 300 mm tb: 150 mm

h: 600 mm s: 100 mm

Betonstahl

Material: B 500 A Überdeckung - aty: 20 mm

Überdeckung - aby: 20 mm

Anzahl der oberen Bewehrungslagen: 1

Stabr...	Stabgröße (mm)	Anzahl der S...	Überdeckung - ...
1. Reihe	16	4	20

Anzahl der unteren Bewehrungslagen: 1

Stabr...	Stabgröße (mm)	Anzahl der S...	Überdeckung - a...
1. Reihe	16	4	20

verwendeter E-Modul

☐ Sekantenmodul der Elastizität $E_{om} = 22(f_{cm}/10)^{0.3} = 27085,0$

☒ Bemessungswert des E-Moduls $E_{od} = E_{om}/\gamma_c = 18056,7$

☐ effektiver E-Modul $E_{od,eff} = E_{od}/(1+\phi_{ef}) = 6018,9$

Kriechverhältniszahl ϕ_{ef} : 2

☐ nominelle Steifigkeit berechnet DIN EN 1992-1-1/(5.21)

Beiwert K_c zur Berücksichtigung von Kriechen, Schwinden, Rissen: 0,5

Beiwert zur Berücksichtigung des Betonstahlbeitrags K_s : 1

<< zurück schließen erstellen

Auch bei den Querschnitten ohne Entwurfsoptionen ist die Spezifikation einiger Eigenschaften erforderlich:

- Querschnittsdimensionen
- Betonmaterial
- Bewehrungsmaterial
- Bewehrungsanordnung
- E-Modul
- Steifigkeitsberechnung

5.2.4 STAHLVERBUNDSTÜTZEN

Makroquerschnitt erstellen...

Art des Makroquerschnitts:

- Stahl
 - Geschweißter Querschnitt
 - Kaltgeformt oder gewalzt
 - Zusammengesetzt
- Stahlbeton
- Verbundbau
 - Stütze**
 - Träger
 - Knickaussteifung

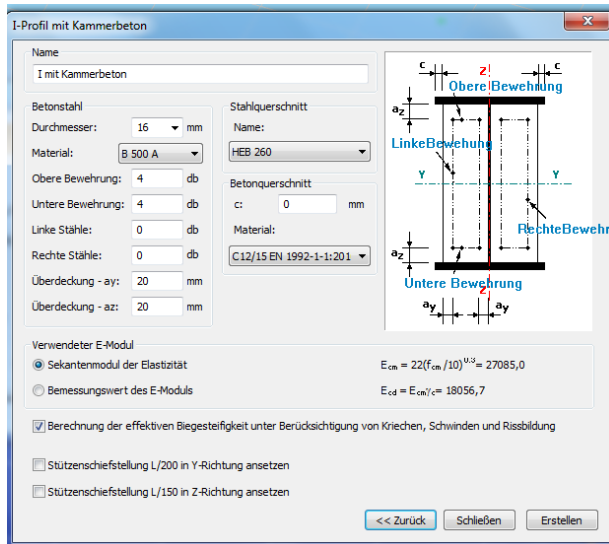
Makros:

I-Profil mit Kammerbeton

<< Zurück Schließen Weiter >>

Über „**MAKROQUERSCHNITT**“ stehen fünf Querschnittstypen zur Verfügung:

1. vollständig einbetoniertes I-Profil
2. kammergefüllte I-Profile
3. vollständig einbetoniertes Kreuz-Profil
4. vollständig einbetoniertes I-Profil innerhalb eines Rechteckrohres
5. vollständig einbetoniertes I-Profil innerhalb eines Rechteckrohres

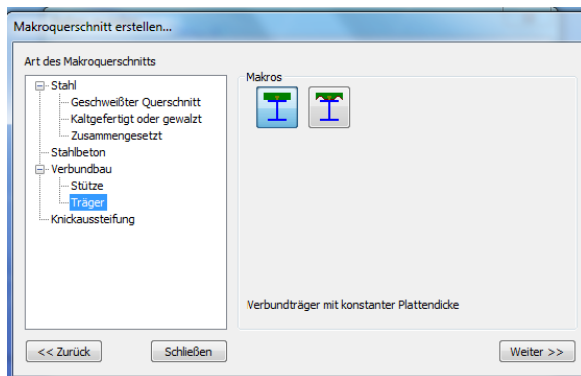


Mit **„WEITER>>“** sind die Parameter des Verbundquerschnittes zu setzen.

Es kann zwischen zwei Arten des Elastizitätsmoduls gewählt werden.

Werden Stützenschiefstellungen gewählt, genügt nach DIN EN 1993-1-4 der Nachweis des Stahlverbundquerschnittes.

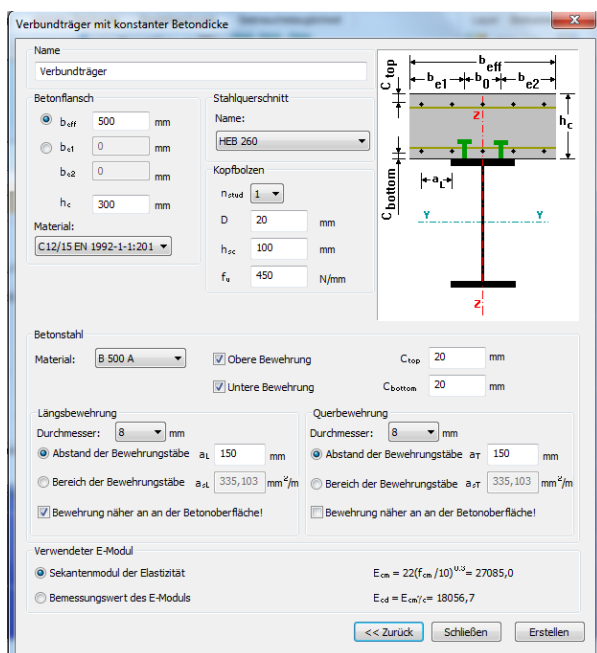
5.2.5 STAHLVERBUNDTRÄGER



Über **„MAKROQUERSCHNITT“** stehen zwei Querschnittstypen zur Verfügung:

1. mit konstanter Plattendicke
2. mit Trapezblech

Mit **„WEITER>>“** sind die Parameter des Verbundquerschnittes zu setzen.



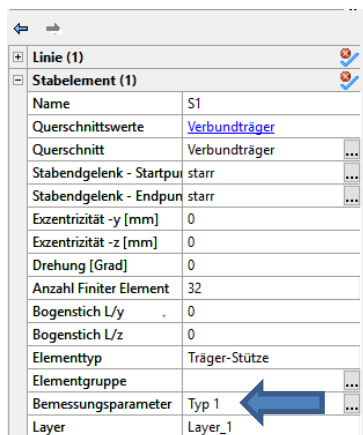
Die (einzustellende) effektive Breite des Betonquerschnitts wird bei den Grafiken und zur Berechnung des Trägereigengewichtes benutzt.

Beachten Sie aber, dass CS die baustatische effektive Breite automatisch ermittelt. Der einzugebende Wert dient lediglich der grafischen Darstellung und der Gewichts-ermittlung.

Mit unterschiedlichen Eingaben von b_{e1} und b_{e2} können unsymmetrische Querschnitte erzeugt werden.

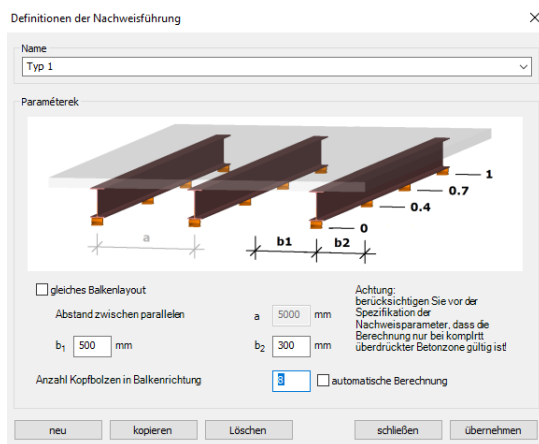
Die Bewehrung wird entweder über ihren Abstand a_T oder in $[mm^2/m]$ eingegeben.

Definierte Verbundträgerquerschnitte können auf die gleiche Weise wie Stahlquerschnitte zur Erstellung von Trägerobjekten verwendet werden.



Linie (1)	
Stabelement (1)	
Name	S1
Querschnittswerte	Verbundträger
Querschnitt	Verbundträger
Stabendgelenk - Startpunkt	starr
Stabendgelenk - Endpunkt	starr
Exzentrizität -y [mm]	0
Exzentrizität -z [mm]	0
Drehung [Grad]	0
Anzahl Finiter Element	32
Bogenstich L/y	0
Bogenstich L/z	0
Elementtyp	Träger-Stütze
Elementgruppe	
Bemessungsparameter	Typ 1
Layer	Layer_1

Vor der Tragwerksberechnung sind noch die Verbundträger auszuwählen, um über deren **OBJEKTTABELLEN** die **BEMESSUNGSPARAMETER** mittels (...) -Icon zu bestimmen.



Name: Typ 1

Parametereck:

☐ gleiches Balkenlayout

☐ Abstand zwischen parallel

☐ automatische Berechnung

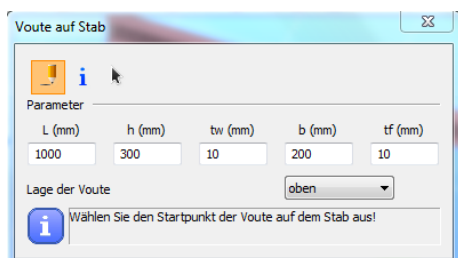
Achtung: berücksichtigen Sie vor der Spezifikation der Nachweisparameter, dass die Berechnung nur bei komplett überdruckter Betonzone gültig ist!

Im Fenster der **NACHWEISFÜHRUNG** werden der Abstand a der parallelen Träger (oder die Länge der beiden Auskragungen b_1 und b_2), die Anzahl der Kopfbolzen (bzw. Wahl der automatischen Bestimmung).

Sie können verschiedene Parametergruppen definieren und benennen, um sie verschiedenen Trägern zuzuordnen. Oder sie wechseln die Gruppe, um die beste Einstellung für den/die Träger zu finden.

5.2.6 VOUTEN ()

Bereits erstellte Stahlträger können mit der **VOUTEN**-Funktion () verstärkt werden (nur IPE, HEA, geschweißte I-Profile). Die Voute wird als halber geschweißter oder gewalzter I-Träger mit Flansch und veränderlicher Steghöhe konstruiert.



Voute auf Stab

Parameter

L (mm): 1000

h (mm): 300

tw (mm): 10

b (mm): 200

tf (mm): 10

Lage der Voute: oben

 Wählen Sie den Startpunkt der Voute auf dem Stab aus!

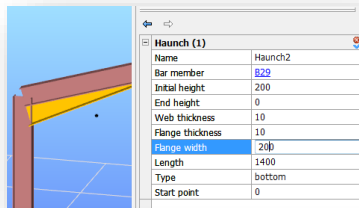
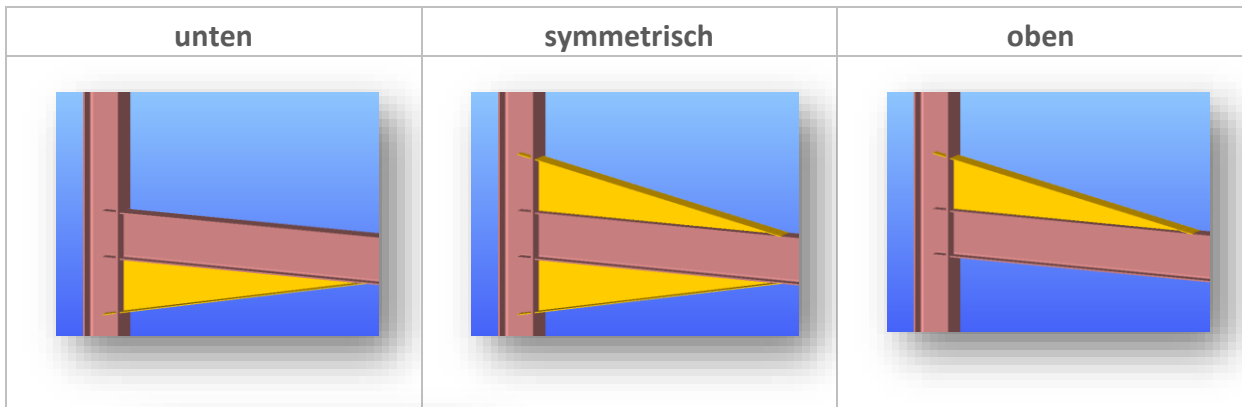
Im Dialogfenster sind die Voutenlänge (L), Maximalhöhe (h), Stegdicke (t_w), Flanschbreite (b) und -dicke (t_f) zu spezifizieren.

Mit dem Pfeil-Schalter () können die geometrischen Daten durch Mausklick direkt von einem Trägerquerschnitt übernommen werden.

Die Positionierung der Voute erfolgt mit einfachem Mausklick auf den Anfangs- (wo die volle Voutenhöhe sein soll) und Endpunkt der Trägerachse und einem (ungefähren) Richtungspunkt auf dem Träger.

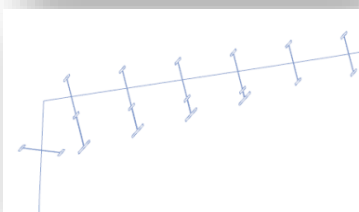
 fällt der Voutenstartpunkt auf einen Knoten mit zwei oder mehr angeschlossenen Trägern (z.B. Rahmenecke mit Stütze und Riegel), dann sollte der Punkt mit der Maus auf der Trägerachse des zu verstärkenden Trägers angenähert werden.

Die Angabe zur Lage der Voute bezieht sich auf die lokale z-Achse des Trägers. Bei normaler horizontaler Trägerposition ergeben sich die folgenden Konstruktionen:



Vouten sind eigene Objekte und können daher einzeln markiert und anschließend deren Eigenschaften in der geöffneten Objekttable verändert werden.

Im Voutenbereich werden automatisch neue Querschnitte definiert, deren Querschnittswerte berechnet und in die FE-Modellierung einbezogen.



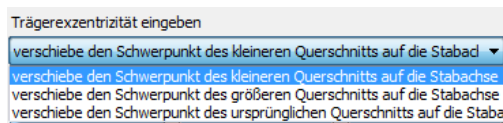
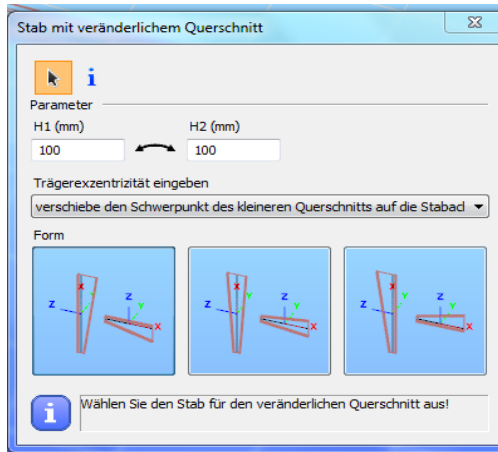
Die Voutenquerschnitte werden exzentrisch zur Schwerachse des Grundträgers angeordnet (ausgenommen der symmetrischen Voute).

Diese Exzentrizitäten verursachen (wie auch exzentrisch angreifende Normalkräfte) zusätzliche Effekte bei den Beanspruchungen (z.B. ist bei Rahmenecken mit Vouten an Stütze oder Riegel das Gleichgewicht der M_y -Momente nur erfüllt, wenn die zusätzlichen Momente aus den Normalkräften erfasst sind!)

5.2.7 KONISCHE SCHWEIßTRÄGER ()

Konische Schweißträger werden wegen ihrer stahlsparenden Bauweise häufig - insbesondere bei Rahmenkonstruktionen - eingesetzt. Eine schnelle und simple Modellierung ist daher wichtig. Es können geschweißte Stahlträger mit I-, H-, Hohlprofile und kaltgeformte C-Profile konisch angelegt werden.

 Walzprofile und andere im Makro-Modul erzeugbare Querschnitte sind ausgeschlossen!



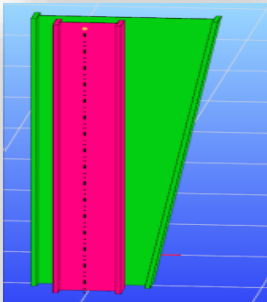
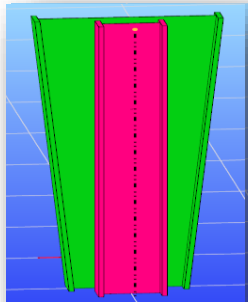
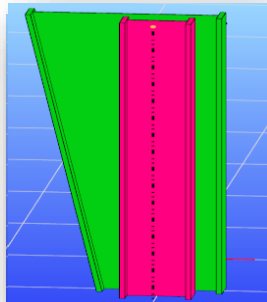
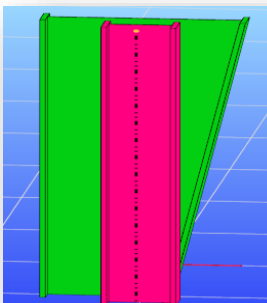
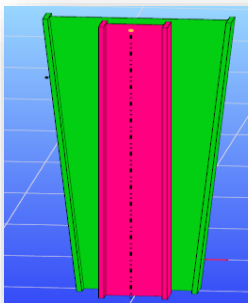
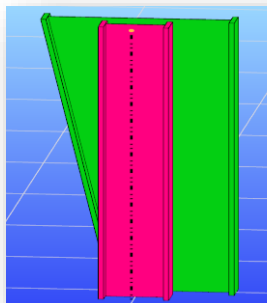
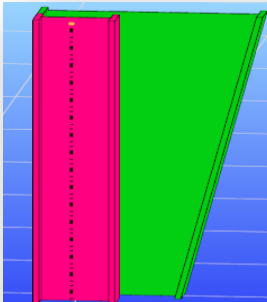
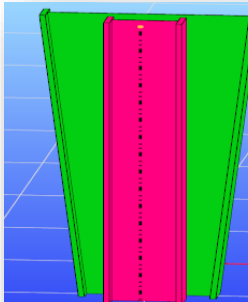
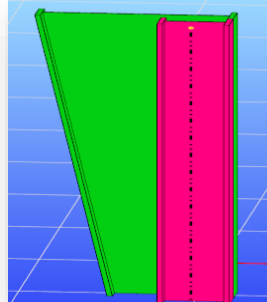
Mit der Funktion „**VERÄNDERLICHER QUERSCHNITT**“ () lassen sich Profile mit linear über die Stablänge veränderlicher Höhe konstruieren.

Zunächst sind die Trägerhöhe H1 des Startpunktes und die Endträgerhöhe H2 (unabhängig von der ursprünglichen konstanten Trägerhöhe) sowie die Exzentrizität hinsichtlich der theoretischen Trägerachse mit dem Menü **TRÄGEREXZENTRIZITÄT** festzulegen. H1 und H2 werden durch Klick auf das -Icon vertauscht. Zur Ausführung der Aktion muss noch mal das betreffende Tragelement markiert werden.

Es gibt drei Anordnungen der Trägerexzentrizität in Bezug zur ursprünglichen Trägerachse.

1. *Schwerpunkt des kleineren Querschnitts liegt auf der ursprünglichen Trägerachse*
2. *Schwerpunkt des größeren Querschnitts liegt auf der ursprünglichen Trägerachse*
3. *Trägerachse im Schwerpunkt des ursprünglichen Trägers*

Die relative Lage des konischen Verlaufs zur Trägerachse ist $-z$ (die linke bzw. obere Kante des konischen Trägers ist parallel zur ursprünglichen Trägerachse), symmetrisch oder $+z$ (die rechte bzw. untere Kante des konischen Trägers ist parallel zur ursprünglichen Trägerachse), was in den folgenden Grafiken erläutert wird:

-z	symmetrisch	+z
1. Schwerpunkt des kleineren Querschnitts liegt auf der ursprünglichen Trägerachse		
		
2. Schwerpunkt des größeren Querschnitts liegt auf der ursprünglichen Trägerachse		
		
3. Trägerachse im Schwerpunkt des ursprünglichen Trägers		
		

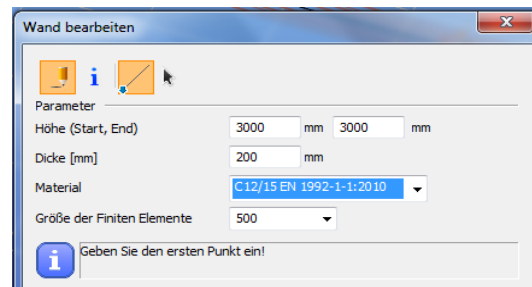
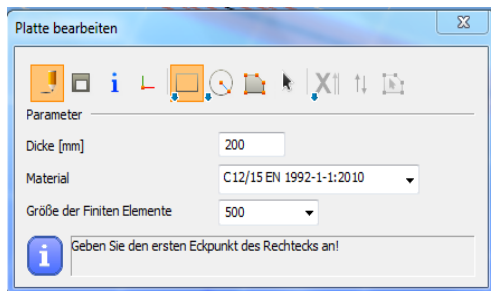
Sie können die Einstellung eines bereits konstruierten konischen Schweißträgers auslesen (und übernehmen), in dem sie:

- (1) den betreffenden Träger markieren
 - (2) mit dem -Icon dessen Parameter auslesen (werden in die Dialogbox eingetragen)
 - (3) einen weiteren Träger markieren und mit den Parametern aus (2) verändern
- ☞ wenn Sie einen konischen Träger markieren, erscheinen sowohl der (konstante) Grundträger als auch die konischen Zusatzanteile in der Objekttabelle und können dort getrennt verändert werden.
 - ☞ Im Voutenbereich werden automatisch neue Querschnitte definiert, deren Querschnittswerte berechnet und in die FE-Modellierung einbezogen.
 - ☞ die Exzentrizitäten verursachen (wie auch exzentrisch angreifende Normalkräfte) zusätzliche Effekte bei den Beanspruchungen (z.B. ist bei Rahmenecken mit Vouten an Stütze oder Riegel das Gleichgewicht der My-Momente nur erfüllt, wenn die zusätzlichen Momente aus den Normalkräften erfasst sind!)

5.3 FLÄCHEN-STRUKTURELEMENTE ()

Es stehen zwei (ebene) Flächenstrukturelemente mit konstanter Dicke zur Modellbildung zur Verfügung:

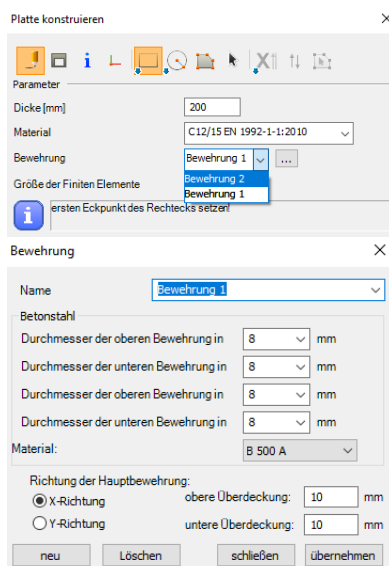
- (1) beliebig umrandete und im Raum platzierte *Platte* ()
- (2) rechteckige und vertikale *Wand* ();
 dies ist ein Sonderfall von (1), um schnell die häufig vorkommenden Wände zu konstruieren, da für die Umrandung nur die Wandhöhe zu bestimmen ist



In den Konstruktionsmenüs für „**PLATTE**“ und „**Wand**“ sind die bekannten Zeichnungsoptionen enthalten. Es können auch kreisförmige oder polygonale Löcher aus vorhandenen Platten herausgebrochen werden. Drei Parameter sind festzulegen:

1. **Dicke**
2. **Material**
3. **Maximale Kantenlänge der finiten Elemente;**
 diese Angabe wird als optimale Zielgröße bei der automatischen finiten Elementierung benutzt

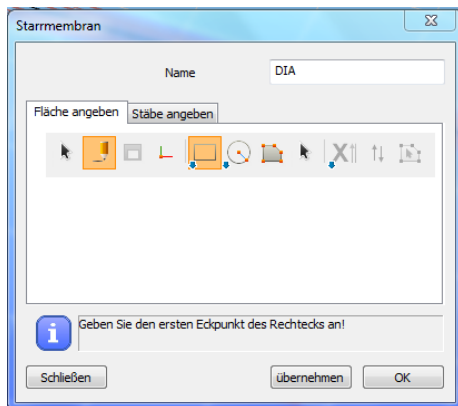
5.3.1 PLATTENBEWEHRUNG



Bei **PLATTEN** aus Beton kann zusätzlich Bewehrung angegeben werden. Neue Varianten werden mit dem (...) -Schalter angelegt und benannt (z.B. Bewehrung 2). Mit dem Drop-Down-Menü eine bestehende Bewehrung ausgewählt werden.

Im Dialog **BEWEHRUNG** werden Durchmesser, Stahlmaterial und Betonüberdeckung angegeben.

5.4 STARRMEMBRAN (DIAPHRAGMA)

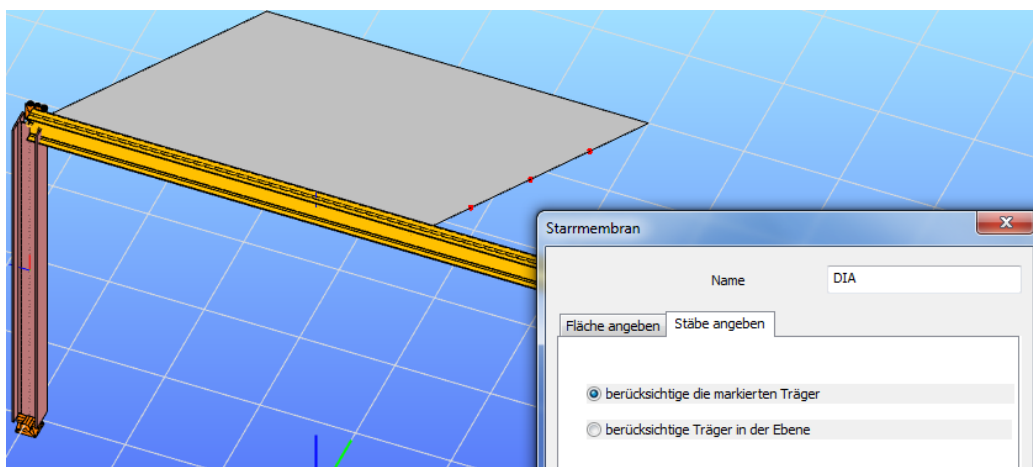


Starr(körper)membrane können in beliebiger 3D-Orientierung angeordnet werden. Mit diesem Objekt können starre Flächenaussteifungen und starre Verformungskopplungen zwischen Tragelementen in der Membranebene erzeugt werden. Die Abstände der mit **“STÄBE ANGEBEN”** angekoppelten Stäbe bleibt bei der Membranverschiebung erhalten. Durch Klick auf das **“STARRMEMBRAN”** () -Icon öffnet sich das Dialogfenster.

Analog dem Zeichnen von grafischen 2D-Objekten stehen folgende Werkzeuge zur Verfügung:

	Rechteck		Polygon
	gedrehtes Rechteck		Kreis
	bereits existierende LASTÜBERTRAGUNGSFLÄCHEN werden zusätzlich auch Starrmembrane		

Nach Erstellung der Starrmembran können dieser entweder durch Mausklicke ausgewählt oder alle in der Ebene liegende Stäbe zugeordnet werden.



Durch die Kopplung von Tragobjekten an eine Starrmembran erhalten diese identische Translationen und Rotationen innerhalb der Gesamtstruktur.

STARRMEMBRANE können auch als **LASTÜBERTRAGUNGSFLÄCHEN** dienen, auf denen Flächenlasten platzierbar sind.

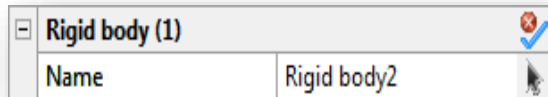
5.5 STARRKÖRPER ()

Es können innerhalb des Strukturmodells an bereits konstruierten Objekten zusätzliche starre Eigenschaften definiert werden.

Man geht wie folgt vor:

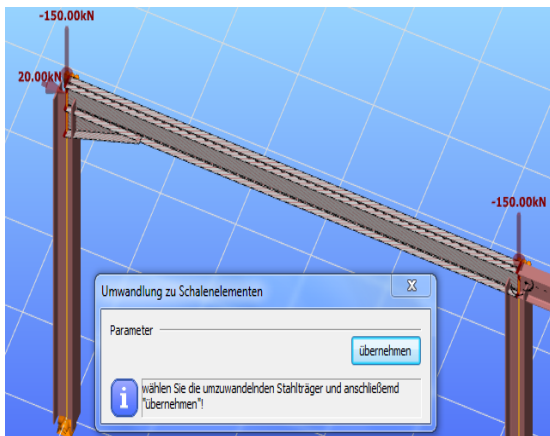
- (1) Markierung der Linien, Objekte und Flächenkanten, die starr werden sollen
- (2) klicke auf das Icon **STARRKÖRPER** (🔧)
- (3) klicke auf den **ÜBERNEHMEN**-Schalter

STARRKÖRPER können jederzeit durch Austauschen der Linien, Objekte und Flächenkanten in ihrer Form verändert werden. Dies erfolgt im Objektfenster unten rechts im Bildschirm.



Mit dem schwarzen Pfeil können bestehende Starrkörper gelöscht und neue hinzugefügt werden Pfeil.

5.6 UMWANDLUNG VON BALKEN IN SCHALENELEMENTE (🔧)



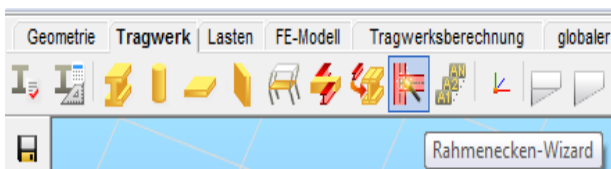
Mit der Funktion „**TRANSFORMIERE TRÄGER ZU SCHALENELEMENTEN**“ (🔧) können Träger auf Knopfdruck ohne jeden Aufwand zu ebenen Schalelementen ummodelliert werden. Diese Funktion ist anwendbar bei Stahlträgern mit folgenden Querschnitten:

- warmgewalzte I-, H- und Rohrquerschnitte
- kaltgeformte C-, Z- und Rohrquerschnitte
- geschweißte I-, H- und Hohlquerschnitte

Durch Klicken auf den „**ÜBERNEHMEN**“-Schalter werden die vorher selektierten Träger vollautomatisch mit ebenen Schalelementen modelliert. Dabei verbleiben die bestehenden Last- und Lagerungsexzentrizitäten erhalten. Die Knoten zu anschließenden Trägern bleiben erhalten, Vouten und konische Schweißträger werden mit transformiert.

🔧: bei warmgewalzten Trägern werden nicht nur die Flansche und der Steg konvertiert sondern auch die Bereiche der Ausrundungsradien mit zusätzlichen Schalelementen berücksichtigt. Daher haben der Originalquerschnitt und das Schalenmodell nahezu identische Querschnittswerte.

5.7 RAHMENECKEN-WIZARD (🔧)



Der „**RAHMENECKEN-WIZARD**“ (🔧) ist eine intelligente optionale Funktion zur realistischeren Modellierung und Berechnung von Rahmenecken, an dem zwei oder mehrere in einem theoretischen

Knoten verbundene Strukturelemente gekoppelt sind, sich aber im Modell geometrisch überschneiden.

Die Funktion identifiziert automatisch die Eckzonen des erstellten Strukturmodells und behandelt diese speziell bei der geometrischen Modellierung, bei den Stabilitätsanalysen, der

plastischen Berechnung und den globalen Nachweisen. Der mechanische Background dazu ist, dass sich diese – meistens besonders ausgesteiften – Eckzonen mechanisch signifikant anders verhalten als die angeschlossenen Balken- und/oder Stützelemente. Diese im Vergleich zur Elementlänge sehr kleinen Zonen sind dominant durch Schubeffekte beansprucht, während die angeschlossenen Balken- und/oder Stützelemente i.A. dominantes Biegeverhalten zeigen.



Im Menü stehen mehrere Optionen zur Verfügung:

#1 Ein-/Ausschalten der automatischen Erkennung der Eckzonen des Strukturmodells; diese Zonen werden mittels der folgenden Regeln identifiziert:

- Anwendung auf gerade Stabelemente mit I und H Querschnitten
- Eckzonen werden ausschließlich zwischen Stützen (perfekt vertikal) und beliebig geneigten Riegeln definiert
- Die lokalen **y**-Achsen der verbundenen Stützen und Balken sind parallel (die Stege der verbundenen Elemente sind in derselben Ebene)

Bereits definierte Eckzonen können auch wieder deaktiviert werden.

#2 Zusatzinformationen zu den Funktionen des Wizards

#3 Teilmodellbaum

zeigt alle zuvor erstellten Teilmodelle, für die spezielle Rahmeneckmodelle definiert wurden bzw. definiert werden können. Das voreingestellte Eckmodell kann dem gesamten Stabwerksmodell zugeordnet werden. Aber die speziellen Rahmenecken (#5, #6, #7) können nur auf Teilmodelle angewendet werden.

Zur Installation muss zunächst ein Teilmodell vorgewählt werden. Dann wird auf das gewählte Eckmodell geklickt und anschließend auf **✓ (übernehmen)**.

#4 **Standarddeckmodell**

der 7. Freiheitsgrad (Verwölbung) benachbarter Stäbe wird unabhängig von der Stabtopografie der konstruktiven Eckausbildung 1:1 übertragen

#5 **geschraubte oder geschweißte Ecke mit zwei Horizontalsteifen**

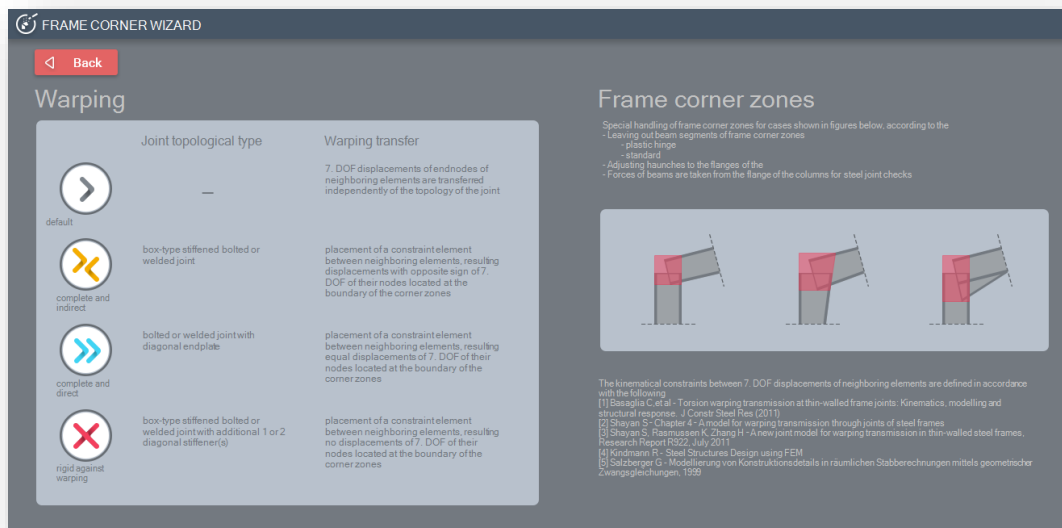
der 7. Freiheitsgrad (Verwölbung) benachbarter Stäbe wird mit umgekehrtem Vorzeichen übertragen

#6 **geschraubte oder geschweißte Ecke mit Diagonalsteife**

der 7. Freiheitsgrad (Verwölbung) benachbarter Stäbe wird unabhängig von der Stabtopografie an den Rändern der Eckzonen übertragen

#7 **geschraubte oder geschweißte Ecke mit zwei Horizontal- und Diagonalsteifen**

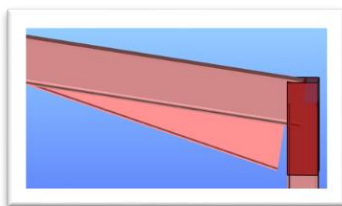
der 7. Freiheitsgrad (Verwölbung) benachbarter Stäbe wird an den Rändern der Eckzonen starr verhindert



Mit **“ÜBERNEHMEN”** ermittelt die Software die Überlappungszonen der identifizierten Rahmenecken, wobei auch vorhandene Exzentrizitäten, Vouten und konisch geformte Träger berücksichtigt werden.

Die Trägersegmente innerhalb der Überlappungszonen werden von den Trägern automatisch separiert und wie folgt behandelt:

▪ **Geometrie:**

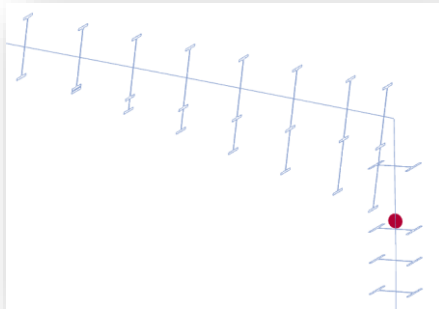


die Voute (und damit der biegeelastische Träger) beginnen am Ende des abgetrennten Schubfeldes, was im folgenden Bild dargestellt ist.

▪ **Stabilitätsanalyse:**

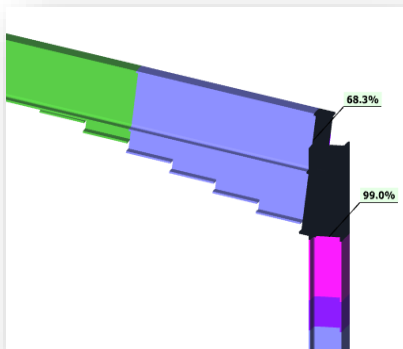
die (automatisch erstellten) finiten Elemente innerhalb der Überlappungsbereiche an den Eckknoten werden bei der Stabilitätsanalyse ausgeklammert (als würden sie nicht zu dem Gesamt- oder Teilmodell gehören), denn in diesen Bereichen kann (Biegedrill)-Knicken nicht auftreten und daher beginnen die Knicklängen der Stäbe effektiv außerhalb dieser Zonen.

▪ **Plastische Analyse:**



Fließgelenke entstehen nicht innerhalb der Schubfelder in den Rahmenecken. Dementsprechend werden sie theoretisch exakt an den Anschnitten zur Rahmenecke angesetzt (siehe Bild) und nicht in den Schnittpunkten der Schwerachsen des Linienmodells, wo das Biegemoment des Stabwerksmodell ein relatives Extremum erreicht.

▪ **Globale Nachweise:**

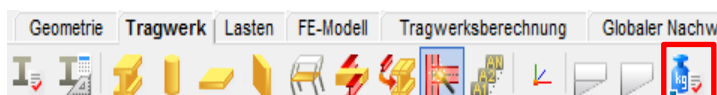


alle unter dem Register **“GLOBALER NACHWEIS”** zusammengefassten und parallel durchgeführten Querschnitts- und Stabilitätsnachweise werden nur außerhalb der Rahmen-eckzonen durchgeführt. Infolgedessen werden die “virtuellen” (tatsächlich nicht auftretenden) Rahmeneckmomente ignoriert. Stattdessen werden die Anschnittmomente an den Rahmen-ecken bemessungsrelevant.

▪ **Anschlussbemessung:**

Auch bei der Anschlussbemessung werden die Biegemomente und Querkräfte an den Stabanschnitten zu Grunde gelegt.

5.8 MATERIAL ()



Grundsätzlich stehen drei Materialgruppen zur Verfügung:

Bewehrungsstahl kommt bei den Stahl- und Stahlverbundträgern und -stützen zum Einsatz.

- ✓ **Stahl**
- ✓ **Beton**
- ✓ **Bewehrungsstahl**

Die Parameter der voreingestellten Materialien stammen aus DIN EN 1993-1-1 und DIN EN 1992-1-1 und sind (nicht löschar) mit NA unabhängigen Standardwerten besetzt.

Sie können zusätzlich beliebige Materialien (z.B. baupraktisch für Aluminium oder theoretische Werte für Forschungen) hinzufügen.

Stahl

Stahlsorte: Stahlfantasie

Materialparameter

Name		
Dichte	ρ [kg/m ³]	7850
Elastizitätsmodul	E [N/mm ²]	190000
Querdehnzahl	ν	0,30
Wärmedehnzahl	α [1/°C]	0,000012
Temperaturausdehnung bei Brandeinwirkung	α_{fi} [1/°C]	0,000014
Fy1	f_{y1} [N/mm ²]	1000
Fy2	f_{y2} [N/mm ²]	900
Fu1	f_{u1} [N/mm ²]	1200
Fu2	f_{u2} [N/mm ²]	1200
Dicke Y	t_y [mm]	40
Dicke U	t_u [mm]	40

neu Löschen Schließen übernehmen

Beton

Betonsorte: C12/15 EN 1992-1-1:2010

Materialparameter

Name		
Dichte	ρ [kg/m ³]	2500,00
Sekantenmodul	E_{cm} [N/mm ²]	27085,00
elastischer Teilsicherheitsbeiwert	γ_{oE}	1,20
Druckfestigkeit	f_{ok} [N/mm ²]	12,00
Modifikationsbeiwert der Druckfestigkeit	α_{co}	1,00
Zugfestigkeit	$f_{ctk, 0,05}$ [N/mm ²]	1,10
Modifikationsbeiwert der Zugfestigkeit	α_{ct}	1,00
Teilsicherheitsbeiwert	γ_c	1,50
Endkriechzahl	$\phi(\infty, t_0)$	2,10
Querdehnzahl	ν	0,20
Wärmedehnzahl	α [1/°C]	0,000010
Materialmodell	Typ	Rechteckig
Fließdehnung #1	ϵ_{o1} [‰]	0,00070
Gleichmaßdehnung #1	ϵ_{o1} [‰]	0,00350
Abminderungsfaktor der Druckfestigkeit	η	1,00
Fließdehnung #2	ϵ_{o2} [‰]	0,0020
Gleichmaßdehnung #2	ϵ_{o2} [‰]	0,00350
Fließdehnung #3	ϵ_{o3} [‰]	0,001750
Gleichmaßdehnung #3	ϵ_{o3} [‰]	0,00350
Exponent	n	2,00

neu Löschen Schließen übernehmen

Betonstahl

Betonstahlname: B 240

Materialparameter

Name		
Dichte	ρ [kg/m ³]	7850
Elastizitätsmodul	E [N/mm ²]	200000
Querdehnzahl	ν	0,30
Wärmedehnzahl	α [1/°C]	0,000010
Fyk	f_{yk} [N/mm ²]	240
EpsSu	ϵ_{sk}	0,03
GammaS	γ_s	1,15

neu Löschen Schließen übernehmen

ConSteel verwendet bei der elastischen Berechnung der Beanspruchungen nur die elastischen Parameter E-Modul, Querdehnzahl, Dichte (wenn das Eigengewicht berücksichtigt wird) und die Temperatur-Ausdehnungszahlen (bei Temperatureinwirkung bzw. Brandeinwirkung). Für den Beton wird der *effektive E-Modul* gemäß EC 2 verwendet

Im Falle einer plastischen Berechnung der Beanspruchungen von Stahlkonstruktionen nach der Fließgelenktheorie wird zusätzlich noch die Streckgrenze f_y für die plastischen Grenzschnittgrößen benutzt.

ES IST ZU BEACHTEN, DASS BEI TRÄGERN (RIEGEL, STÜTZEN) DAS MATERIAL EIN PARAMETER DES QUERSCHNITTS IST UND ÄNDERUNGEN ÜBER DIE OBJEKTTABELLE ZU ERFOLGEN HABEN. DIES ERLAUBT DIE VERWENDUNG MEHRERER MATERIALIEN (Z.B. BEI STAHLVERBUND-QUERSCHNITTEN). WENN IN DEM STRUKTURMODELL (GEOMETRISCH) IDENTISCHE QUERSCHNITTE MIT UNTERSCHIEDLICHEN MATERIALIEN VORKOMMEN SOLLN, MÜSSEN FOLGLICH MHRFACHE QUERSCHNITTE ANGELEGT WERDEN!

5.9 LAGER ()

5.9.1 GRUNDLAGEN

Die Anordnung jedes Lagers hat dreidimensional zu erfolgen. Es sind also immer 3 Weg- und drei Dreifreiheitsgrade zu definieren und bei Trägern mit dünnwandigen offenen Stahlquerschnitten auch der (siebte) Verwölbungsfreiheitsgrad.

: Auch ebene Tragwerke sind räumlich zu lagern, da ansonsten Instabilitäten auftreten und die räumlichen Stabilitätsnachweise nicht geführt werden können.

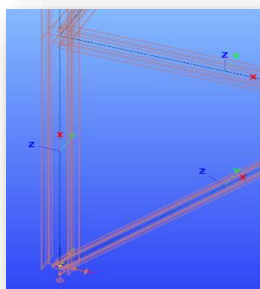


Grundsätzlich stehen drei Lagertypen zur Verfügung:

- ✓ **Punktlager**
- ✓ **Linienlager**
- ✓ **Flächenlager**

Identisch zur Platzierung von Punktlasten können Punktlager im **globalen** () , **lokalen** () oder dem **Benutzer-Koordinatensystem** () angeordnet werden.

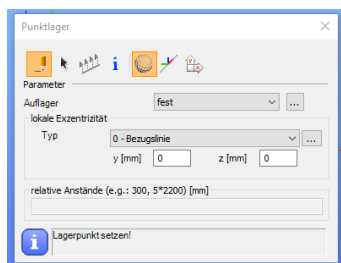
: Erfahrungsgemäß treten in der Einarbeitungszeit häufig Fehler auf, da nicht auf das gerade aktive Koordinatensystem geachtet wird!



Bei gekrümmten Trägern oder Plattenrändern ist die Nutzung des elementbezogenen lokalen Koordinatensystems sehr effektiv. Die Sichtbarkeit des LKS's wird mit der Option **„SICHTBARKEIT DES LOKALEN KOORDINATENSYSTEMS“** () - und der Namen der Koordinatenachsen mit der Option **„SICHTBARKEIT DER BESCHRIFTUNGEN“** () im unteren Status-Balken gesteuert.

5.9.2 PUNKTLAGER ()

Punktlager können an jedem Ort eines Linien- oder Flächentragelementes gesetzt werden. Dazu müssen vorweg keine speziellen Punkte erzeugt werden. Natürlich stehen die Anfangs-, End- und Fangpunkte zur Verfügung.

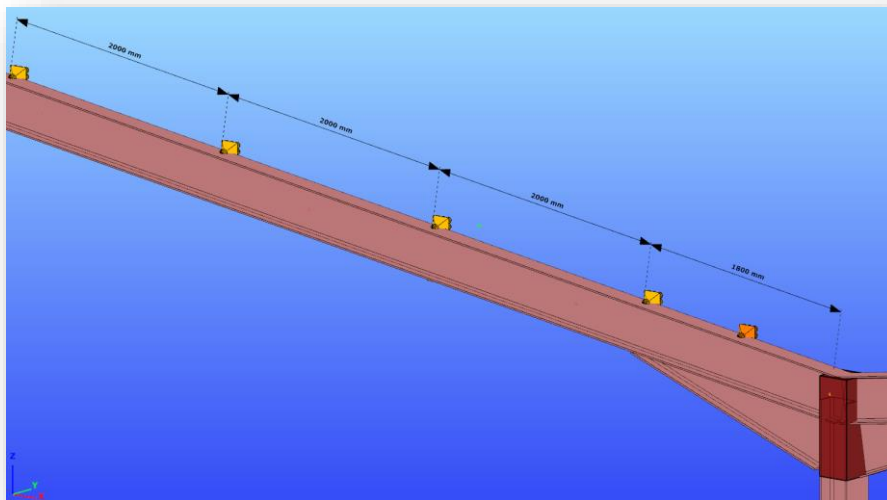


Unbedingt ist zunächst das geeignete Koordinatensystem auszuwählen (s.o.).

Mit der voreingestellten **„PLATZIER“** () -Option ist fortgesetztes Setzen mehrerer Lager möglich.

Die **„MEHRFACHSTÜTZUNG“** () -Option können mehrere Lager entlang eines Trägers durch Angabe ihrer Abstände gesetzt werden.

Das erste Lager wird am Anfangspunkt (A) des Trägers und die weiteren gemäß ihren Distanzangaben (siehe Beispiel im Dialog) gesetzt. Wenn sich eine Rahmeneckenzone am Stabanfang befindet, wird die erste Distanz vom Rand der Rahmenecke gemessen.

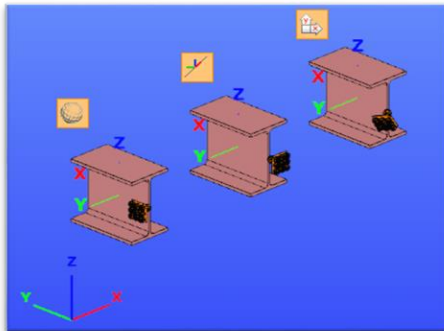


Punktlager (1)	
Name	P3
Auflager	z
Wirkungspunkt	
Referenzlinie der Exzentrizität	Hauptmodell_id=430
Bezugspunkt der Exzentrizität	0 - Bezugslinie
Exzentrizität -y	0
Exzentrizität -z	0
Abstände	10000 3*8000

Die Lage der mit der Option **MEHRFACHSTÜTZUNG** erstellten Stützungen können später als ein Objekt über „Abstände“ verändert werden

5.9.2.1 KOORDINATENSYSTEME

Das Koordinatensystem bestimmt die effektiven Lagerungsrichtungen. Die Auswirkungen im globalen (🌐), lokalen (📏) oder Benutzer-Koordinatensystem (👤) zeigt folgendes Bild:



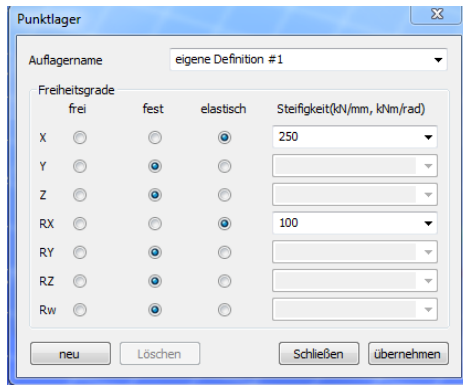
das für die X(x)-Richtung im Schwerpunkt definierte Punktlager zeigt bei allen drei Koordinatensystemen effektiv in eine andere Richtung!

👤: Beim Wechsel des Lagerangriffspunktes bzgl. eines Querschnittes wird das ursprünglich benutzte Koordinatensystem beibehalten. Ansonsten ist das Lager zu löschen und in einem anderen Koordinatensystem neu zu erstellen!

5.9.2.2 LAGERUNGSTYPEN

Fixed
Fixed
x, y, z
x, y, z, xx
x, y, z, yy
x, y, z, zz
y, z, xx
x, z, yy
x, y, zz
y, z
x, z
x, y
x
y
z
w

Es gibt einige vordefinierte einfache und kombinierte Lagertypen. Die Buchstaben kennzeichnen die gelagerten Freiheitsgrade. Einfache Buchstaben sind Wegfesseln und doppelte sind Drehfesseln. „w“ kennzeichnet die Querschnittsverwölbung. Beispielweise bedeutet „x, y, z, xx“ im lokalen Koordinatensystem ein festes Gabelager und „fixed“ (fest) entspricht einer wölbverhinderten Festeinspannung.

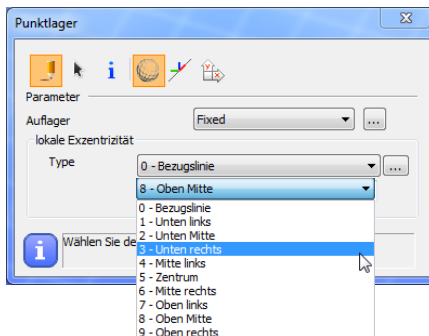


Mit dem **“MEHR”** (☰)-Icon und dem **“NEU”**-Schalter können neue Lagerungsbedingungen erstellt werden. Die 7 Freiheitsgrade können individuell einzeln als frei, fest oder elastisch definiert werden. Bei elastischer Lagerung (Feder) sind Eingaben in kN/mm (Wegfeder) oder kNm/rad (Drehfeder) erforderlich.

5.9.2.3 LAGERUNGSEXZENTRIZITÄTEN ()

Lokale Lagerungsexzentrizitäten sind ebenfalls möglich und insbesondere für Stabilitätsnachweise unbedingt notwendig.

☞ Dieses Feature lässt sich beispielsweise besonders einfach zum Anschluss von Dachverbandsstäben am Obergurt der Rahmenriegel ausnutzen.



Man kann exzentrische Lagerungen entweder **relativ zur Querschnittsgeometrie** oder **relativ zu den Querschnittsachsen (mit Koordinateneingaben)** definieren.

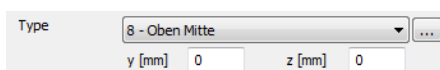
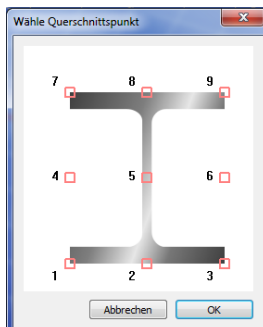
Lageangaben **relativ zur Querschnittsgeometrie** sind auf zwei Arten möglich:

- ✓ mit dem Klappmenü
- ✓ mit Punkten auf der Querschnittsgrafik

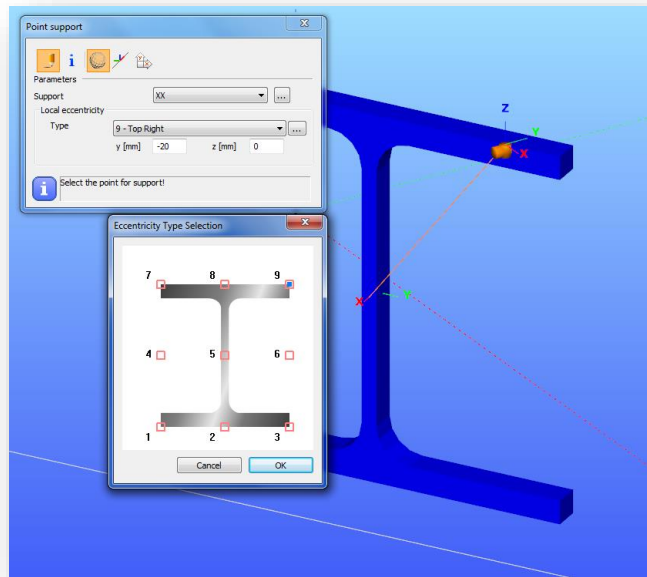
Die Lage **“0 - Bezugslinie”** ist nur aus dem Klappmenü wählbar.

Mit dem Icon **“MEHR”** (☰)-rechts im Bereich **“Type”** öffnet sich die Querschnittsgrafik und bietet die Punkte (1)-(9) zur Auswahl an.

Mit der Maus markiert man den gewünschten Punkt und schließt mit **“OK”** ab.



Die Eingabe numerischer Werte y und/oder z definiert den Lagerungspunkt relativ zum darüber ausgewählten Punkt (Bild unten).



Bei der Berücksichtigung der Exzentrizitäten besteht ein erheblicher Unterschied zwischen der Wahl der Bezugslinie (Schwerpunkt) und einem der anderen Punkte:

0 – Bezugslinie:

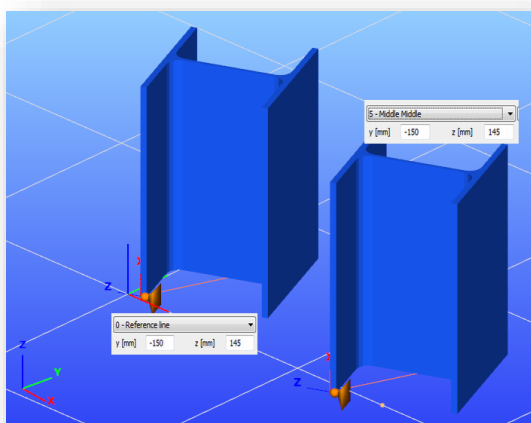
durch die Referenz zur Bezugslinie bleiben zusätzlich angegebene Exzentrizitäten (z.B.: eine y-Exzentrizität) der Lagerungspunkte bei Veränderung der Bezugslinie sowie des Querschnittes weiter relativ zur (neuen) Bezugslinie und nicht zum Querschnitt.

Punkte 1 - 9:

Lagerungspunkte an den Stellen 1 - 9 bleiben bei Änderung der Referenzlinie und/oder des Querschnittes an denselben Querschnittsstellen.

: Wird der Querschnittsdrehwinkel eines punktgelagerten Objektes verändert, verschiebt sich das Lager entsprechend dem Drehwinkel mit!

5.9.2.4 BEISPIELE ZU LAGERUNGEN

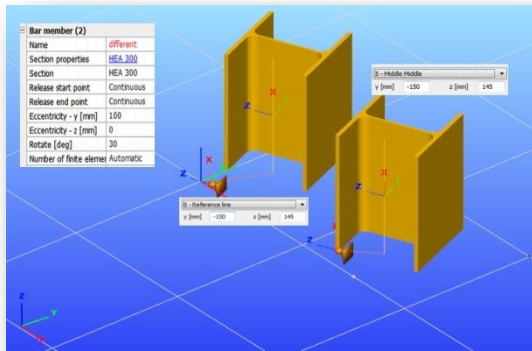


Beispiel 1:

Beide Lager wurden mit -150 mm exzentrisch in y-Richtung definiert.

Bei der linken Stütze ist die **Exzentrizität der Lagerung** auf die Bezugslinie referenziert und bei der rechten in Bezug zum Querschnittsmittelpunkt (5).

Ändert man nun (über die Objektabelle) die **Lage der Stütze** im LKS auf $y=100$ mm relativ zu ihrer Bezugslinie, dann ergeben sich unterschiedliche Positionen des Lagerungspunktes:

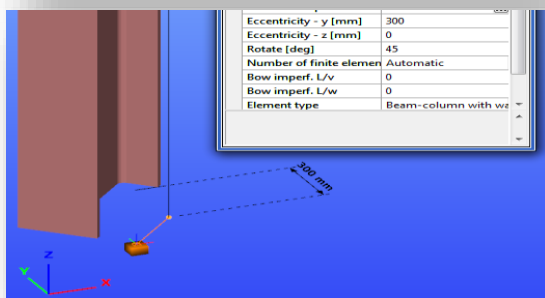
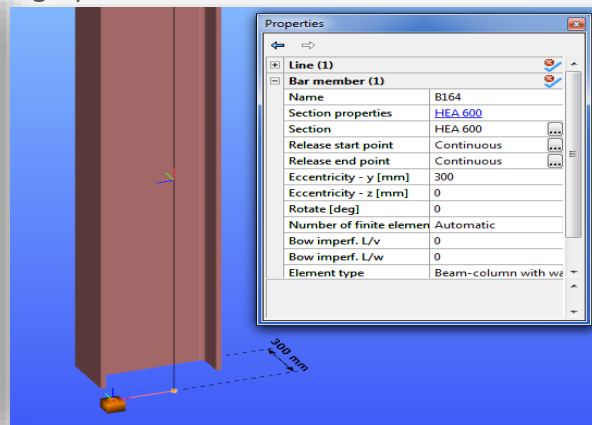
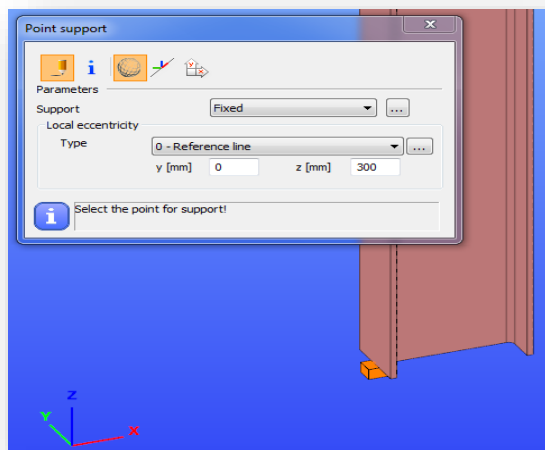


Im linken Fall bleibt die Lagerung an alter Stelle, da sie auf die Bezugslinie referenziert ist.
Im rechten Fall wandert die Lagerung mit der Stützenlage, da sie an einen Querschnittspunkt gekoppelt ist.

Beispiel 2:

Das Lager wird im **GKS** platziert; die **lokale Exzentrizität** $z=300$ mm ist relativ zur Bezugslinie der Stütze gewählt.

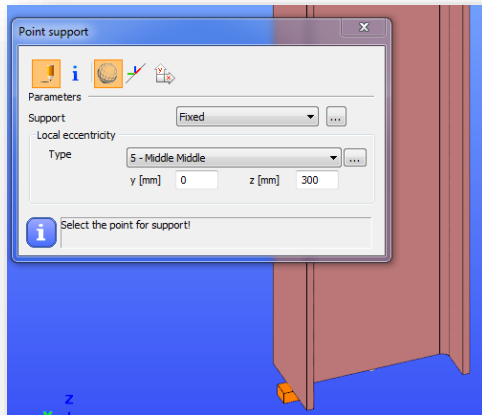
Ändert man nun (über die Objekttabelle) die **Lage der Stütze** im **LKS** auf $y=300$ mm relativ zu ihrer Bezugslinie, dann bleibt die Position des Lagers (im GKS) erhalten. Die Stützenlage hat sich von der Lagerposition entfernt!



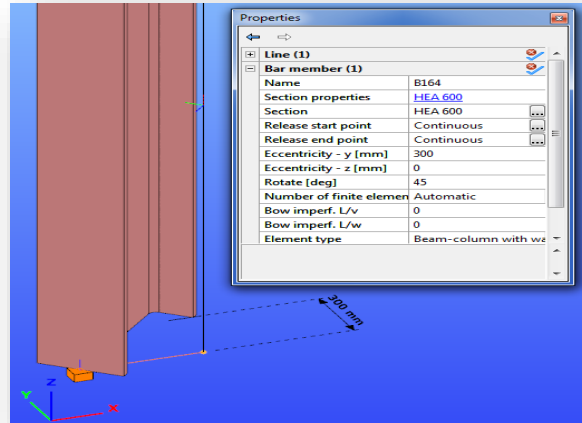
Wird jetzt die Stütze noch 45 Grad gedreht, dann verschiebt sich auch das Lager. Die Richtungen der lokalen Lagerachsen bleiben aber parallel zu den Achsen des GKS, weil das Lager in diesem KS positioniert wurde.

Beispiel 3:

Das Lager wurde *im GKS* mit lokaler Exzentrizität $z = 300$ mm in Bezug zum Querschnittsmittelpunkt platziert.



Wird jetzt die Stütze lokal um $y = 300$ mm verschoben und um 45 Grad gedreht, dann verschiebt sich das Lager mit, behält aber die lokalen Achsen parallel zum GKS.

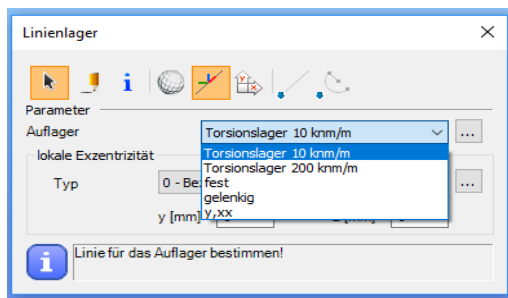


Zusammenfassend gilt:

- (1) Für jeden Type der lokalen Exzentrizität der Lagerung gilt, dass bei Änderung der lokalen Exzentrizität (relativ zur Bezugslinie) des gelagerten Objekts das Lager seine ursprüngliche relative Position auch in Bezug zur neuen Objektlage beibehält.
- (2) Die lokalen Achsen behalten die Orientierung an dem Koordinatensystem, das bei Erstellung des Lagers verwendet wurde.

5.9.3 LINIENLAGER ()

Linienlager können an vorhandene Objektlinien (Trägerbezugsachse oder Ränder von Flächen) oder an zusätzlich zu Lagerungszwecken gezeichnete Linien (z.B. an einer Oberfläche) angebracht werden.



Es gibt zwei vordefinierte Lagerungsarten:

- ✓ fest (starr)
- ✓ gelenkig

Mit dem "**MEHR**" ()-Icon können analog zu den Punktlagern neue Lagerungstypen (z.B. kontinuierliche elastische Drehbettung) erstellt werden.

Die Regeln des bei der Lagererstellung benutzen Koordinatensystems und der Anordnung lokaler Lagerexzentrizitäten gelten wie bei Punktlagern.

Benutzung der Wahlfunktion ():

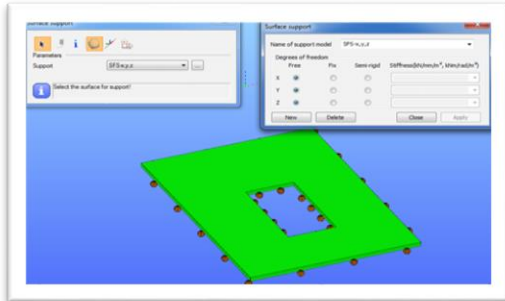
Das Linienlager wird an einen Rand einer Fläche (Außenrand oder Lochrand) oder an die Längsachse eines Linienelementes mit der Maus platziert.

Benutzung der Zeichnungsfunktion ():

Das Linienlager wird zwischen zwei Punkte auf einer Oberfläche oder auf einer Trägerachse mit 2 Mausklicks platziert.

5.9.4 FLÄCHENLAGER ()

Flächenlager sind Verschiebungslager und können nur an Flächen platziert werden.



Es gibt keine vordefinierten Lagertypen. Mit dem **“MEHR”** ()-Icon können eigene Lagertypen mit Wegkomponenten definiert werden.

Durch Mausklick auf eine (auch gelochte) Fläche wird die gesamte Fläche gelagert.

5.10 KOPPELEMENTE (LINKELEMENTE) ()

5.10.1 GRUNDLAGEN

Man verwendet Kopplungselemente (z.B. als bessere Alternative zu lokalen Objektexzentrizitäten), wenn sich die Bezugsachsen zweier Objekte nicht berühren und bei stark gevouteten Trägern, deren Referenzachsen sehr exzentrisch sind. Insbesondere wenn Verformungskomponenten der Kopplung elastisch nachgiebig sein sollen (z.B. zur Erfassung von Stegkrümmungen oder Anschlussnachgiebigkeiten bei Pfetten-Riegel-Verbindungen) gibt es nur diese Art der Kopplung.

Die Parameter des Kopplungselementes sind:

► **Position der Freiheitsgrade der Kopplung:**

dieser Parameter beschreibt die relative Lage des Kopplungsknotens in Bezug auf die Elementlänge. Werte sind zwischen 0 und 1 möglich.

► **Rotation:**

Der Rotationswinkel ist der Winkel des Kopplungselementes

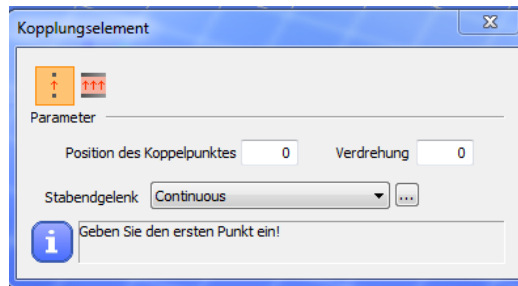
► **Freiheitsgrade der Kopplung:**

es gibt vordefinierte Kombinationen von Verformungsfreiheitsgraden. Für neue Verbindungen ist das **“MEHR”** ()-Icon zu benutzen.

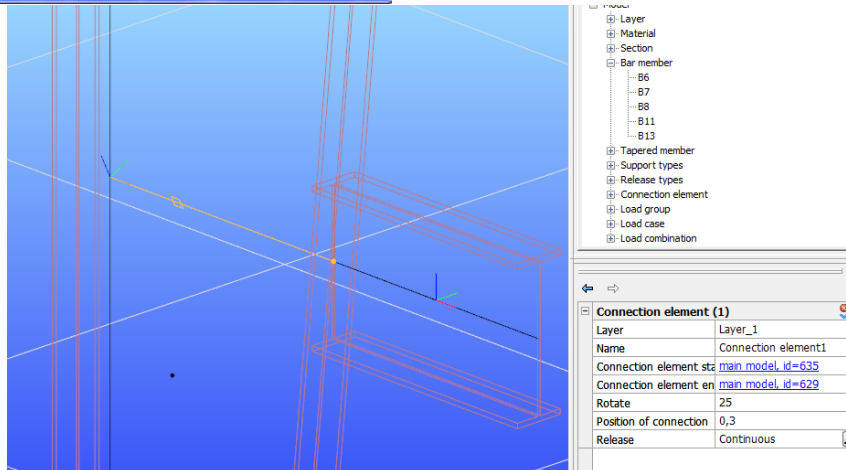
Zwei Kopplungselemente stehen zur Verfügung.

5.10.2 VERBINDUNG ZWEIER STRUKTURPUNKTE ()

Zwei Strukturpunkte mit gegenseitigen Verformungsabhängigkeiten werden mit diesem Element gekoppelt.

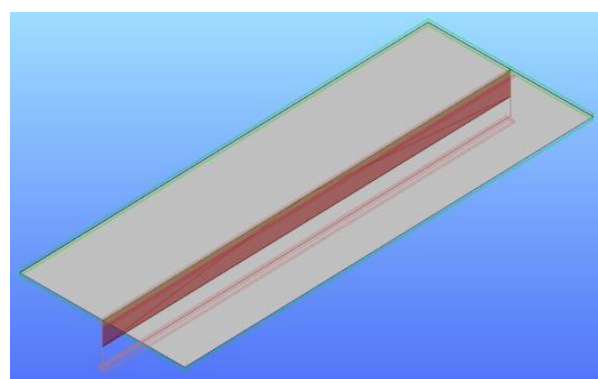
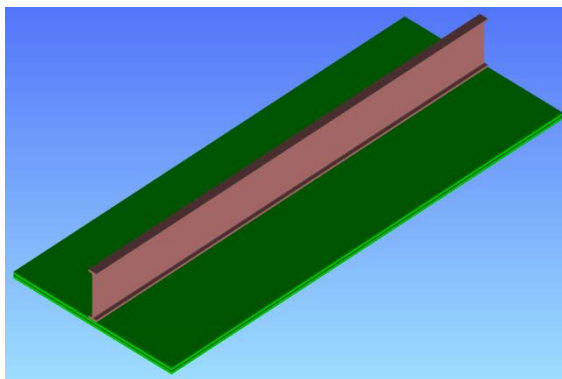


Wenn beispielsweise ein Kragträger biegesteif an eine stark gevoutete Stütze (Bild unten) angeschlossen wird, sollten die Referenzachsen beider Träger nicht direkt gekreuzt, sondern ein Koppelement dazwischen geschaltet werden. Auf diese Weise werden die Beanspruchungen genauer als bei direkter Verbindung berechnet.



5.10.3 KOPPLUNG PARALLELER KANTEN EXAKT GLEICHER LÄNGE ()

Gleichlange und parallele Kanten oder Bauglieder können mit diesem Koppelement verbunden werden. Diese Kopplung findet z.B. bei der Kopplung eines Trägers mit einer exzentrischen Platte (Plattenbalken) Anwendung.



5.11 SCHUBFELDAUSSTEIFUNG ()

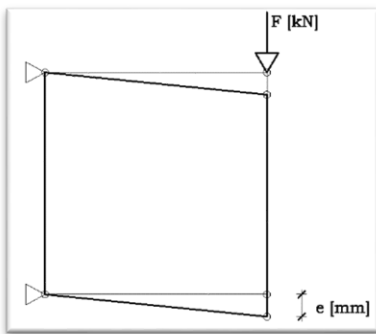
Mit diesem Werkzeug kann die schubaussteifende Wirkung von Trapezblechen simuliert werden. Dabei ist zu beachten:

-  es wird kein reales Trapezblech (Scheibe) in das Strukturmodell eingeführt, sondern nur dessen schubbehinderte Wirkung auf ein Bauteil numerisch simuliert
-  die einem Träger zugeordnete Schubsteifigkeit S wirkt nur isoliert auf diesen Träger (benachbarte Träger sind gegenseitig nicht verbunden)
-  bei der Berechnung der Schubsteifigkeiten wird angenommen, dass es sich um eine echte Schubfeldbefestigung handelt, bei der alle 4(!) Seiten des Gesamtblechtes an die

Unterkonstruktion befestigt sind;
 bei unechten Schubfeldern sollte näherungsweise die von ConSteel berechnete Schubsteifigkeit des vierseitig gelagerten Feldes auf ca. 20% abgemindert werden. Diese kann dann manuell eingegeben werden

5.11.1 DEFINITION DER SCHUBSTEIFIGKEIT S

Im folgenden Bild wird die Wirkung der Schubsteifigkeit auf eine einwirkende Kraft F [kN] dargestellt:



$$C = \frac{e}{F} : \text{Schubnachgiebigkeit [mm/kN]}$$

$$S = \frac{F}{e} : \text{Schubsteifigkeit [kN/mm]}$$

Der Kehrwert der Schubnachgiebigkeit ist die Schubsteifigkeit eines Bleches.

Die Wirkung eines Schubfeldes setzt sich bei Trapezblechen aus den folgenden Komponenten zusammen:

- **Profilverformung:**

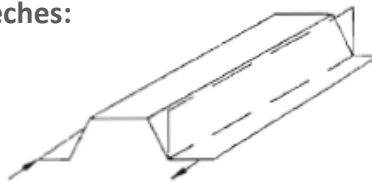


jede Sicke befestigt

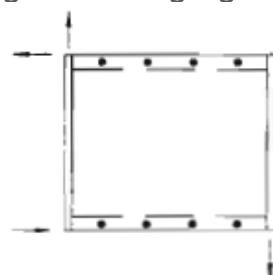


alternierende Befestigung

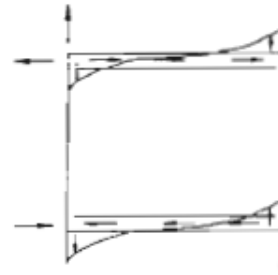
- **Schubverformung des Bleches:**



- **Verformung der Befestigungen:**

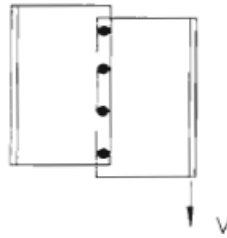


echtes Schubfeld
(vierseitig befestigt)



unechtes Schubfeld
(zweiseitig befestigt)

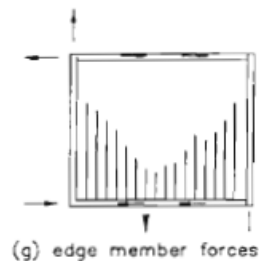
- Relativverformungen zusammengesetzter Tafeln



- Verformungen zwischen Balken und Pfette



- Axialverformungen der Längsränder:



Die gemeinsame Wirkung aller (rechnerisch berücksichtigter) Nachgiebigkeiten ergibt die Schubsteifigkeit S .

5.11.2 BERECHNUNGSMODELLE DER SCHUBSTEIFIGKEIT

Die Anwendbarkeit von Trapezblechen für Schubaussteifungen ist (zumindest in Deutschland) durch Zulassungen bauaufsichtlich geregelt. **CS** besitzt eine umfangreiche Datenbank der Trapezbleche verschiedener Hersteller, in der auch die zeitliche Gültigkeit eingetragen ist.

Es existieren (historisch bedingt) drei unterschiedliche und unterschiedlich genaue Berechnungsmodelle. Je aktueller die Zulassungen sind, desto genauer ist das verwendete Berechnungsmodell, weil zunehmend mehr Verformungsanteile berücksichtigt werden. Allerdings vermindern sich durch die zusätzlichen Verformungskomponenten die berechneten Schubsteifigkeiten (z.T. erheblich).

Neben einer allgemeinen Formel des Eurocodes berücksichtigt **CS** folgende Trapezblechhersteller und ihre zugehörigen Berechnungsmodelle:

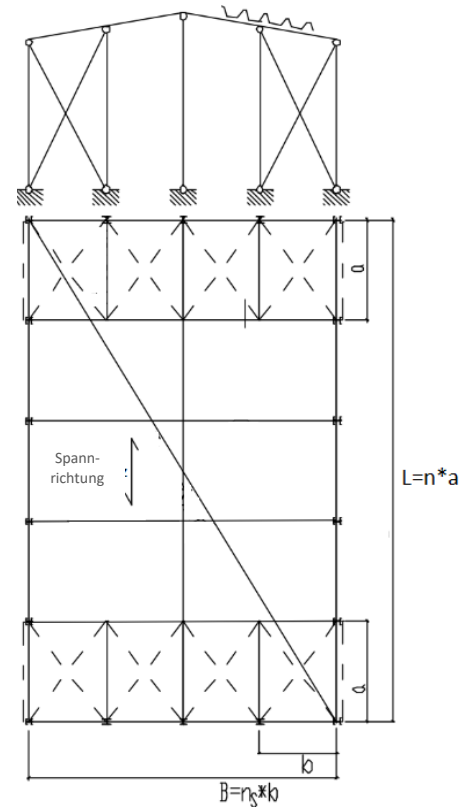
Hersteller	Berechnungsmodell	Formel
Hösch	DIN 18807, Schardt/Strehl	(1)
Fischer	verbesserte Schardt/Strehl Methode	(2)
Arcelor	Bryan/Davies	(3)
Lindap Pruszinsky	EuroCode (Quelle unbekannt)	(4)

Die nebenstehende Skizze illustriert die in den folgenden Formeln benutzten Abmessungen.

Die in den Berechnungsformeln verwendeten Parameter (z.B. K_1 und K_2) sind entstammen den Zulassungen und sind in der **CS**-Datenbank einzusehen.

Es wird bei den Berechnungen vorausgesetzt, dass

- ✓ die Befestigungen in regelmäßigen Abständen erfolgen
- ✓ es sich um ein echtes Schubfeld handelt
- ✓ Befestigung in jeder Sicke; ansonsten ist S auf $0,2 \cdot S$ abzumindern



5.11.2.1 BERECHNUNGSMODELL DER HOESCH-PROFILE

Es wird das älteste Berechnungsmodell verwendet, das vergleichsweise zu den größten Schubsteifigkeiten führt, weil u.A. die Verformungen der Befestigungsmittel nicht berücksichtigt sind:

$$S = \frac{10^4}{K_1 + \frac{K_2}{L}} \cdot a \quad (1)$$

S: Schubsteifigkeit [kN]

K_1 : zum Profil gehörender Parameter (aus der Zulassung) [m/kN]

K_2 : zum Profil gehörender Parameter (aus der Zulassung) [m²/kN]

L: Schubfeldlänge parallel zu den Sicken [m]

a: anwendbare effektive Weite [m]

5.11.2.2 BERECHNUNGSMODELL DER FISCHER-PROFILE

Die Berechnungsformel besitzt drei zusätzliche Parameter (K_1^* , K_2^* und e_L), die einige Wirkungen der Befestigungsmittel berücksichtigen

$$S = \frac{1}{(K_1 + K_1^* e_L) + \frac{K_2 + K_2^*}{L}} \cdot a \quad (2)$$

S: Schubsteifigkeit [kN]

K_1 : zum Profil gehörender Parameter (aus der Zulassung) [10^{-4} m/kN]

K_2 : zum Profil gehörender Parameter (aus der Zulassung) [10^{-4} m²/kN]

K_1^* : zum Profil gehörender Parameter (aus der Zulassung) [10^{-4} 1/kN]

K_2^* : zum Profil gehörender Parameter (aus der Zulassung) [10^{-4} m²/kN]

e_L oder b: Abstand von gegenseitig befestigten Längsfugen [m]

L: Schubfeldlänge parallel zu den Sicken [m]

a: anwendbare effektive Weite [m]

5.11.2.3 BERECHNUNGSMODELL DER ARCELOR-PROFILE

Im Vergleich zu den anderen Berechnungsformeln besitzt das Berechnungsmodell von Bryan/Davies die meisten Parameter:

$$S = \frac{10^4}{\left[(K_1' \cdot \alpha_2 + K_1^* \cdot e_L) + \frac{(K_2' \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_4 + K_2^* \cdot \alpha_3)}{L_s} \right]} \cdot a \quad (3)$$

S: Schubsteifigkeit [kN]

K₁': zum Profil gehörender Parameter (aus der Zulassung) [m/kN]

K₂': zum Profil gehörender Parameter (aus der Zulassung) [m²/kN]

K₁*: zum Profil gehörender Parameter (aus der Zulassung) [1/kN]

K₂*: zum Profil gehörender Parameter (aus der Zulassung) [m²/kN]

L_s: Schubfeldlänge parallel zu den Sicken [m]

α₁, α₂, α₃: zusätzliche Parameter in Abhängigkeit der Spannweiten der Blechtafeln

α₄: zusätzlicher Parameter in Abhängigkeit der Anzahl der Längsfugen der Blechtafeln

a: anwendbare effektive Breite [m]

5.11.2.4 ALLGEMEINE BERECHNUNG NACH EUROCODE 3

$$S = \left(1000 \cdot \sqrt{t^3} \cdot (50 + 10 \cdot \sqrt[3]{b_{roof}}) \cdot \frac{1}{h_w} \right) \cdot a \quad (4)$$

S: Schubsteifigkeit [kN]

t: Blechdicke [mm]

h_w: Höhe der Sicke [mm]

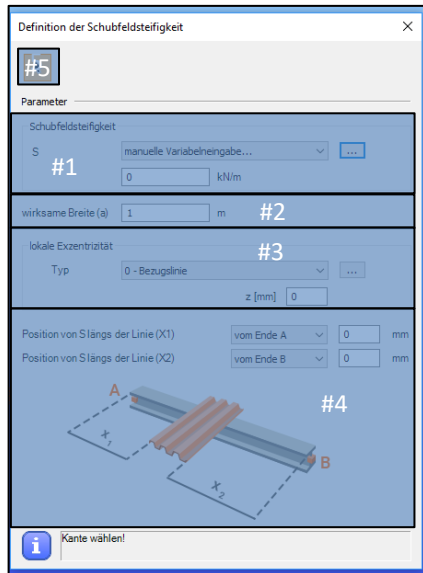
a: anwendbare effektive Breite [m]

b_{roof}: Schubfeldweite in Richtung der Sicken [mm]

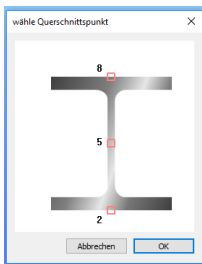
Diese Berechnung ergibt relativ geringe Werte für S und ist daher auch für unechte Schubfelder (Befestigung nur an den beiden Querrändern) anwendbar.

5.11.3 SCHUBFELDEINGABE

Der Dialog der **„DEFINITION DER SCHUBFELDSTEIFIGKEIT“** wird mit dem Schalter () auf dem Tabulator **„TRAGWERK“** gestartet.



- #1 hier kann der Wert der Schubsteifigkeit **S** [kN/m] manuell und beliebig eingegeben werden oder mit einem Mausklick auf den -Schalter kann im Dialog der **„BERECHNUNG DER SCHUBFELD-STEIFIGKEIT“** (siehe Kapitel 5.11.4) der Wert **S** auf der Basis der vorhandenen Trapezbleche in der **CS**-Datenbank automatisch berechnet werden
- #2 Eingabe der wirksamen Breite **a** (siehe Bild in Kapitel 5.11.4)
- #3 Eingabe der lokalen Exzentrizität zwischen dem Schubfeld und dem auszusteifenden Träger:
 - 0. Schwerachse
 - 2. Mitte unten
 - 5. vertikale und horizontale Mitte (Zentrum)
 - 8. Mitte oben



Mit einem Mausklick auf den -Schalter kann im Bereich #3 kann der Bezugspunkt auch mit der Maus bestimmt werden.

- #4 Schubfelder können auch bereichsweise über die Länge des auszusteifenden Trägers angeordnet werden. Damit kann z.B. eine Dachöffnung simuliert werden, in dem dort kein Schubfeld oder die Steifigkeit der Auswechslung angesetzt wird.

Die Position des Schubfeldes wird durch die Koordinaten X_1 und X_2 bestimmt:

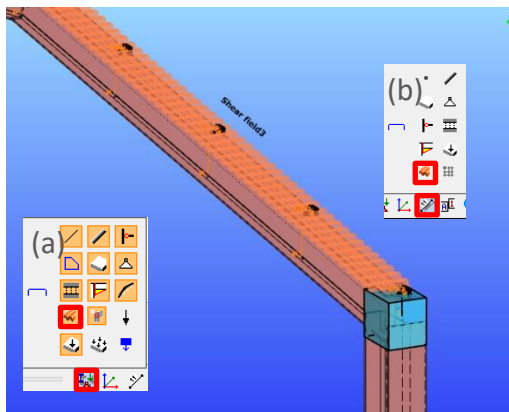
X_1 :

- a. **von Ende A des Bauteils:**
der Abstand X_1 wird vom Startpunkt des Trägers gemessen
- b. **von Ende B des Bauteils:**
der Abstand X_1 wird Endpunkt des Trägers gemessen

X_2 :

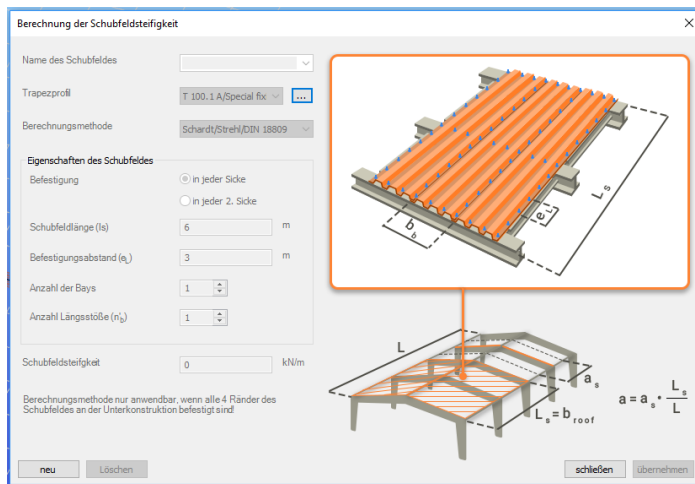
- c. **von Ende A des Bauteils:**
der Abstand X_1 wird vom Startpunkt des Trägers gemessen
- d. **von Ende B des Bauteils:**
der Abstand X_1 wird Endpunkt des Trägers gemessen
- e. **relativ:** X_2 relativ zu X_1

- #5 Mit dem ()-Schalter werden durch Mausklick die Träger ausgewählt, die mit dem Schubfeld ausgesteift werden sollen.

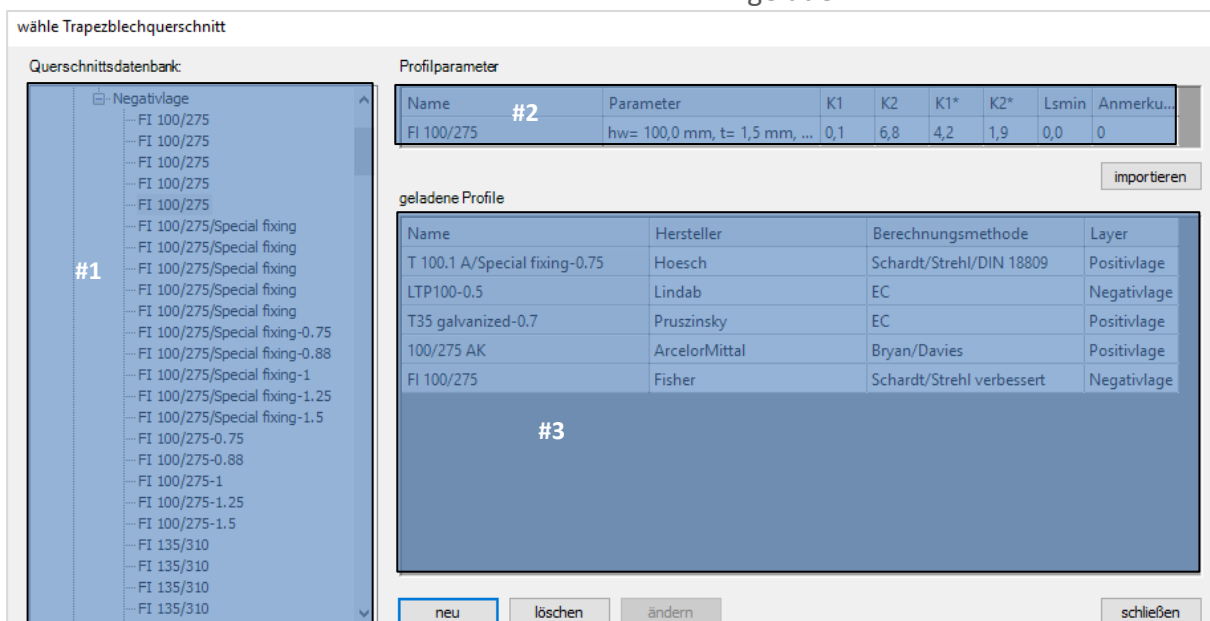


Durch Anwählen der Schubfeld-Icons in den Sichtbarkeitstafeln der Objekte (a) und der Objektbezeichnungen (b) werden die Schubaussteifungen im Modell sichtbar gemacht.

5.11.4 AUTOMATISCHE BERECHNUNG DER SCHUBFELDSTEIFIGKEIT

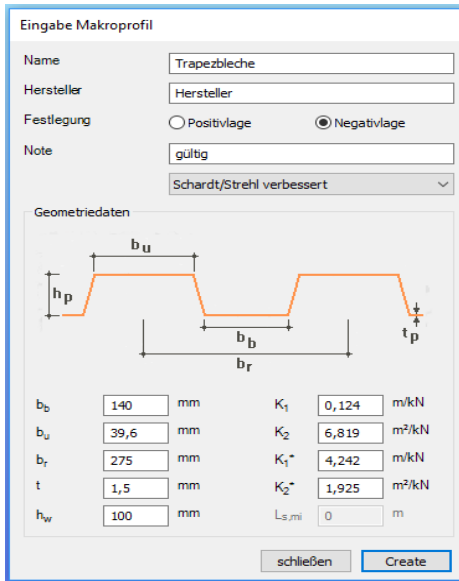


Mit dem Schalter  in Bereich (#1) des ersten Schubfelddialogs (s.o.) öffnet sich der Dialog der „**BERECHNUNG DER SCHUBFELDSTEIFIGKEIT**“. Ein neues Schubfeld wird hier mit dem „**NEU**“-Schalter gestartet. Zuerst wird durch Klick auf den Schalter () aus dem Datenbankdialog „**WÄHLE TRAPEZBLECHQUERSCHNITT**“ ein oder mehrere Profil(e) in das Strukturmodell geladen.



- #1 in der Trapezblechdatenbank sind die Profile nach Herstellern und möglicher Positiv-/Negativlage als Baumstruktur aufgelistet
- #2 die Eigenschaften/Parameter des unter (#1) markierten Profils zeigt Tabelle (#2)
- #3 mit dem **„IMPORTIEREN“**-Schalter unterhalb der Tabelle (#2) wird das Profil in die Datenbank **„GELADENE PROFILE“** (#3) des Strukturmodells geladen und steht zur Berechnung von **S** unter **„BERECHNUNG DER SCHUBFELDSTEIFIGKEIT“** bereit

Mit **„LÖSCHEN“** kann das in (#3) markierte Profil wieder aus der Datenbank des Modells gelöscht werden.

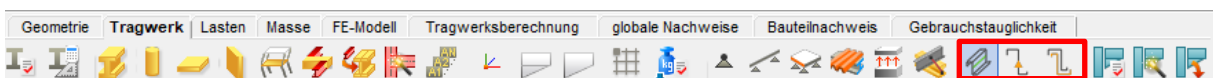


Mit **„NEU“** kann ein neues Profil erstellt werden. Im Dialog **„EINGABE MAKROPROFIL“** werden der Name und die Parameter benannt und erzeugt. Die folgenden Parameter stehen zur Wahl:

- Berechnungsmodell:
 - Schardt/Strehl/DIN 18807
 - Schardt/Strehl verbessert
 - Bryan/Davies
 - EC-Formel
- Befestigung:
 - Positivlage
 - Negativlage
- Geometrie- und querschnittsspezifische Parameter

Mit Hilfe der im Makroprofil definierten Parameter wird über **„ERZEUGEN“** im Dialog **„BERECHNUNG DER SCHUBFELDSTEIFIGKEIT“** die Schubfeldsteifigkeit automatisch berechnet.

5.12 PFETTENSTRÄNGE



Pfettenstränge sollen die Strukturerstellung von Pfetten erleichtern, denn sie fassen als Gesamtobjekt die Anordnung der Profile, Lagerungen und Überlappungszonen zusammen. Ein einmal erzeugter Strang kann dann mehrfach im Tragwerk platziert werden,



Pfettenstränge können nur mit Z- und C-Profilen definiert werden!

Die Konstruktion eines Pfettenstrangs gliedert sich in drei Schritte:



Platzierung eines Pfettenstrangs

Spezifizierung der Pfettenlagerungen



Spezifizierung von Überlappungszonen

5.12.1 PLATZIERUNG EINES PFETTENSTRANGS (🔧)

Mit Mausklick auf den ersten der drei Buttons öffnet sich ein Dialogfenster mit 4 Bereichen:

5.12.1.1 FUNKTIONEN

- #1 **Benennung des Pfettenstranges**
der Name kann Textzeichen und Zahlenwerte enthalten
- #2 **grafischer Erläuterungsbereich**
- #3 **Spezifizierung der zum Pfettenstrang gehörenden Aussteifungen**
- #4 **Kommandozeile mit**
 - ▶ **neu:** erzeuge neuen Pfettenstrang
 - ▶ **löschen:** lösche den existierenden Pfettenstrang
 - ▶ **platziere:** der definierte Pfettenstrang wird in das Strukturmodell eingefügt
 - ▶ **anwenden:** verwende die aktuellen Einstellungen

Das Kommando **“PLATZIERE”** öffnet ein weiteres Dialogfenster mit 5 Bereichen:

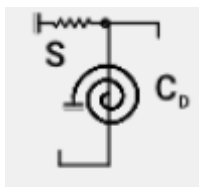


- #1: **Art der Platzierung:** wähle ein Objekt oder zeichne
- #2: wähle einen vordefinierten Pfettenstrang und beende die Platzierung mit „**Ende Platzierung**“
- #3: definiere die **vertikale Exzentrizität** (+z nach oben!) der Dachscheibe automatisch aus der Auswahlliste oder durch eine numerische Eingabe
- #4: **Positionseingabe:**
Distanzen (mm) von den Endpunkten A und B
- #5: **Infobereich**

5.12.1.2 BEDEUTUNG DER AUSSTEIFUNGEN

Die stabilisierende Wirkung von Aussteifungen der Pfetten erhöht die Tragfähigkeit hinsichtlich der Knick- und Biegedrillknickstabilität erheblich. Dies geschieht durch die Steifigkeiten der an den Pfetten befestigten Dach- oder Wandelementen und wird bei ConSteel durch linienartige Federmodelle modelliert.

Zwei Federarten stehen zur Verfügung:



- **kontinuierliche Translationsfeder (Schubfeld) S [kN/m]**
- **kontinuierliche Drehfeder C_D [kNm/rad/m]**

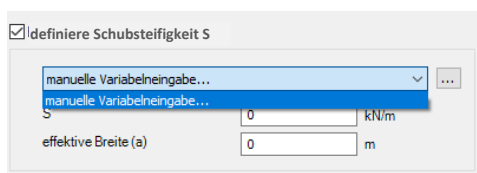
5.12.1.3 SCHUBFELDSTEIFIGKEIT

Auch bei realer Existenz einer Dach- oder Wandbedeckung ist der rechnerische Ansatz einer zugehörigen Schubsteifigkeit optional.

Im Bereich #3 des Hauptdialoges bestimmen Sie zunächst die Art der Eindeckung:

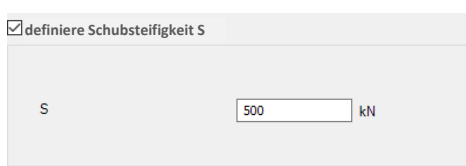
- **Trapezbleche**
- **Sandwichpaneele**

Je nach Art der Eindeckung ändert sich die Dialogbox:



Für Trapezblechprofile kann die Steifigkeit S manuell oder mit Klick auf  automatisch über eine Trapezblechprofildatenbank und die Benutzung des zugehörigen Dialoges bestimmt werden (→ Abschnitt 5.11.4).

Der zusätzlich einzugebende Wert (a) ergibt sich aus der Dialoggrafik des Trapezbleches.



Für Sandwichpaneele kann die Steifigkeit S nur manuell erfolgen.

 ob für spezielle Paneele der rechnerische Ansatz von S zulässig ist, sehen Sie der Zulassung!

5.12.1.4 FEDERSTEIFIGKEIT DER LINIENDREHFEDER

Der rechnerische Ansatz von Drehfedern ist optional, aber kann parallel zur Schubsteifigkeit angesetzt werden.

Die Drehfederformulierung nach dem Anhang von DIN EN 1993-1-1 besitzt 3 Komponenten. Da aber in einem 3D-Modell von ConSteel die quer verlaufende Stabilisierungsstruktur (z.B. Blech bei Pfetten oder Pfetten bei Rahmenriegeln) als Drehsteife wirkt oder im 2D-Modell mit ihren Anschlusssteifigkeiten explizit als Lagerungsoption eingebbar ist, werden im Folgenden nur zwei Komponenten berücksichtigt.

Die zwei Komponenten der Drehfeder c_D in ConSteel setzt sich aus der Steifigkeit des Anschlusses $c_{D,A}$ und der Steifigkeit infolge Profilverformung $c_{D,P}$ zusammen.

$$c_D = 1 / (1/c_{D,A} + 1/c_{D,P})$$

c_D ergibt sich als Reziprokwert der Summe der beiden einzelnen Kehrwerte.

1. Anschlusssteifigkeit $c_{D,A}$:

Berechnung der Verbindungssteifigkeit

vereinfachte Berechnung nach DIN EN 1993-1-3, § 10.1.5.2 (7) für beide Bedingungen

Anzahl Befestigungen zwischen Bedachung und Pfette p Stk/m

Bei Trapezblechen kann durch Klick auf ... eine automatische Berechnung der Anschlusssteifigkeit nach einer vereinfachten Methode des Eurocodes erfolgen. In dem Pop-up-Fenster braucht dazu lediglich die Anzahl der Befestigungen pro Meter spezifiziert werden:

Für Eindeckungen mit Sandwichprofilen ist die Eingabe von mehr Daten zur automatischen Berechnung der Anschlusssteifigkeit notwendig:

Berechnung der Verbindungssteifigkeit

Standardwert nach NA zu DIN EN 1993-1-5

Form der äußeren Stahlummantelung

Füllmaterial

E-Modul der Dämmung E MPa

► externes Profil des Stahlblechs:

- o Plain sheets
- o Trapezoidal sheet

► Art des Dämmmaterials:

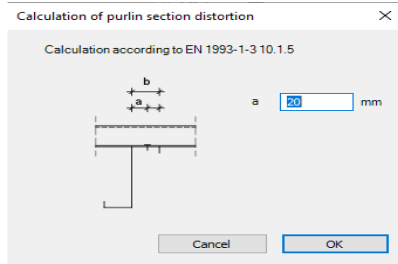
- o PUR
- o Mineralwolle

► E-Modul der Dämmung in MPa

Bei manueller Eingabe sind die Steifigkeiten getrennt für Zug- und Druckbeanspruchung zu spezifizieren.

2. Profilverformung $c_{D,P}$

Es handelt sich um die Querschnittsverformung des ausgesteiften Elementes, die bekanntlich nicht mit der Balkentheorie erfasst werden kann, aber sehr wohl vorhanden und auch manchmal die Aussteifung deutlich herabsetzt.



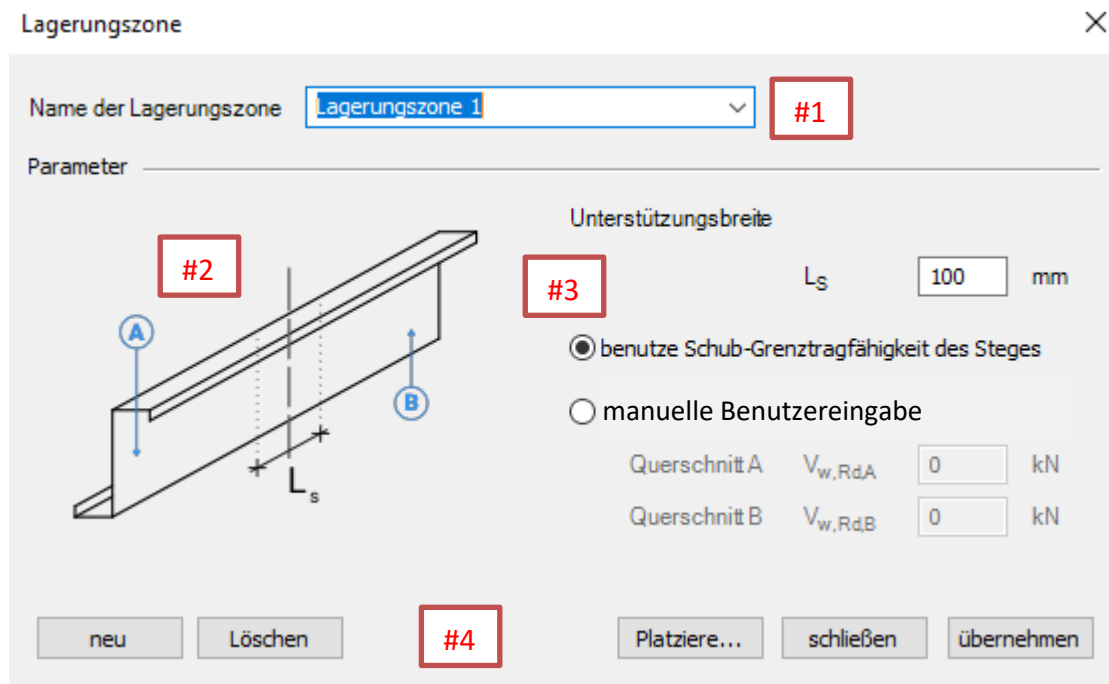
Die Steifigkeit ist analog zur Anschlusssteifigkeit definiert. Für die automatische Berechnung ist im Popup-Fenster nur der Abstand „a“ zwischen der Befestigung und dem Profilsteg in mm anzugeben. Die Berechnung erfolgt nach DIN EN 1993-1-3/ 10.1.5.

Bei manueller Eingabe sind zwei Kontaktfälle zu unterscheiden:

- infolge der Profilverformung ist Kontakt mit der Deckung am Steg der Pfette
- infolge der Profilverformung ist Kontakt mit der Deckung am Ende des Pfettenflansches

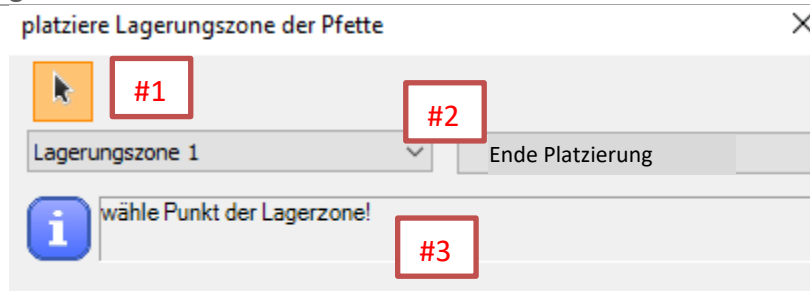
5.12.2 LAGERUNGSZONEN ()

Die Funktion der Lagerungszonen (Auflagerbereiche) spezifiziert die geometrischen Parameter der Lagerungspunkte des Pfettenstrangs:



#1	Benennung der Lagerungszone: mit Buchstaben und Zahlen
#2	Skizze zum Verständnis der Bezeichnungen und Parameter
#3	Eingaben zur Geometrie und zur Tragfähigkeit: Unterstützungsweite L_s Stegtragfähigkeit: Schubtragfähigkeit im Bemessungsniveau Benutzereingabe der Schubtragfähigkeit in kN für Profil (A) für Profil (B)

	⇒ Die Schubtragfähigkeit kann manuell nach DIN EN 1993-1-3 / 6.1.7 ermittelt werden.
#4	Kommandozeile: erzeuge eine NEUE Lagerungszone Lösche die vorhandene Lagerungszone PLAZIERE die aktuelle Lagerungszone in das Strukturmodell ANWENDEN der aktuellen Einstellungen
	PLAZIEREN öffnet das folgende Dialogfenster #1 – Art der Platzierung: hier nur Objektauswahl #2– Auswahl einer Lagerungszone aus der Liste #3 – Informationsbereich Der Klick auf das Feld “ENDE PLATZIERUNG” im Bereich #2 stoppt die Eingabe und schließt den Dialog



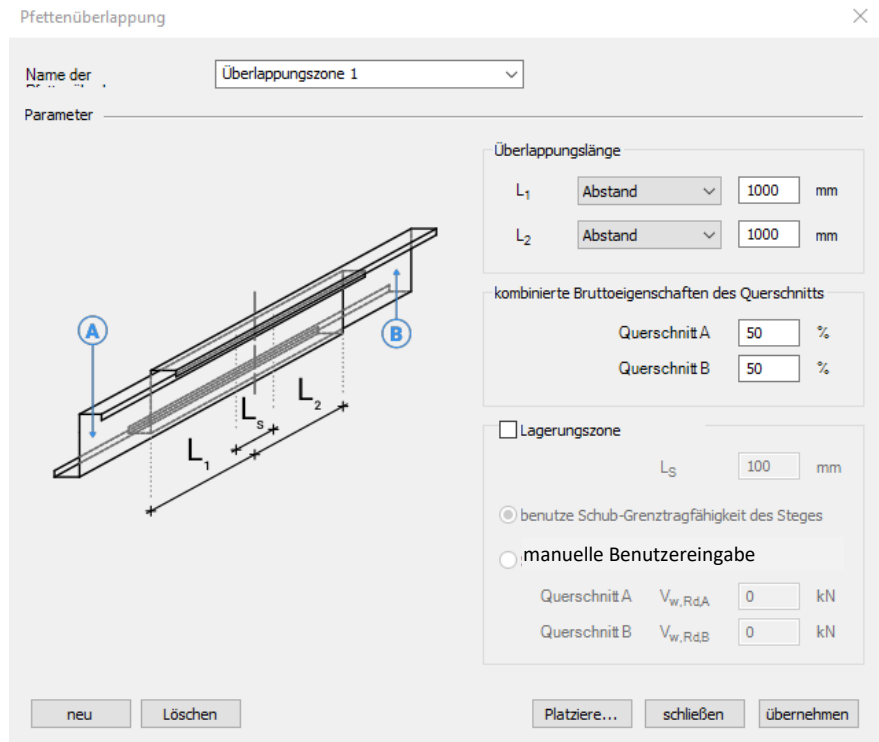
5.12.3 ÜBERLAPPUNGSZONEN ()

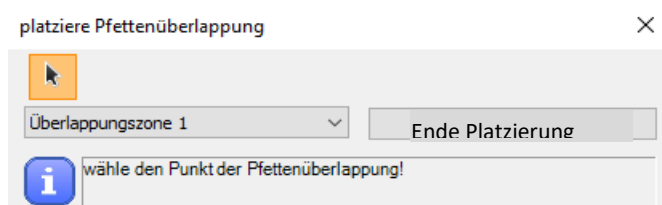
Die Norm unterscheidet zwei Hauptarten von Pfettenverbindungen. Beide Arten besitzen eigene Berechnungsmethoden der Tragfähigkeit beim Nachweis:

- Pfettenüberlappung (ggfs. mit Lagerungszone)
- Verbindung mit Koppelement

In der aktuellen ConSteel-Version werden nur Pfettenüberlappungen unterstützt.

Dazu dient der folgende Dialog:

	
#1	Benennung der Lagerungszone: mit Buchstaben und Zahlen
#2	Skizze zum Verständnis der Bezeichnungen und Parameter
#3	Angabe der Überlappungslängen L_1 und L_2 in mm oder als %-Werte der Abschnittslängen der beiden Pfettenabschnitte (A) und (B)
#4	prozentuale Steifigkeitsanteile der beiden Profile (A) und (B) am Gesamtquerschnitt
#5	falls auch eine Lagerungszone vorhanden ist: Eingaben wie bei Abschnitt 5.12.2
#6	Kommandozeile: erzeuge eine NEUE Lagerungszone LÖSCHE die vorhandene Lagerungszone PLAZIERE die aktuelle Lagerungszone in das Strukturmodell ANWENDEN der aktuellen Einstellungen
PLAZIEREN öffnet das folgende Dialogfenster #1 – Art der Platzierung: hier nur Objektauswahl #2– Auswahl einer Lagerungszone aus der Liste #3 – Informationsbereich Der Klick auf das Feld “ENDE PLATZIERUNG” im Bereich 62 stoppt die Eingabe und schließt den Dialog	



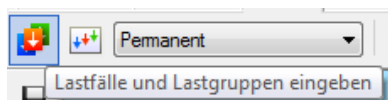
6 EINWIRKUNGEN

6.1 GRUNDLAGEN

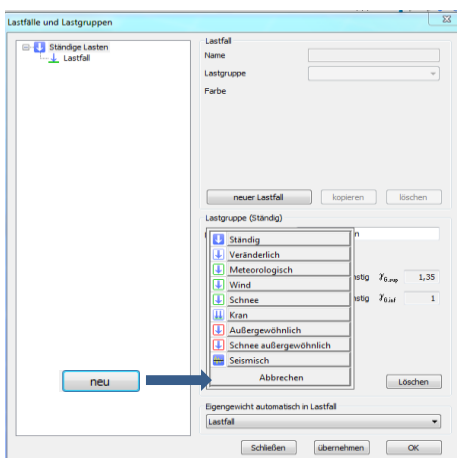
Die Definition der Einwirkungen auf die Tragstruktur ist eine der wichtigsten Modellierphasen. Im Gegensatz zur Strukturerstellung (→Kap. 5) wird die Modellierung der Einwirkungen sehr genau von den einschlägigen Normen und Nationalen Anhängen (NA) vorgeschrieben, denn korrekte Angaben hierzu sind ein wesentlicher Teil der Zuverlässigkeit der Tragwerksanalyse. **CS** bietet dazu eine Vielfalt von Optionen. In Übereinstimmung mit den Strukturelementen kann die Eingabe mit konventionellen normenbasierten Lasttypen und -optionen erfolgen. Zur Berechnung der Konstruktion werden diese bei Erstellung des FE-Modells zu FE-Lasten (Knotenlasten) automatisch umgewandelt. Alle Lastfunktionen befinden sich auf dem **“LASTEN”**-Registerblatt.



6.2 LASTFÄLLE UND LASTGRUPPEN ()



Bevor irgendwelche Einwirkungen auf das Modell platziert werden, sind Lastfälle und Lastgruppen mit dem ()-Icon zu definieren.

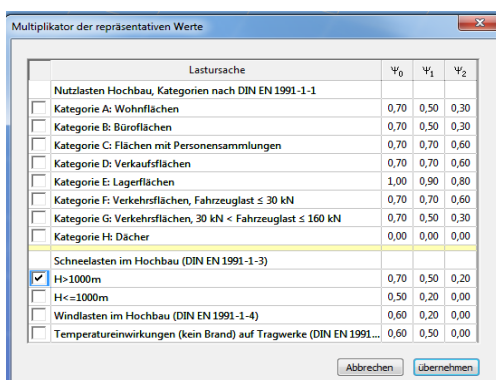


Für schnelle Berechnungen bietet CS je einen vordefinierten Lastfall und eine -gruppe. Jede Lastgruppe kann beliebig viele Lastfälle enthalten.

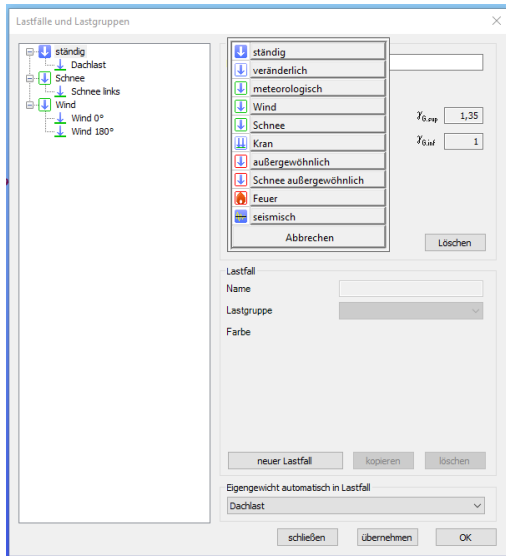
Zur automatischen Erzeugung korrekter Einwirkungskombinationen sind korrekte Lastgruppen unersetzlich.

CS kennt 9 unterschiedliche Lastgruppen:

- | | |
|---------------------|----------------------------|
| (1) permanent | (2) vorübergehend |
| (3) meteorologisch | (4) Wind |
| (5) Schnee | (6) Kranlasten |
| (7) außergewöhnlich | (8) Schnee außergewöhnlich |
| (9) seismisch | |



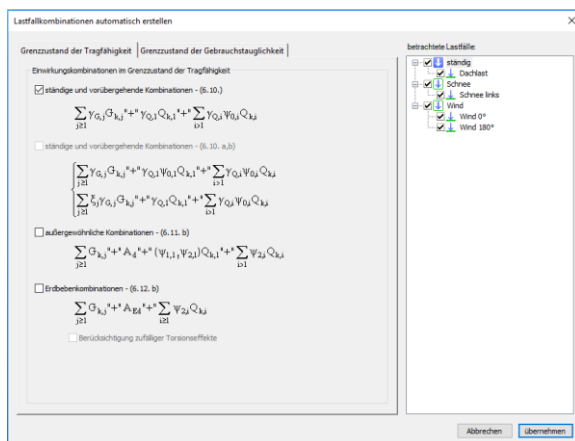
Die Auswahlbox zeigt die Standardwerte des dt. NA's zu DIN EN 1990.



Mit Mausklick auf den **“NEU”** ()-Schalter (im Bereich Lastgruppe!) öffnet sich das Menü zur Auswahl einer Lastgruppe. Der Klick auf eine der Zeilen erstellt eine neue Lastgruppe, die oben links im Lastgruppenbaum sichtbar wird.

Der Anwender kann entscheiden, ob das von **CS** berechnete Eigengewicht der Konstruktion vernachlässigt oder einem vom Benutzer zu wählendem Lastfall zugeschlagen wird. Dazu dient der Dialog unten im Dialogfenster (s.o.).

6.3 EINWIRKUNGSKOMBINATIONEN (,)



Einwirkungskombinationen () können manuell () durch Eingabe des Sicherheitsbeiwertes und des Kombinationsfaktors jedes Lastfalls oder automatisch mit der Funktion **„LASTFALLKOMBINATIONEN AUTOMATISCH ERSTELLEN“** () gemäß dem aktuell aktiven NA gebildet werden.

Name	Grenz Zustand	LF01 Eige...	LF02 Schn...	LF03 Schn...
Lastfall-Kombination-1	(ULS) Tragfähigkeit	1,35	1,5	0
Lastfall-Kombination-2	(ULS) Tragfähigkeit	1	1,5	0
Lastfall-Kombination-3	(ULS) Tragfähigkeit	1,35	1,5	0
Lastfall-Kombination-4	(ULS) Tragfähigkeit	1	1,5	0
Lastfall-Kombination-5	(ULS) Tragfähigkeit	1,35	1,5	0
Lastfall-Kombination-6	(SLS) Gebrauchstauglichkeit	1	1	0

Gelb markierte sind automatisch erstellte und weiß unterlegte Zeilen manuell erzeugte Einwirkungskombinationen.

Man kann mehrere Faktoren gleichzeitig editieren, in dem sie markiert und mit der rechten Maustaste darauf geklickt wird.

Zellinhalte können kopiert und an anderer Stelle eingefügt werden. Markieren Sie dazu die entsprechenden Zellen und betätigen Sie die

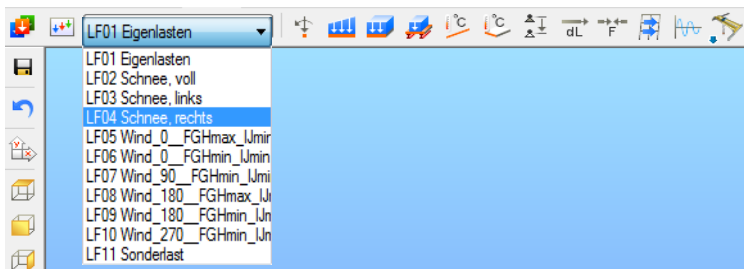
Tastenkombination **“CTRL+C”**. Markieren Sie die obere linke Zelle des ein-zufügenden Zellbereichs und betätigen **“CTRL+V”**. Zellinhalte können auch aus MS Excel oder Tabellen anderer Kalkulationsprogramme übernommen werden.

Da **CS** immer alle aktivierten Einwirkungskombinationen berechnet, sollte man deren Anzahl (besonders bei Testrechnungen) auf ein notwendiges Minimum beschränken, um die Rechenzeiten zur Ermittlung der Beanspruchungen niedrig zu halten. Daher sollten automatisch erstellte *unnötige* Kombinationen (im gelben Bereich) gelöscht werden.

Markieren Sie dazu mit der Maus die Lastfallkombination in der ersten Spalte (mehrere Zeilen mit Hilfe der Tasten „**STRG**“ oder „**SHIFT**“) und klicken zuletzt auf das Icon „**LASTFALLKOMBINATION LÖSCHEN**“ ().

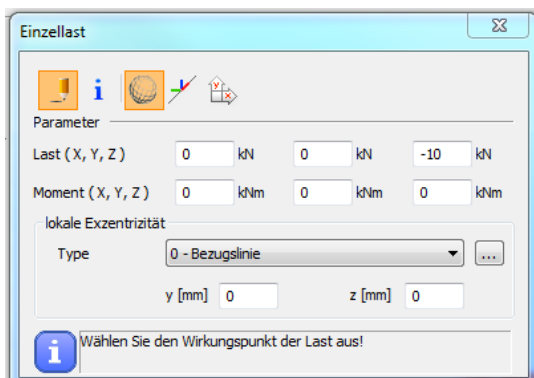
Sehr wichtig ist die korrekte Kennzeichnung jeder Lastfallkombination hinsichtlich (ULS)-Tragfähigkeit- oder (SLS)-Gebrauchstauglichkeit in der Spalte **Grenzzustand**.

6.4 EINWIRKUNGEN ERSTELLEN UND PLATZIEREN



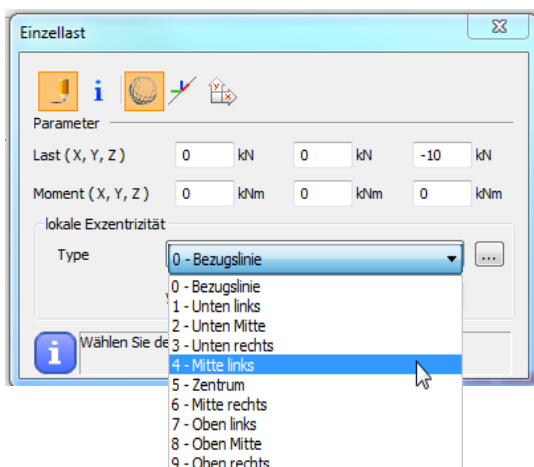
Zur korrekten Erstellung einer Last ist vorweg mit dem Klappmenü die Zugehörigkeit zu einem Lastfall zu erklären.

6.4.1 PUNKTLASTEN ()



Punktlasten können an beliebigen Stellen von Linien- und Flächenstrukturelementen gesetzt werden, ohne dass dazu die Lastangriffsstellen vorher als Punkte zu definieren sind. Natürlich können dazu auch Anfangs-, End- und Fangpunkte benutzt werden.

Punktlasten können im **globalen** (), **lokalen** () oder Benutzer-**Koordinatensystem** () definiert werden.



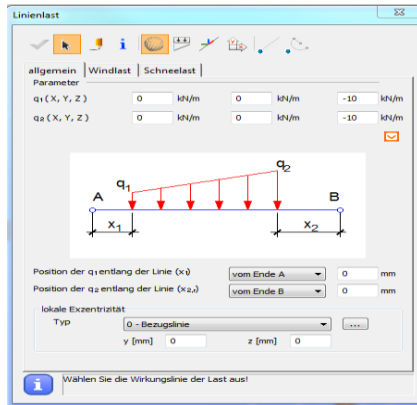
Besonders wichtig ist die Berücksichtigung von Lastexzentrizitäten im Trägerquerschnitt. Beispielsweise hat der Lastangriff am Ober- oder Untergurt eines Trägers erheblichen Einfluss auf das räumliche Stabilitätsverhalten (Biegedrillknicken) und erzeugen bei Berechnungen nach Theorie 2. Ordnung zusätzliche Torsions- und Bimomente.

Die Effekte des verwendeten Koordinatensystems, der Lastexzentrizitätstypen und -werte sind identisch zur Punktlagerung (→ Kap. 5.9.2).

6.4.2 LINIENLASTEN ()

6.4.2.1 ALLGEMEINE LINIENLASTEN

Linienlasten können auf vorhandene Objektlinien (Trägerbezugsachsen oder Ränder von Flächen) oder an zusätzlich gezeichnete Linien (z.B. auf einer Oberfläche) aufgesetzt werden.



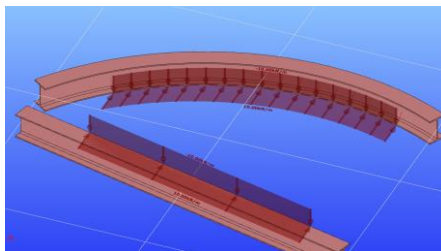
Linienlasten können im **globalen** (📐), **lokalen** (📏) oder **Benutzer-Koordinatensystem** (📊) platziert werden. Weiterhin verwendet man die **globale Projektion** (📐) zur Anbringung von (auf die Grundfläche bezogene) Schneelast auf geneigte Linien.

👉: In den Lastgrafiken werden die Lasten optisch korrekt auf die Dachlinien gezeichnet, die Lastordinaten sind aber die Werte der Projektion (mit GP gekennzeichnet).

Zur Platzierung von Linienlasten auf die gesamte Länge einer Linie verwendet man das (📐)-Icon. Die gleichzeitige Platzierung auf mehrere Linien ist mit dem „**PLATZIERE LASTEN**“ (📏)-Icon möglich. In diesem Fall sind die betreffenden Linien vor Aufruf des „**LINIENLAST**“-Fensters zu markieren.

Bei Linienlasten, die nur auf eine Teillänge von Linienobjekten gesetzt werden sollen, sind zwei Methoden möglich:

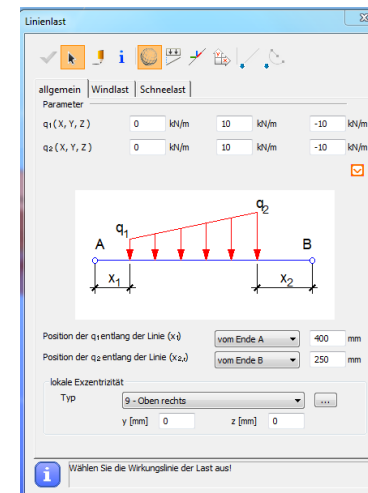
(1) mit der „**ZEICHNEN**“ (📏)-Funktion



Setzen Sie einen Start- und Endpunkt auf die Linie. Dies ist mit Hilfe der passenden „**ZEICHNEN**“- Option möglich.

Für gekrümmte Strukturobjekte stehen besondere Objekte (📏📐) zur Verfügung.

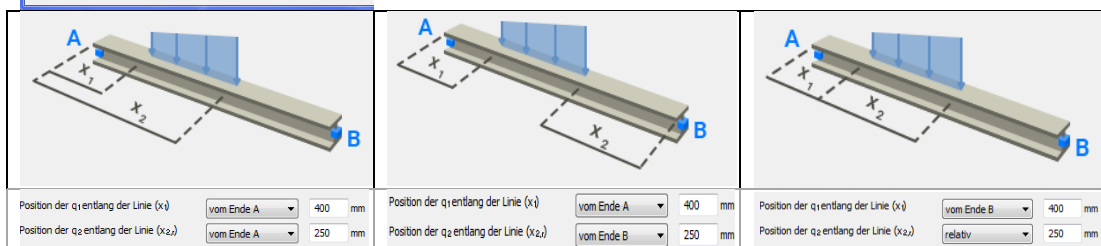
(2) Eingabe numerischer Koordinaten



Mit dieser Methode sind die Linienlasten mit ihren Abständen von Anfangs- und Endpunkt des Linienobjektes präzise festlegbar.

Mit den Ordinaten q_1 und q_2 für je eine Koordinatenrichtung sind bis zu 6 Eingaben möglich. Die Positionierungen von q_1 :

- (1) von Anfangspunkt A
- (2) von Endpunkt B
- (3) von Anfangspunkt A und von Endpunkt B
- (4) vom Endpunkt B und vom Anfangspunkt A
- (5) relativ vom Anfangspunkt A
- (6) relativ vom Endpunkt B



Auch Linienlasten können exzentrisch im Querschnitt angeordnet werden. Die Effekte des verwendeten Koordinatensystems, der Lastexzentrizitätstypen und -werte sind identisch zur Punktlagerung (→ Kap. 5.9.2).

Mit dem -Icon können die Attribute einer vorher markierten Linienlast ausgelesen und Dialogfenster übernommen werden.

6.4.2.2 LINIEN-WINDLAST

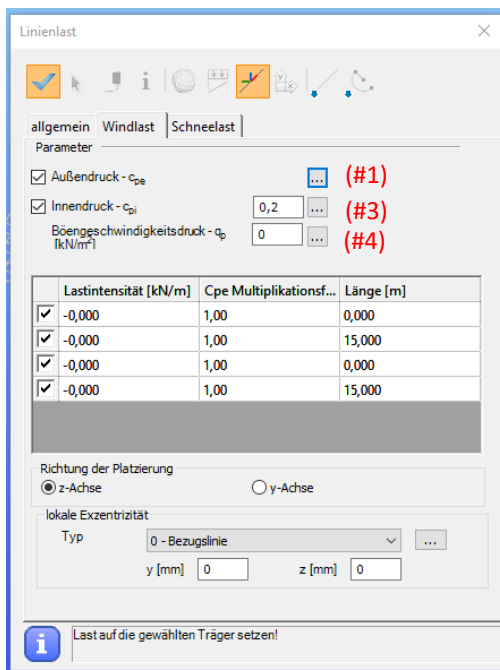


Ausdrücklich wird hier darauf hingewiesen, dass mittels des automatischen 3D-Windgenerators () (→ Kap. 6.7) die Windlinienlasten in einem 3D-Strukturmodell erheblich komfortabler erstellen lassen!

Die Erstellung von Linien-Windlasten ist ein leistungsstarkes Tool zur Erstellung der 2D-Windlastverteilung auf ebene regelmäßige Tragstrukturen (z.B. Hallen mit mehreren Bindern). Es spart erheblichen Eingabeaufwand und -zeit, da nur die Basisdaten einzugeben sind. **CS** berechnet dann automatisch die Windlastverteilung auf Wand- und Dachträger standardisierter Konstruktionen.

- ☞ denken Sie daran, dass bereits die entsprechenden Windlastfälle definiert (→Kap. 6.2) und jeweils eine davon vor der Linienlastdefinition ausgewählt (→Kap. 6.4) sein müssen.
- ☞ für die korrekten Wirkungsrichtungen der Linienlasten (ermittelt aus den Vorzeichen der c_p -Werte) muss kontrolliert (ggfs. korrigiert werden) werden, dass die lokale Windrichtungs-Koordinate (meistens die blaue z-Koordinate) des (der) Linienträger(s) aus dem Gebäude heraus zeigt
- ☞ bevor man das Linienlastfenster mit dem -Icon öffnet, (ist) sind der (die) Linienträger zu markieren, welche Windlasten erhalten sollen(getrennt für Dach- und Wandträger)

Dann sind bereits die Icons „**PLATZIERE LASTEN**“() und „**LOKALES KOORDINATENSYSTEM**“() voreingestellt! Die Windlastfunktionen befinden sich auf dem „**WINDLAST**“-Registerblatt des „**LINIENLAST**“-Dialogfensters.



Linienlast

allgemein Windlast Schneelast

Parameter

☒ Außendruck - c_{pe}  (#1)

☒ Innendruck - c_{pi} 0,2  (#3)

Böengeschwindigkeitsdruck - q_p 0  (#4)

Lastintensität [kN/m]	Cpe Multiplikationsf...	Länge [m]
☒ -0,000	1,00	0,000
☒ -0,000	1,00	15,000
☒ -0,000	1,00	0,000
☒ -0,000	1,00	15,000

Richtung der Platzierung

☒ z-Achse ☐ y-Achse

lokale Exzentrizität

Typ 0 - Bezugslinie

y [mm] 0 z [mm] 0

 Last auf die gewählten Träger setzen!

Zuerst ist der **Böengeschwindigkeitsdruck** q_p einzugeben. Alternativ zu der manuellen Eingabe eines Wertes können mit dem Icon ( #1) im nächsten Dialog „**AUSSENDRUCKBEIWERTE**“ vorher definierte Geschwindigkeitsdrucksituationen aus dem Klappmenü der Geschwindigkeitsdrücke ausgewählt werden.

Ist bereits eine Auswahl in der Tabelle vorhanden, kann eine davon ausgewählt und die dazugehörigen Windlinienlasten mit ihren resultierenden Lastintensitäten (aus Außen- und Innenwind) und Wirkungslängen angezeigt werden. Durch Ausschalten von Haken kann ggfs. nun eine Unterauswahl zum Platzieren getroffen werden, vorher definierte Geschwindigkeitsdrücke aus dem Klappmenü ausgewählt bzw. neue erstellt werden.

Außendruckbeiwerte

globale Windparameter

Geometrieparameter 1

...

Oberflächentyp

Satteldach

(#2)

konstante Parameter

#	h [m]	d _i [m]	α [°]
1	0,000	30,017	0,000

windrichtungsabhängig

Windrichtung [°]

0

b [m]

8

d [m]

6

belastete Fläche - Δ [m²]

10

e [m]

0

schematische Darstellung der Zonen mit Größenangaben

Position des Rahmens (x/b)

0,3

Rahmenabstand [m]

6

aktueller Cpe-Wert EN 1991-1-4:2007 Tabelle 7.4

#	α	F	G	H	I	J
1	0,000	-2,000	-1,200	-0,700	-0,600	-0,600
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200	0,200

1. Fall

schließen

OK

Innendruckberechnung

☒ dominierende Oberfläche vorhanden!

Quotient der Öffnungen der dominanten Fläche zu den Öffnungen der restlichen Flächen.

2

Referenzwert c_{pe}

1

☐ keine dominierende Oberfläche vorhanden!

Öffnungsverhältnis - μ

0,625

h/d

1

Innendruck - c_{pi}

0,75

Abbrechen

OK

Zur Neudefinition muss zunächst der Oberflächentyp (z.B. ein Dachtyp) gewählt werden und mit dem Icon (#2) werden die geometrischen Parameter der Windlastgenerierung in dem folgenden Dialog eingegeben:

geometrische Parameter der Windlastgenerierung

Name

Geometrieparameter 1

...

Grundwindrichtung (G\ve=0°) im globalen Koordinatensystem

+X

...

Gebäudeabmessungen zur Grundwindrichtung

parallel - d₀ [m]

6

senkrecht - b₀ [m]

8

belastete Fläche - A [m²]

10

Bodenhöhe - Z [m]

0

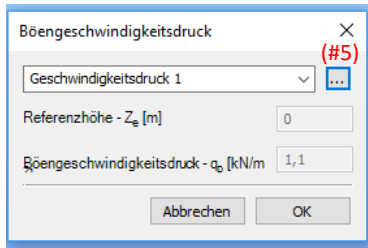
übernehmen

OK

Neben den windabhängigen Parametern sind mit dem relativen Wert $x/b \leq 1$ die Lage des Rahmens/Trägers (wird in Rot in die Grafik skizziert) sowie der Rahmen-/Trägerabstand anzugeben.

Unten können je nach Dachneigung bis zu 4 unterschiedliche Koeffizientenkombinationen erstellt werden (Fälle 1 bis 4), die dann als Windlastfälle bei der Erstellung der Einwirkungskombinationen zur Verfügung stehen.

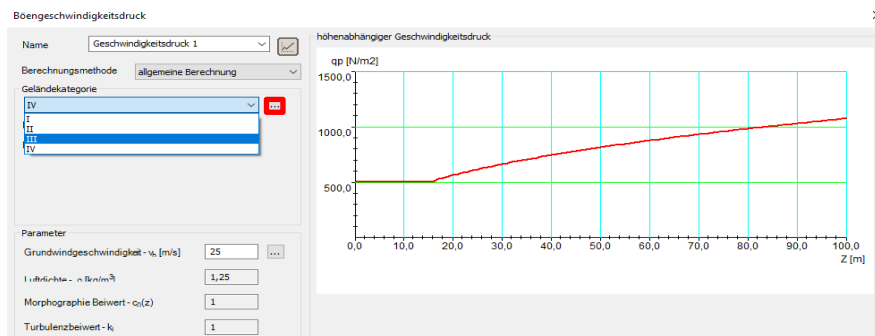
Mit dem Icon (#3) wird ein Dialog zur Bestimmung des Innendruckes c_{pi} in Abhängigkeit einiger Parameter geöffnet.



Das Icon (#4) öffnet den Dialog zur Bestimmung des Böengeschwindigkeitsdrucks q_p in Abhängigkeit einiger Parameter. Das Icon (#5) bietet die im EuroCode verankerten Methoden zur Berechnung der Drücke gemäß des aktiven (voreingestellten) NA's, um eine komplette Neudefinition der Windlinienlasten durchzuführen.

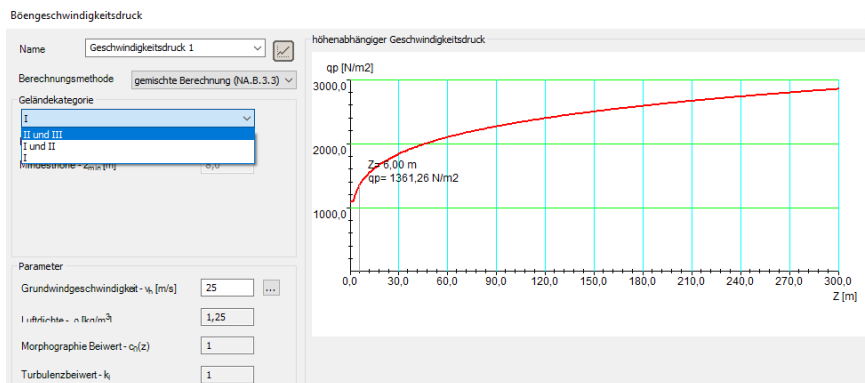
Im Folgenden werden die umfänglichen Möglichkeiten des **deutschen NA's** beschrieben, wobei die NA-unabhängige Vorgehensweise des EuroCodes der „**allgemeinen Berechnung**“ entspricht.

(1) allgemeine Berechnung (mit den Geländekategorien I bis IV):

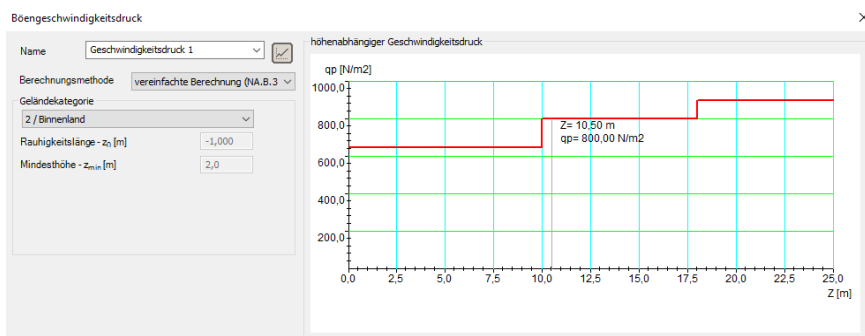


Das Icon (#5) zeigt eine Grafik mit textlicher Erläuterung der Geländekategorien

(2) gemischte Berechnung (mit den Mischgeländekategorien I, I/II und II/II):



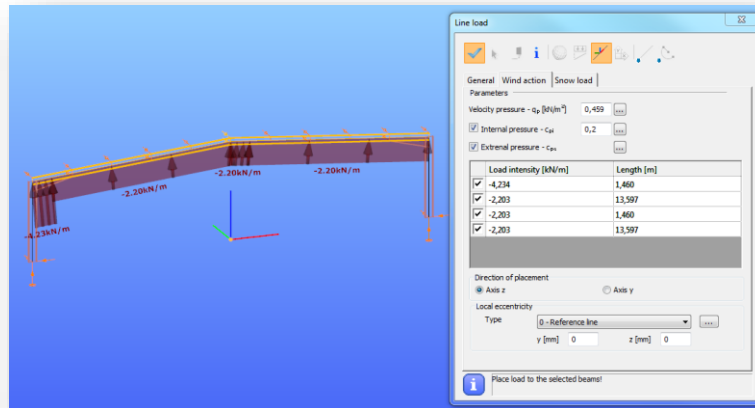
(3) vereinfachte Berechnung für Gebäudehöhen bis 25 m über OK Gelände:



Bei um 90° um die Trägerachse gedrehten Querschnitten ist noch als Windrichtung die y-Koordinate zu markieren.

- ☞ sehr wichtig ist die Entscheidung über den Lastangriffspunkt der Windlasten, denn dieser hat großen Einfluss auf die Resultate der Stabilitätsnachweise

Durch Mausklick auf das **„PLATZIERE LASTEN“** (📍)-Icon werden nun die Linienlasten auf das (die) vormarkierte(n) Bauteil(e) platziert.

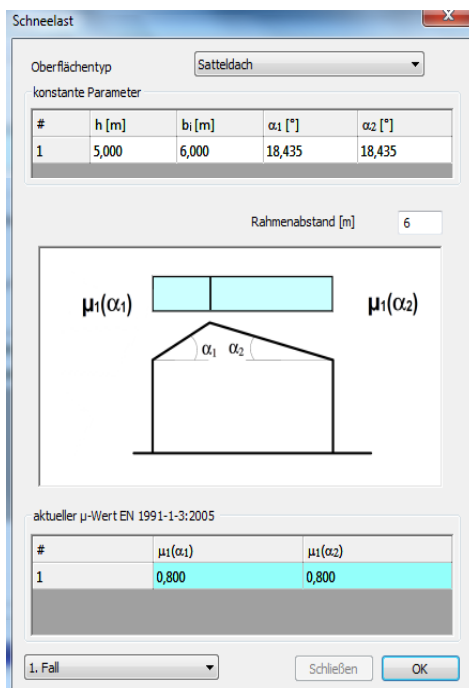
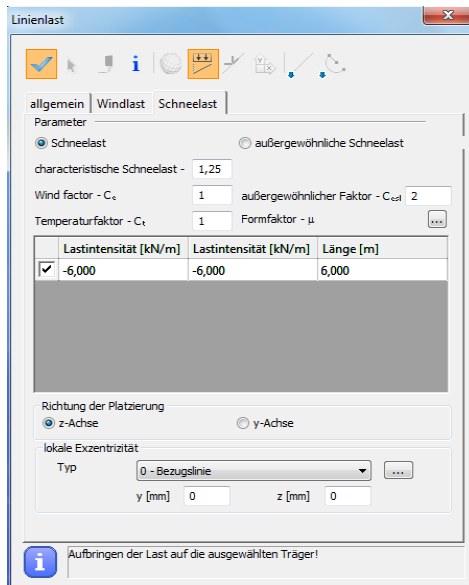


ZUR KORREKTEN PLATZIERUNG DER WINDLASTEN (WINDRICHTUNG!) IST UNBEDINGT VOR DER PLATZIERUNG ZU ÜBERPRÜFEN, DASS IM BENUTZTEN KOORDINATENSYSTEM DIE LOCALE ACHSE (z/BLAU) ODER y/GRÜN) AUS DEM GEBÄUDE HERAUS ZEIGT!

6.4.2.3 SCHNEE-LINIENLASTEN

Der halbautomatische Generator für die Schnee-Linienlasten erleichtert die Erstellung für die drei Schneelastfälle. Es müssen nur Basisdaten eingegeben werden und **CS** berechnet automatisch die Schneelasten.

- ☞ denken Sie daran, dass bereits die entsprechenden Schneelastfälle (z.B. Schnee vollflächig, etc.) definiert (→Kap. 6.2) und jeweils eine davon vor der Linienlastdefinition ausgewählt (→Kap. 6.4) sein müssen.
- ☞ bevor man das Linienlastfenster mit dem Icon (📐) öffnet, (ist) sind der(die) Linienträger zu markieren, die Schneelasten erhalten sollen. Dann ist bereits das **„PLATZIERE LASTEN“** (📍)-Icon voreingestellt!



Die Schneelastfunktionen befinden sich auf dem „**SCHNEELAST**“-Registerblatt des „**LINIENLAST**“-Dialogfensters. Durch dessen Wahl ist bereits das Icon „**GLOBALE PROJEKTION**“ (📐) aktiviert. Es wird also die Eingabe der charakteristischen Schneelast bzgl. der Grundfläche erwartet und diese wird über die Dachneigungswinkel automatisch umgerechnet. Die Parameter der Schneelast werden von **CS** automatisch aus den Angaben des jeweils aktiven NA's geladen, aber alle Angaben sind manuell änderbar.

Durch Klick auf den Schalter (☰) aktiviert man den **Schneelast-Dialog**.

Zunächst ist im oberen Klappmenü der **Oberflächentyp** (Flachdach, Satteldach, etc.) des Daches festzulegen. Damit ergeben sich bereits die in der oberen Tabelle aufgeführten Geometrie-parameter und die Neigungsbeiwerte μ_i .

Als letzter Schritt ist vom Benutzer zu entscheiden, welche der möglichen Neigungsbeiwerte μ_i zu kombinieren sind (bei Satteldächern sind beispielsweise 3 Fälle möglich). Diese (Schneelast-) Fälle sind unten links im Klappmenü wählbar, wobei sich die zugehörigen μ_i -Werte in der Tabelle und der Grafik gezeigt werden.

Durch Mausklick auf das „**PLATZIERE LASTEN**“ (📍)-Icon werden nun die Linienlasten auf das (die) vormarkierte(n) Bauteil(e) platziert.

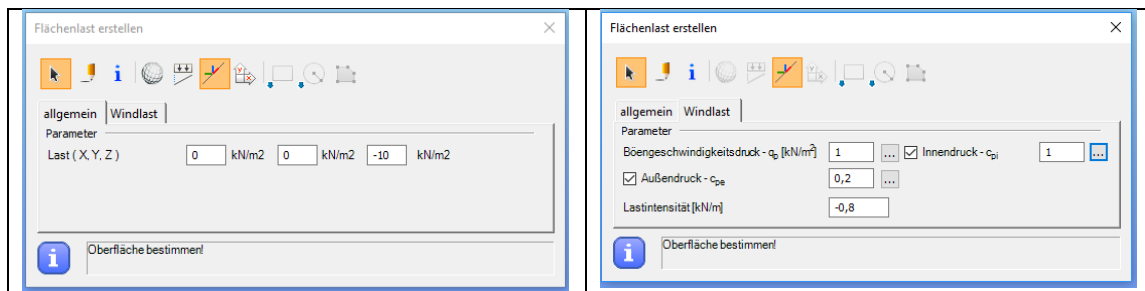
Mit „**OK**“ schließt man die Eingabemaske und kehrt in den Hauptdialog zurück.

Bei um 90° um die Trägerachse gedrehten Querschnitten ist hier noch als Windrichtung die y-Koordinate zu markieren.

🔴 sehr wichtig ist die Entscheidung über den Lastangriffspunkt der Windlasten, denn dieser hat großen Einfluss auf die Resultate der Stabilitätsnachweise

Durch Mausklick auf das „**PLATZIERE LASTEN**“ (📍)-Icon werden nun die Linienlasten auf das (die) vormarkierte(n) Bauteil(e) platziert.

6.4.3 FLÄCHENLASTEN ()



Flächenlasten werden mit der gleichen Vorgehensweise wie Punkt- oder Linienlasten erstellt. Es sind allgemeine Lasten und Windlasten möglich

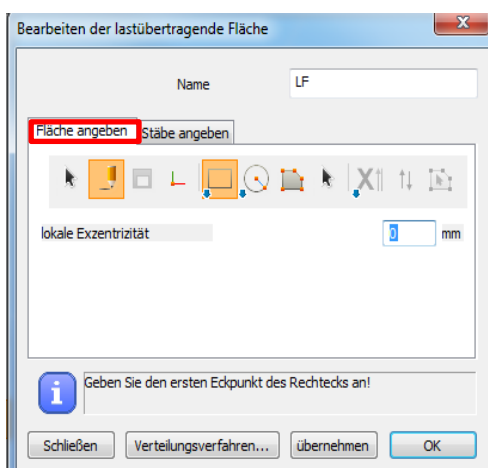
6.4.4 LASTÜBERTRAGUNGSFLÄCHEN ()

6.4.4.1 GRUNDSÄTZLICHES

Lastübertragungsflächen sind spezielle (künstliche nicht im Strukturmodell vorhandene) Flächen zur Umsetzung von Flächenlasten auf Linienlasten der abstützenden Bauteile. Das Tool ist besonders wertvoll, wenn Flächenlasten (z.B. Eis und Schnee) zweidimensional auf Linienelemente abzutragen sind.

Zunächst wird die Lastverteilungsfläche erstellt. Wählen Sie durch Mausklicke die Bauteile aus, die Linienlast aus der Lastfläche erhalten sollen, oder akzeptieren die Voreinstellung, dass alle in der Lastfläche befindlichen Bauteile Lasten erhalten sollen. Ordnen Sie bei entsprechenden Lastfällen die gewünschten Flächenlasten der Lastübertragungsfläche zu.

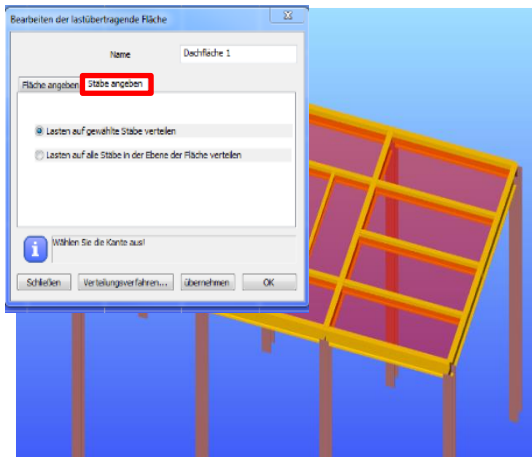
6.4.4.2 ERZEUGUNG VON LASTÜBERTRAGUNGSFLÄCHEN



Durch Mausklick auf das Icon „**LASTÜBERTRAGUNGSFLÄCHE**“ () auf dem Registerblatt „**LASTEN**“ erscheint das links dargestellte Dialogfenster. Es stehen verschiedene geometrische Oberflächen bereit:

- ✓ Rechteck,
- ✓ geneigtes Rechteck,
- ✓ Kreis
- ✓ Polygon

Mit „**OK**“ wird schließlich die Fläche angelegt. Sie wird allerdings erst wirksam, wenn Lasten zu geordnet werden.

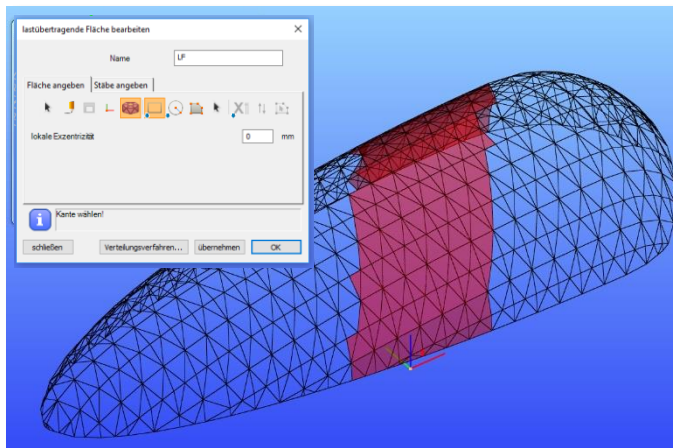


Nach Anlegen einer Fläche sind die lastübernehmenden Tragelemente zu bestimmen. Dazu erscheinen zwei Optionen:

- ✓ Verteilung der Last auf (durch Mausklicke) ausgewählte Bauteile
- ✓ Verteilung auf alle Bauteile, die sich mit der Lastverteilungsfläche treffen.

Bei der zweiten Methode werden automatisch die betreffenden Bauteile hell markiert. Die zweite Option gilt, wenn keine der beiden gewählt wurde.

Bei der ersten Option können Sie auch mit **SHIFT** + linkem Mausklick Einzelbauteile aus der bestehenden Auswahl entfernen.

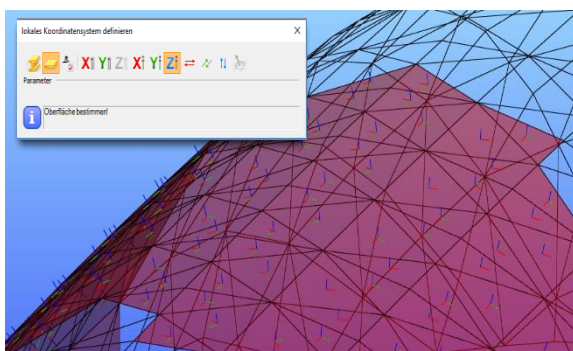


Mit dem Icon (🔍) "**MEHRFACHE PLATZIERUNG VON LASTÜBERTRAGUNGSFLÄCHEN**" können gleich mehrfache Übertragungsflächen mit einer Selektion (Rechteckselektion oder Mausklick auf Flächenränder) definiert werden und anschließend mit Lasten ausgestattet werden.

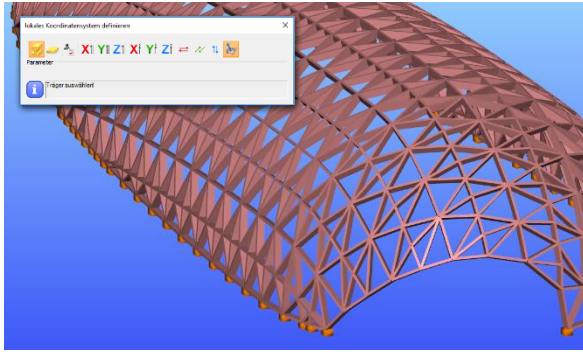
- 🔍 Ränder einer Lastübertragungsfläche müssen in einer Ebene liegen.

Mit "**OK**" werden schließlich die Oberflächen erzeugt.

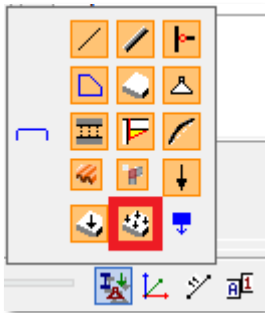
- 🔍 Die maximale Anzahl Ränder beträgt 200. Sonst wird eine Fehlermeldung erzeugt.



Die lokalen z-Achsen der Koordinatensysteme aller individuell im Raum orientierten Lastübertragungsflächen müssen für eine korrekte Lastplatzierung nach außen zeigen. Die links gelb unterlegten Icons erlauben das gleichzeitige Setzen der lokalen Koordinatenachsen (hier: z-Achse) aller Einzelflächen, indem auf einen inneren Punkt der Struktur geklickt wird.



Mit den gelb unterlegten Icons können auch die lokalen Koordinatensysteme von Trägerquerschnitten sehr einfach den Richtungen der betroffenen Freiformflächen angepasst werden.



Flächenlasten werden auf die Übertragungsflächen gemäß Kap. 6.4.3 platziert.

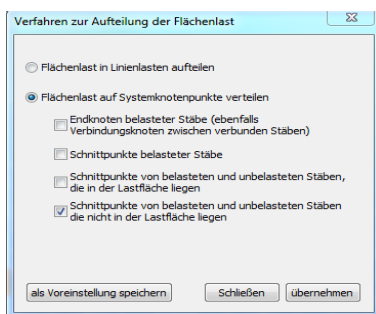
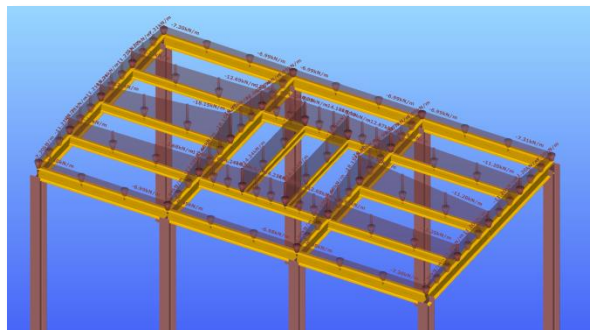
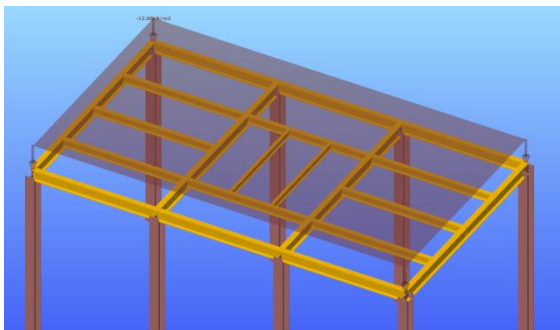
Die Flächenlasten und ihre unterstützenden Linienlasten sind auf 2 Arten sichtbar zu machen:

Der Ansichtswechsel erfolgt mit dem Sichtbarkeits-Icon für verteilte Flächenlasten.

Mit dem Schalter „**VERTEILUNGSVERFAHREN**“ *an/aus* am unteren Bildschirmrand kann man sich auch zwischen zwei Methoden der Lastübertragung entscheiden:

Nach der Lastzuordnung gibt es zwei Ansichtsmöglichkeiten:

Darstellung
der Übertragungsfläche oder der erzeugten Linienlasten



Verteilung der Flächenlast mit Hilfe der Systemknotenpunkte mit folgenden Regeln:

- (1) die Flächenlast wird zunächst mit der Delaunay-Triangulationstechnik zu den Punktlasten umgerechnet, deren Lage vom Benutzer vorher festgelegt wurden
- (2) die Punktlasten werden anschließend zu Linienlast verschmiert und auf die zuvor selektierten Bauteile aufgebracht

Dabei gelten die folgenden Regeln:

- ▶ die Resultierenden der Flächenlast und die Summe der Linienlasten ist gleich
- ▶ die Linienlasten sind auf allen stützenden Bauteilen *linear* (aber nicht identisch)
- ▶ die Endwerte der linear verteilten Linienlasten sind an allen vorgewählten Strukturpunkten der vorgewählten Bauteilen identisch

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Erstellen Sie zunächst die Lastverteilungsfläche(n)
2. Wählen Sie die Bauteile aus, auf die die Flächenlast(en) zu verteilen sind oder akzeptieren Sie die voreingestellte Methode der Gleichverteilung auf alle in der/den Ebene(n) liegenden Bauteile.
3. Platzieren Sie Flächenlasten auf die Lastflächen für die betreffenden Lastfälle

6.4.4.3 ÄNDERN VON LASTÜBERTRAGUNGSFLÄCHEN

	Lastübertragende Fläche (1)	
	Name der lastübertrager	LTSS
	Flächenform ID	Hauptmodell_id=96398
	Stäbe auswählen	gewählte Stäbe
	Verteilungsmethode	Tragwerkspunkt
	Lastausmitte Z [mm]	0

Zur Veränderung einer markierten Lastübertragungsfläche benutzt man das zugeordnete Objektfenster unten rechts im Bildschirm, das sich bei Markierung einer Lastübertragungsfläche im Grafikeditor öffnet.

Mit dem blauen Haken in der Zeile „**Stäbe auswählen**“ kann man die zur markierten Lastübertragungsfläche gehörenden lastübernehmenden Stäbe sichtbar machen.

Es sind 3 Aktionen möglich:

- ✓ durch Klicken auf den Text kann man von gewählten Stäben auf alle Stäbe wechseln
mit Klick auf den schwarzen Pfeil können zuvor gewählte unterstützende Tragelemente gelöscht und/oder hinzugefügt werden.

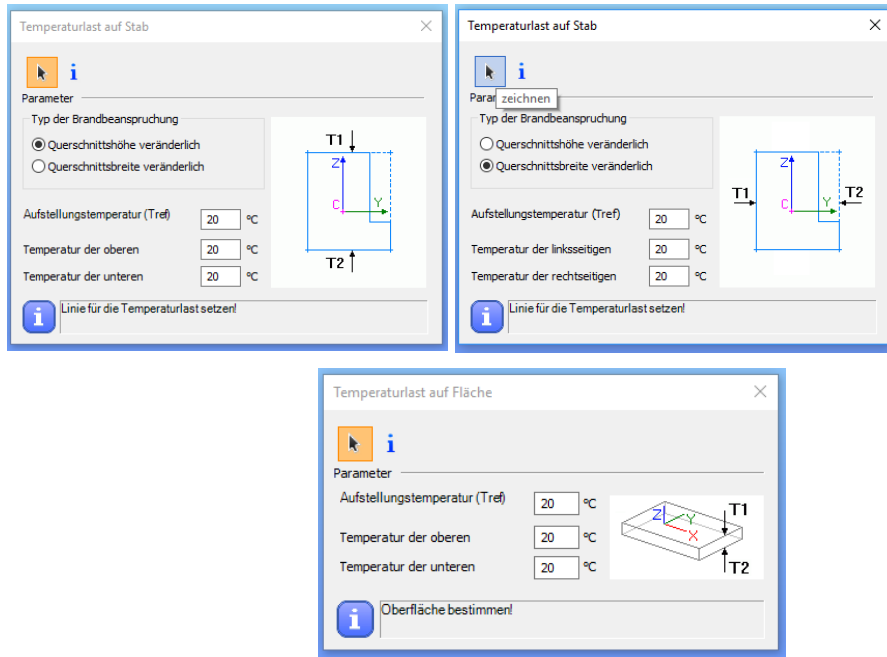
6.4.5 TEMPERATUR-EINWIRKUNG ()

Stäbe () und Flächen () können mit Temperaturen beaufschlagt werden

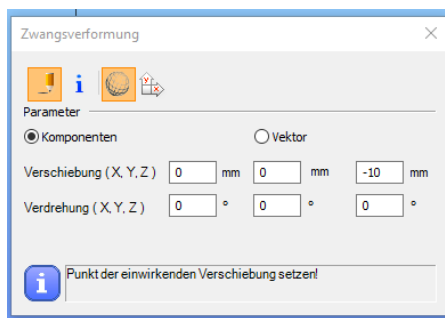
Bei Stäben wählen Sie zunächst die Richtung des Temperaturgradienten (über Querschnittshöhe oder –breite). Dann sind die Aufstellungstemperatur und die Temperaturen der oberen (bzw. linksseitigen) und unteren (bzw. rechtsseitigen) Kante einzugeben.

Bei Flächen ist ebenso vorzugehen, wobei nur unterschiedliche Temperaturen an den Ober- und Unterflächen eingebbar sind.

Schließlich wählen Sie im Grafikeditor die Stäbe/Flächen aus, die diese Temperaturen erhalten sollen.



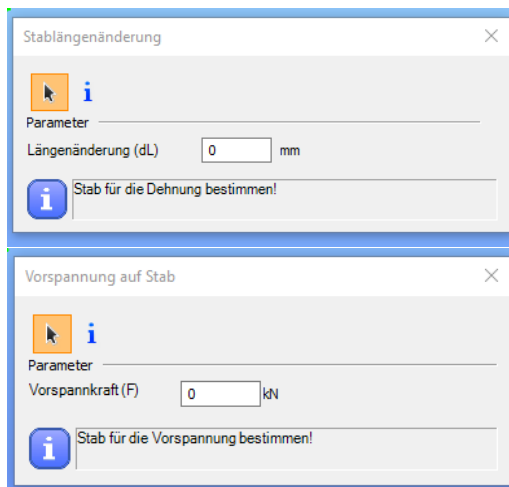
6.4.6 ZWANGSVERFORMUNGEN VON LAGERN ()



Alle Arten von Punktlagern können mit Zwangsverformungen (Verschiebungen/Verdrehungen) beaufschlagt werden.

Die Verformungen sind **global** () oder im **benutzerdefinierten Koordinatensystem** () als Komponente oder Vektoren mit (3 Komponenten) definierbar.

6.4.7 VORSPANNWEGE (), VORSPANNKRÄFTE ()



Mit der Funktion "**ZWANGSVERFORMUNG**" () kann eine Vorspannung durch Vorgabe eines punktuell definierten Vorspannweges dL (z.B. Spannschloss) in einen Stab eingebracht werden.

Mit der Funktion "**VORSPANNUNG**" () kann ein Vorspannkraft F in einen Stab eingebracht werden.

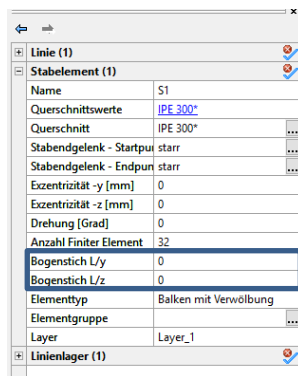
6.5 IMPERFEKTIONEN

6.5.1 ALLGEMEINES

Die Imperfektionsmethode zum Tragfähigkeitsnachweis verwendet die elastische Theorie 2. Ordnung. Nach DIN EN 1993-1-1 ist (bis auf einige unbedeutende Ausnahmen) die Verwendung von geometrischen Ersatzimperfektionen (im Folgenden kurz „Imperfektionen“ oder „Vorverformungen“ genannt) zwingend vorgeschrieben. Insbesondere bei Tragwerken ohne Querlasten (z.B. nur zentrische Normalkräfte vorhanden) können ohne Vorverformungen keine Beanspruchungen 2. Ordnung berechnet und damit keine Tragfähigkeitsnachweise geführt werden.

Wie DIN EN 1993-1-1 auch unterscheidet **CS** zwischen lokalen (stabbezogenen) und globalen (strukturbezogenen) Imperfektionen (spannungsfreie Vorverformungen).

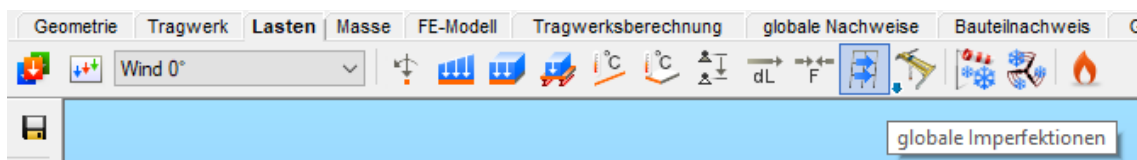
6.5.2 LOKALE IMPERFEKTIONEN



Lokale Imperfektionen werden in der Objekttabelle eines Stabes als auf die geometrische Länge des Stabes bezogene Werte eingegeben. Die Objekttabelle erscheint durch Markierung eines Stabes im Grafikeditor.

Lokale Imperfektionen sind spannungsfreie Stabvorverkrümmungen (Sinusfunktion), deren maximale Stiche y oder z in Feldmittel als dimensionslose Kehrwertverhältnisse L/y und L/z einzugeben sind (BSP: $L/300$ wird mit 300 eingegeben). „ z “ bedeutet eine Verformung in z -Richtung des Stabes.

6.5.3 GLOBALE IMPERFEKTIONEN



Mit der Funktion „**GLOBALE IMPERFEKTIONEN**“ () werden Vorverformungen für das gesamte Strukturmodell definiert, die erst später bei der Parametereingabe der Tragwerksberechnung (→ Kap. 8.4) dem Tragwerk zugeordnet werden.

Es können verschiedene Arten von globalen Vorverformungen erstellt werden, aber nur ein Typ kann später zur Tragwerksberechnung verwendet werden.

6.5.3.1 KNOTENLASTEN

zusätzliche Knotenlasten:

Diese (einfache) aus Amerikanischen Vorschriften stammende Vorgehensweise ist bei Anwendung von EC's **nicht empfohlen**, da zusätzliche Horizontallasten in die Struktur eingebracht werden, die in der Realität nicht vorhanden sind!

globale Imperfektionen

zusätzliche Knotenlasten | Anfangsimperfektion | äquivalente Eigenform

☒ äquivalente Ersatzlasten verwenden

Multiplikator für die Ersatzlasten (N_i)

aktuelle Lastgruppen

Lastgruppe
☒ ständig
☒ Schnee

aktuelle Lastkombinationen und Richtungen

be...	Lastfallkombination	Richtung
☒	Lastfallkombination-1	automatisch
☒	Lastfallkombination-2	automatisch
☒	Lastfallkombination-3	automatisch
☒	Lastfallkombination-4	automatisch
☒	Lastfallkombination-5	automatisch
☒	Lastfallkombination-6	automatisch
☒	Lastfallkombination-7	+X
☐	Lastfallkombination-8	automatisch
☐	Lastfallkombination-9	automatisch
☐	Lastfallkombination-10	-Y
☐	Lastfallkombination-11	automatisch
☐	Lastfallkombination-12	automatisch
☐	Lastfallkombination-13	automatisch
☐	Lastfallkombination-14	automatisch
☐	Lastfallkombination-15	automatisch

schließen übernehmen OK

Die zusätzlichen Knotenlasten sind äquivalente Ersatzlasten, die am oberen Ende von Stützen angebracht werden, um Stützenschiefstellungen zu simulieren. Die globalen Richtungen können automatisch bestimmt oder manuell festgelegt werden.

Der Multiplikator (N_i) kann aus einer Tabelle ausgewählt oder eigenständig eingetragen werden. Dieser Faktor legt fest, wieviel Prozent der Normalkraft jedes Stabes als zusätzliche (künstliche) Horizontallast berücksichtigt wird. Der Wert kann zwischen 0 und 1 liegen.

Mit **“ÜBERNEHMEN”** oder **“OK”** werden die Lasten erzeugt.

6.5.3.2 ANFANGSIMPERFEKTION (STABSEHNENSCHIEFSTELLUNGEN)

globale Imperfektionen

zusätzliche Knotenlasten | Anfangsimperfektion | äquivalente Eigenform

Name

Richtung der Imperfektion

☒ +X ☐ -X ☐ +Y ☐ -Y

☐ individueller Winkel bzgl. X-Achse Grad

Höhe der Bezugsebene eingeben

☒ niedrigster Punkt des Modells

☐ individuelle Höhe eingeben:

Imperfektion

Imperfektion (1/Fi):

EN 1993-1-1 (5.3.2): $F_i = F_{i,0} \times \alpha_{fa,h} \times \alpha_{fa,m}$ ($200 \leq 1/F_i \leq 424,26$)

schließen übernehmen OK

Anfangsimperfektionen gelten für **alle Stützen** des Strukturmodells.

Mit dem Schalter **“NEU”** können verschiedene Schiefstellungen benannt und definiert werden, die mit **„LÖSCHEN”** auch gelöscht werden können.

Es sind die Richtung, die Bezugsebene und der Kehrwert des Imperfektionsfaktors ($1/F_i$) zu definieren, wobei die Berechnungsformel des EC's angegeben wird.

Mit **“ÜBERNEHMEN”** oder **“OK”** werden die Imperfektionen erzeugt.

6.5.3.3 EIGENFORMBASIERTE VORVERFORMUNGEN

6.5.3.3.1 VERWENDUNG

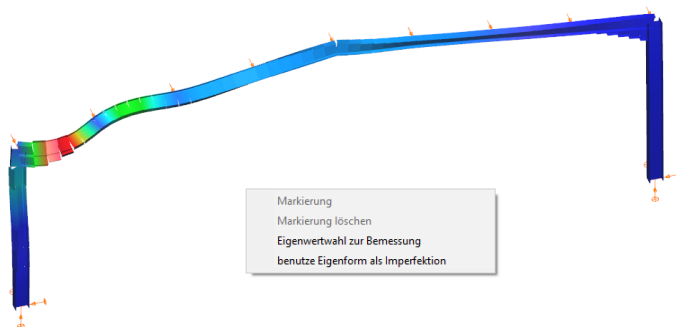
Eigenformen sind die ebenen oder räumlichen Verformungen im Zustand des elastischen Stabilitätsversagens (z.B. Euler Knickfigur) und nicht zu verwechseln mit den lastabhängigen Verformungen. Die Eigenformen sind immer nur qualitativ bestimmt aber **in ihrer Größe beliebig!** Daher muss bei der Anwendung einer Eigenform als Vorverformung deren absolute Größe bestimmt werden, was allgemein in DIN EN 1993-1-1 nicht enthalten ist. Die sinnvolle Anwendung von Eigenformen ohne geeignete DV-Programme ist allgemein nicht möglich, aber die wohl beste Art von Vorverformungen.

6.5.3.3.2 ERSTELLUNG

Zur Definition von eigenformbasierten Vorverformungen sind zunächst die Eigenformen zu berechnen und grafisch darzustellen (→ Kap. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

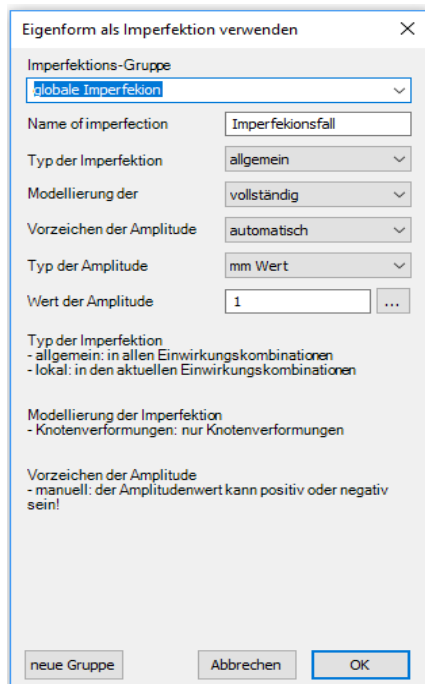


In der Rubrik **“EIGENANALYSE”** des Tabulators **“TRAGWERKSBERECHNUNG”** werden für jede Lastfallkombination und jeden Eigenwert die zugehörigen Eigenformen grafisch dargestellt.



Wenn eine gewünschte Eigenform ausgesucht ist, dann wird mit Klick der **rechten** Maustaste in den Grafikbereich ein Auswahlfenster geöffnet. Hier wählen Sie:

“BENUTZE EIGENFORM ALS IMPERFEKTION” und eine Dialogbox zur Parametereingabe öffnet sich:



► **Imperfektions-Gruppe:**

Jede Eigenform kann zu einer Imperfektions-Gruppe gehören, die aus der Liste wählbar oder neu erstellbar ist. Eine Gruppe kann aus mehreren Eigenformen gebildet werden, die bei ihrer Anwendung zu einer Gesamtform addiert (überlagert) werden. Mit **“NEUE GRUPPE”** wird eine neue/weitere Gruppe erstellt.

► **Name der Imperfektion:**

neuer Name der aktuellen Imperfektion

► **Typ der Imperfektion:**

- **allgemein:** die Imperfektion wird bei allen Einwirkungskombinationen berücksichtigt
- **lokal:** die Imperfektion wird nur in derjenigen Einwirkungskombination berücksichtigt, die die betreffende Eigenform erzeugt hat

► **Modellierung:**

- **vollständig:** alle Freiheitsgrade der Eigenform (Knotenwege, -rotationen, Verwölbung) werden für die äquivalente Vorverformung berücksichtigt
- **Knotenverformungen:** nur die Knotenwege sind berücksichtigt

 **ACHTUNG:** bei Verwendung identischer Eigenformen und Amplituden ergeben sich mit einer vollständigen Modellierung der Vorverformungen (s.u.) im zur Bemessung

maßgebenden Bereich meistens deutlich größere Beanspruchungen als wenn nur die Knotenwege berücksichtigt werden!

Da die im folgenden beschriebenen Methoden zur Berechnung der Amplituden nach Eurocode lediglich auf die Vorgabe von Knotenwegen kalibriert sind, sollte entweder diese Methode benutzt oder bei vollständiger Modellierung die Amplituden reduziert werden, um keine unwirtschaftlichen Ergebnisse zu erzeugen

► **Vorzeichen der Amplitude:**

- **automatisch:** die Richtung der Vorverformung wird passend für jede einzelne Einwirkungskombination bestimmt; für den lokalen Imperfektionstyp ist nur die manuelle Option möglich
- **manuell:** Richtung der Vorverformung entspricht dem Vorzeichen des Eingabewertes

► **Typ der Amplitude:**

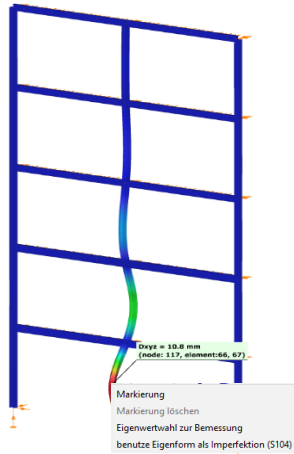
- **mm Wert:** der maximale Wert [mm] der Vorverformung ist inkl. Vorzeichen explizit anzugeben: Alle zugehörigen Verformungswerte der Vorverformung werden maßstäblich angepasst.
- **Multiplikationsfaktor:**
die Verformungswerte der Eigenform werden mit dem Faktor multipliziert: **(nicht empfohlen, denn die Werte der Eigenform sind willkürlich (zufällig))**
- **Wert der Amplitude:** Wert des vorher bestimmten Amplitudentyps wird manuell angegeben oder mit dem Schalter  genauer ermittelt

Mit **“OK”** wird letztlich die Eigenform zur äquivalenten Vorverformung.

6.5.3.3.3 AUTOMATISCHE AMPLITUDENBERECHNUNG

Eine z.Zt. schwerwiegende Beeinträchtigung zur Anwendung der Vorverformungen bei der Imperfektionsmethode besteht in der Angabe der korrekten Amplitude, sodass die darauf basierenden Tragfähigkeitsnachweise sowohl sicher als auch wirtschaftlich sind.

- 🔧 DIN EN 1993-1-1 macht hierzu leider nur sehr eingeschränkte Angaben. Diese wurden für gabelgelagerte Einfeldträger mit konstantem doppelsymmetrischem Profil und konstantem Druck (Biegeknicken) bzw. konstantem Moment M_y (Biegedrillknicken) entwickelt und kalibriert und sind streng genommen nur dafür korrekt. Sie hängen u. A. von Querschnittstyp, -eigenschaften und der Knicklinie ab.
Der Programmanwender muss sich zunächst für einen Referenzstab (markant/dominant/relevant verformt) entscheiden, auf den sich die nachfolgende Amplitudenberechnung bezieht, denn **CS** kann nur die EC-Methoden anwenden, die sich auf den Referenzstab (gabelgelagerter Einfeldträger) beziehen.

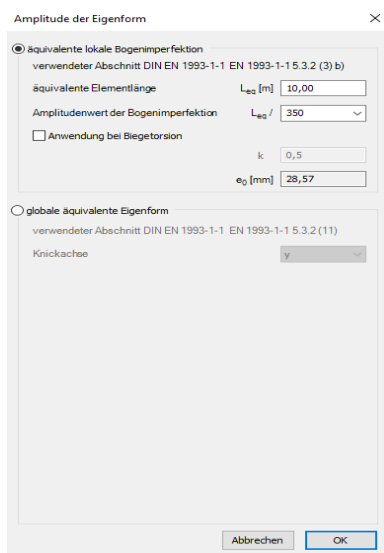


Mit einem Klick der **rechten** Maustaste direkt auf ein dominant verformtes Bauteil öffnet sich ein Auswahlfenster. Hier wählen Sie: **“BENUTZTE EIGENFORM ALS IMPERFEKTION”**. Zusätzlich ist die Stabnummer (hier: S104) angegeben.

Zur automatischen Amplitudenberechnung benutzen Sie den Schalter (☰) hinter dem Eingabefeld **“Wert der Amplitude”** (→Eingabedialog in Kap. 6.5.3.3.3).

Zwei Arten der Amplitudenberechnung stehen zur Verfügung:

1. mittels äquivalenter lokaler Bogenimperfektion (Stabvorverkrümmung)



• Biegekicken

Diese Option benutzt die Angaben der EN 1993-1-1 / 5.3.2(3)b bzw. (z.T.) stark abweichende Angaben gemäß des deutschen NA's zu **DIN EN 1993-1-1**. Es sind **$e_{0,d}/L$** -Werte in Abhängigkeit der Knicklinie und der elastischen/plastischen Nachweisführung tabellarisch angegeben. Problematisch kann die Angabe (Eingabe) der korrekten äquivalenten Stablänge L_{eq} sein, die nicht unbedingt der geometrischen Stablänge entspricht (eine Näherung könnte die optische Abschätzung des Abstandes der Wendepunkte der Eigenformgrafik sein).

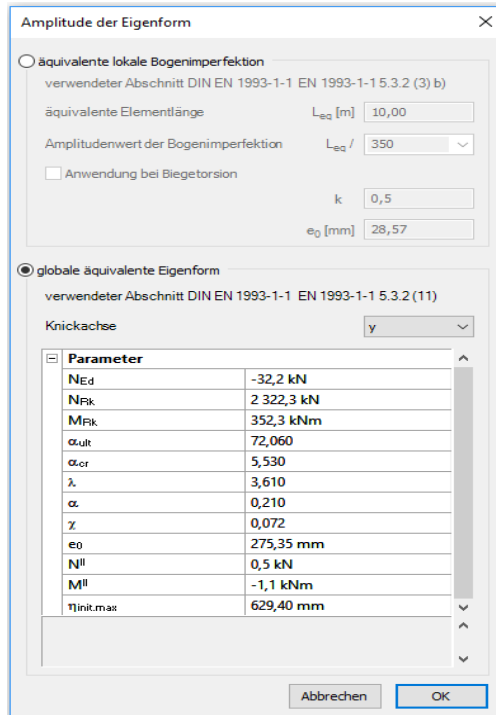
• Biegedrillknicken

EN 1993-1-1, 5.3.4(3) empfiehlt, die Werte des Biegeknickens mit dem Faktor (k) abzumindern (meist 0,5).



Gemäß **DIN EN 1993-1-1**, 5.3.4(3) darf der Faktor (k) nicht verwendet werden! Stattdessen sind die Werte der Tabelle NA.2 des deutschen NA's zu verwenden, die im Schlankheitsbereich $0,7 \leq \bar{\lambda} \leq 1,3$ noch zu verdoppeln sind.

2. mittels globaler äquivalenter Eigenform



Amplitude der Eigenform

☐ äquivalente lokale Bogenimperfection
verwendeter Abschnitt DIN EN 1993-1-1 EN 1993-1-1 5.3.2 (3) b)

äquivalente Elementlänge L_{eq} [m] 10,00

Amplitudenwert der Bogenimperfection $L_{eq} /$ 350

☐ Anwendung bei Biegetorsion

k 0,5

e_0 [mm] 28,57

☒ globale äquivalente Eigenform
verwendeter Abschnitt DIN EN 1993-1-1 EN 1993-1-1 5.3.2 (11)

Knickachse y

Parameter	
N_{Ed}	-32,2 kN
N_{Rk}	2 322,3 kN
M_{Rk}	352,3 kNm
α_{ult}	72,060
α_{cr}	5,530
λ	3,610
α	0,210
χ	0,072
e_0	275,35 mm
N^II	0,5 kN
M^II	-1,1 kNm
$\eta_{init,max}$	629,40 mm

Abbrechen OK



Diese Methode ist nur sinnvoll verwendbar, wenn der relevante Stab dominante Normalkräfte und nur moderate oder keine Momente M_y hat.

Diese Methode basiert auf DIN EN 1993-1-1/5.3.2 (11). Sie berechnet die Amplitude der eigenformbasierten Vorverformung unter Berücksichtigung der relevanten Knickachse mit den folgenden Schritten:

- (1) Berechnung der Beanspruchungen an den FE-Knoten des gewählten Bauteils entsprechend der gewählten Knickachse aus der Verformungsfigur.
- (2) Ermittlung der bemessungskritischen Stelle, an der das relevante Moment (M_y oder M_z berechnet in (1)) am größten ist.
- (3) Auslesung der relevanten Parameter und Ausgabe in die Parametertabelle:

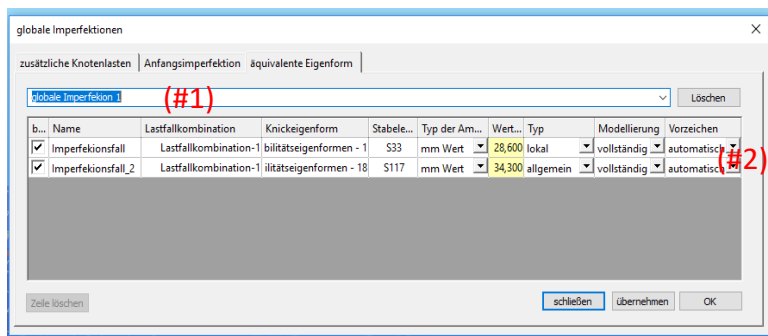
- i. **Normalkraft** [N_{Ed}] nach Theorie 1. Ordnung (ohne Imperfektion!),
- ii. wobei es sich um eine Druckkraft handeln muss
- iii. **Biegemoment** (M_y oder M_z , hier bezeichnet als M^II und als $EI\eta_{cr,max}$ im EC)
- iv. **Querschnittswerte** (Querschnittsklasse bei Druck, Fließspannung, Fläche, maßgebendes Widerstandsmoment (W_y oder W_z), maßgebende Knickkurve)

Schließlich wird die im EC mit $\eta_{init,max}$ bezeichnete Amplitude berechnet.

Bei beiden Methoden wird mit **„OK“** die Amplitude in das Feld „Wert der Amplitude“ in der Dialogbox (→ Kap. 6.5.3.3.3) eingetragen.

6.5.3.3.4 VERWENDUNG GLOBALER IMPERFEKTIONEN

Zuvor erzeugte Imperfektionsgruppen und Imperfektionsfälle (benutzte Eigenformen) können mit dem Tabulator **„ANWENDUNG VON EIGENFORMEN“** im Dialog **„GLOBALE IMPERFEKTIONEN“** verwaltet werden.



globale Imperfektionen

zusätzliche Knotenlasten Anfangsimperfektion äquivalente Eigenform

globale Imperfektion 1 (#1)

b...	Name	Lastfallkombination	Knickform	Stabe...	Typ der Am...	Wert...	Typ	Modellierung	Vorzeichen
☒	Imperfektionsfall	Lastfallkombination-1	bilitätseigenformen - 1	S33	mm Wert	28,600	lokal	vollständig	automatisch
☒	Imperfektionsfall_2	Lastfallkombination-1	ilitätseigenformen - 18	S117	mm Wert	34,300	allgemein	vollständig	automatisch

Zelle löschen

schließen übernehmen OK

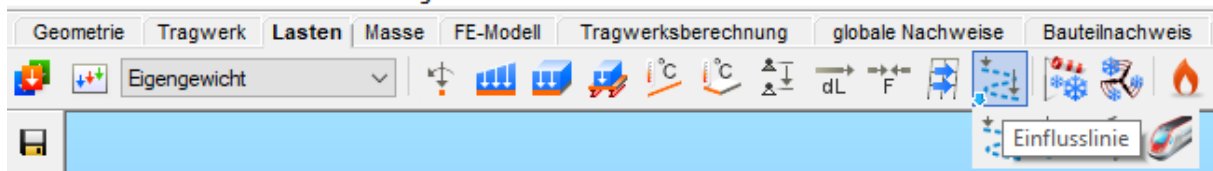
Im oberen Drop-Down-Menü (#1) kann zwischen den Imperfektionsgruppen gewechselt werden. Mit dem rechts davon befindlichen Schalter **„LÖSCHEN“** kann eine Gruppe gelöscht werden.

Der mittlere Teil des Dialogs (#2) zeigt die Imperfektionsfälle (benutzte Eigenformen) der aktuell selektierten Imperfektionsgruppe. Mit den Hakenboxen können hier

Imperfektionsfälle aktiviert oder deaktiviert werden. Die folgenden Spalten zeigen die zuvor Mit **„ZEILE LÖSCHEN“** kann der markierte Imperfektionsfall aus der Imperfektionsgruppe gelöscht werden.

6.6 BEWEGLICHE LASTEN

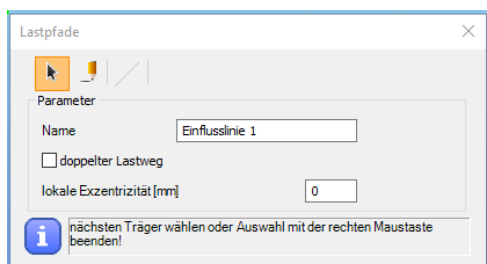
EuroCode basierte und benutzerdefinierte Kran- und Zuglasten können erzeugt und auf das vorher erstellte Strukturmodell manuell oder mittels Einflusslinien platziert werden.



6.6.1 LASTPFADE ()

Um eine Last(gruppe) auf das Strukturmodell zu platzieren oder eine Einflusslinie zu berechnen, ist zunächst der **„LASTPFAD“** zu beschreiben.

Die Träger des Lastpfades müssen in einer Linie liegen und sind zu verbinden.



Lastpfade können mittels Auswahl () oder Zeichnen () definiert werden.

Mit () werden alle Objekte mit der linken Maustaste markiert, die zu einem Lastpfad gehören sollen. Das Auswählende erfolgt mit der rechten Maustaste.

Mit () können der Start- und Endpunkt einer Linie bestimmt werden. Der **„LASTPFAD“** besteht dann aus allen Objekten unterhalb der Linie.

Die mit dem Lastweg gekoppelte Einflusslinie ist zu benennen. Doppelte Lastwege (z.B. linke und rechte Trägerschiene eines Krans) können mit der Markierungsbox erzeugt werden. Die lokale Exzentrizität misst in z-Richtung des zugehörigen Trägers.

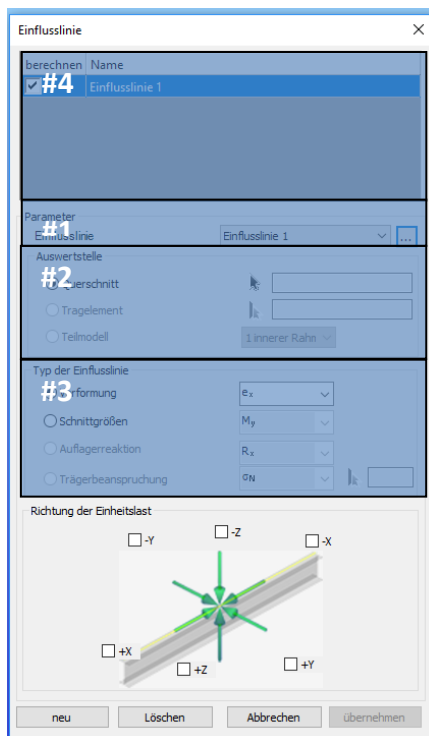
6.6.2 EINFLUSSLINIEN

6.6.2.1 ERSTELLUNG VON EINFLUSSLINIEN ()

Zur Berechnung einer *Einflusslinie* sind zunächst deren Parameter festzulegen.

Zunächst ist einer der vorher erzeugten Lastpfade aus dem Drop-Down-Menü (#1). Falls noch keine vorhanden ist, kann mit () ein neuer Pfad erstellt werden.

Danach ist im Dialogbereich (#2) eine Stelle des Strukturmodells als Auswertstelle der Einflusslinie zu bestimmen. Dies erfolgt mit dem Schalter (), wobei anschließend im Grafikeditor mit der Maus auf eine beliebige Stelle der Struktur geklickt und damit der dort befindliche Trägerquerschnitt markiert wird. Im numerischen Feld werden dann die zugehörige Stabnummer und die lokale Koordinate des Querschnitts angegeben. Jede Stelle eines beliebigen Trägers der Struktur ist wählbar, insbesondere auch Stellen außerhalb der Lage des Lastpfades.



Im Definitionsbereichs (#3) können drei Arten von Einflusslinien festgelegt werden:

- ▶ für **lokale Verformungskomponenten**
 - Verschiebungen (e) in x-, y- oder z-Richtung
 - Rotation (ϕ) um die x-, y- oder z-Achse
- ▶ für **interne Beanspruchungen**
 - Biegemoment M_y oder M_z
 - Normalkraft N
 - Querkraft V_z oder V_y
 - Torsionsmoment T ($\equiv M_T$)
 - (Wölb-)Bimoment B ($\equiv M_\omega \equiv M_w$)
- ▶ für **externe Beanspruchungen**
 - globale Auflagerkräfte (R) in X-, Y- oder Z-Richtung
 - globale Einspannmomente um die X-, Y- oder Z-Achse

Zuletzt ist (sind) in der unteren Grafik die Richtung(en) der dimensionslosen Wanderlast(en) $F = 1$ [-] festzulegen, wobei simultane Wanderlasten zu simultanen Grafiken der Einflusslinien führen.

Mit **„ÜBERNEHMEN“** werden die Einstellungen gültig gemacht. Mit **„NEU“** kann eine weitere Einflusslinie definiert werden.

6.6.2.2 VERWALTUNG VON EINFLUSSLINIEN

Im Tabellenbereich des Dialogs (#4) können die Einflusslinien verwaltet werden. Alle Einflusslinien können selektiert, berechnet und deren Grafiken erstellt werden.

Die Parameter einer mit der Maus blau markierten Einflusslinie sind veränderbar und werden mit **„ÜBERNEHMEN“** gültig. Markierte Einflusslinie(n) können mit **„LÖSCHEN“** gelöscht werden.

Mit Setzen des (der) Haken in der Spalte **„BERECHNEN“** können die (späteren) Berechnungen der Einflusslinien (de)aktiviert werden.

6.6.2.3 BERECHNUNG DER EINFLUSSLINIEN

Mit den Dialogen **„Lastpfade“** (→ Kap. 6.6.1) und **„Einflusslinien“** (→ Kap. 6.6.2) werden die Berechnungen die Parameter der Einflusslinien definiert, wobei aber deren Berechnung im Rahmen der Tragwerksberechnung (→ Kap. 8) erfolgt!

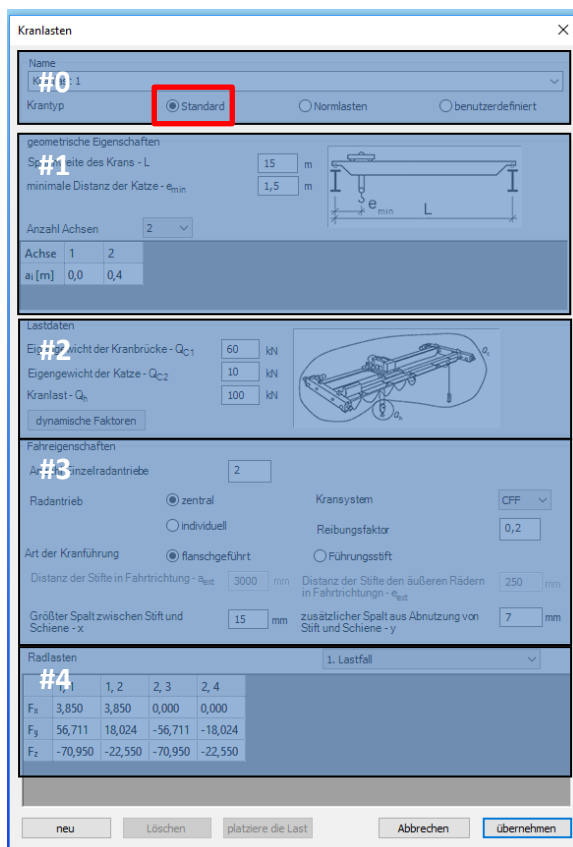
6.6.3 KRANLASTEN (📐)

Drei Typen für überkopffahrende Kräne können im Bereich (#0) des Krandidialogs definiert werden, wobei jede Kranlast einen eigenen Namen erhält:

- ▶ **Standard:** komplette Berechnung nach DIN EN 1991-3 (inklusive Radlasten)
- ▶ **Normlasten:** Radlasten nach DIN EN 1991-3, wobei die Lastgruppen von **CS** erstellt werden
- ▶ **benutzerdefiniert:** manuelle Eingabe aller Radlasten (nur für Sonderfälle sinnvoll!)

6.6.3.1 STANDARD (NACH NORM)

Zur Erstellung einer komplett DIN EN 1991-3 basierten Kranbelastung sind die geometrischen Parameter (#1), die Lastdaten (#2) und die Fahreigenschaften (#3) festzulegen. Daraus berechnet ConSteel automatisch die Radlastkollektive.



Geometrische Parameter/Grafik (#1):

- ▶ Spannweite der Kranbrücke L [m]
- ▶ Minimalabstand der Katze $e_{\min}$ [m]
- ▶ **Anzahl** der Achsen: (2 bis 10)
- ▶ **Lage** a_i [m] der Achsen

Lastdaten/Grafik (#2):

- ▶ Eigengewicht Kranbrücke Q_{c1} [kN]
- ▶ Eigengewicht Katze Q_{c2} [kN]
- ▶ Kran(hebe)last Q_h [kN]

Zusätzlich sind mit dem Schalter **“DYNAMISCHE FAKTOREN”** die voreingestellten Standard-Faktoren ϕ_1 bis ϕ_7 zu sehen, die alle manuell veränderbar sind.

Fahreigenschaften (#3):

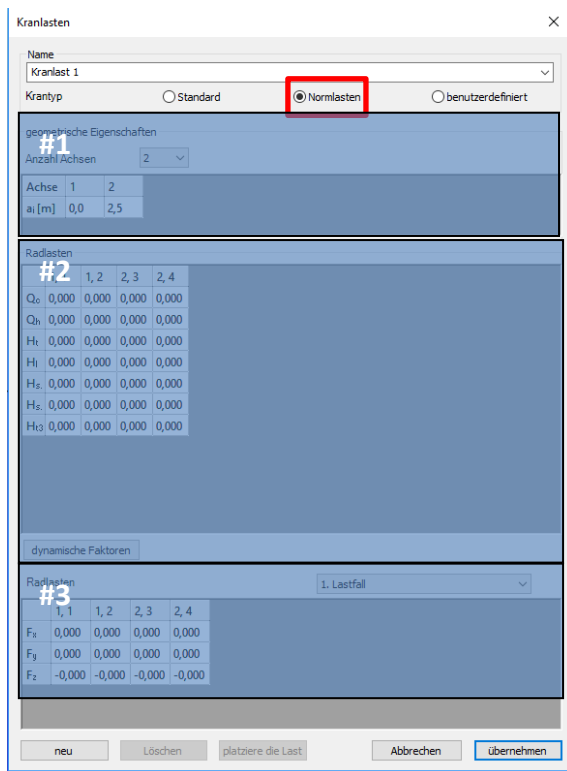
- ▶ Anzahl der **Einzelradantriebe**
 - ▶ **Radantrieb** (zentral oder individuell)
 - ▶ **Kransystem**; siehe DIN EN 1991-3
 - ▶ **Reibungsfaktor** (Schiene/Rad)
 - ▶ **Kranführung** (flansch-/stiftgeführt)
- Je nach Art der Führung sind weitere geometrische Angaben notwendig.

Die mit den Angaben automatisch berechneten Radlasten sind in der Tabelle des Bereichs (#4) aufgeführt. Mit dem Drop-Down-Menü der Lastfälle können die Radlasten aller 7 erstellten Lastfälle gesichtet werden.

Die beiden mit Komma getrennten **Zahlen im Tabellenkopf** bedeuten:

Nummer der Achse, Nummer des Rades

6.6.3.2 NORMLASTEN



The screenshot shows the 'Kranlasten' dialog box. The 'Krantyp' section has three radio buttons: 'Standard', 'Normlasten' (which is selected and highlighted with a red box), and 'benutzerdefiniert'. Below this, there are three sections: #1 'geometrische Eigenschaften' with a table for 'Achse' and 'a_i [m]'; #2 'Radlasten' with a table for various load components (Q₀, Q_h, H₁, H₂, H₃, H₁₂); and #3 'dynamische Faktoren' with a table for 'F_x', 'F_y', and 'F_z'. At the bottom, there are buttons: 'neu', 'Löschen', 'platziere die Last', 'Abbrechen', and 'übernehmen'.

Geometrische Parameter:

- ▶ Anzahl der Achsen: (2 bis 10)
- ▶ Lage a_i [m] der Achsen

EC basierte Radlasten (#2):

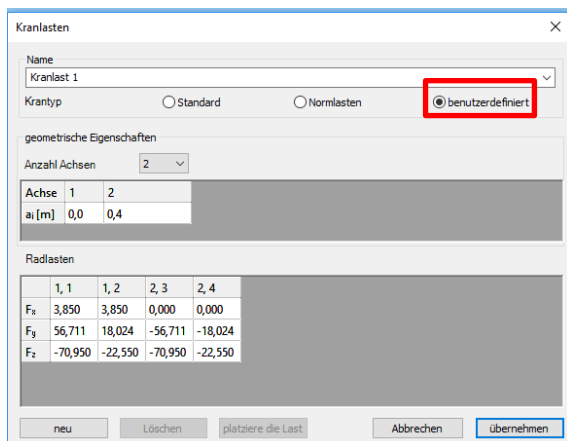
In die Tabelle (#2) sind die Radlasten nach EuroCode für jedes Rad einzutragen. Zusätzlich sind mit dem Schalter **“DYNAMISCHE FAKTOREN”** die voreingestellten Standard-Faktoren ϕ_1 bis ϕ_7 zu sehen, die alle manuell veränderbar sind.

Die mit den Angaben automatisch berechneten Radlasten sind in der Tabelle des Bereichs (#3) aufgeführt. Mit dem Drop-Down-Menü der Lastfälle können die Radlasten aller 7 erstellten Lastfälle gesichtet werden.

Die beiden mit Komma getrennten **Zahlen im Tabellenkopf** bedeuten:

Nummer der Achse, Nummer des Rades

6.6.3.3 BENUTZERDEFINIERTER LASTEN



The screenshot shows the 'Kranlasten' dialog box. The 'Krantyp' section has three radio buttons: 'Standard', 'Normlasten', and 'benutzerdefiniert' (which is selected and highlighted with a red box). Below this, there are two sections: #1 'geometrische Eigenschaften' with a table for 'Achse' and 'a_i [m]'; and #2 'Radlasten' with a table for various load components (F_x, F_y, F_z). At the bottom, there are buttons: 'neu', 'Löschen', 'platziere die Last', 'Abbrechen', and 'übernehmen'.

Geometrische Parameter:

- Anzahl der Achsen: (2 bis 10)
- Lage a_i [m] der Achsen

Radlasten:

Radlastkomponenten (F_x , F_y und F_z) der resultierenden Radlasten jedes Rades

Die beiden mit Komma getrennten **Zahlen im Tabellenkopf** bedeuten:

Nummer der Achse, Nummer des Rades

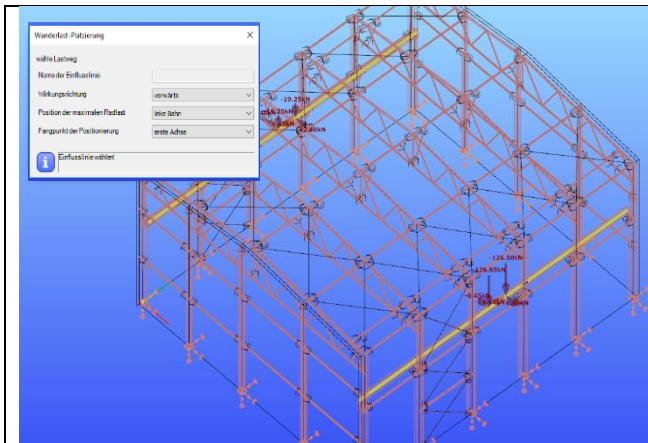
6.6.3.4 PLATZIERUNG DER KRANLASTEN

Bevor ein Kranlastkollektiv auf das Strukturmodell platziert werden kann, muss mit **“ÜBERNEHMEN”** die Kranlast gesichert werden.

Es gibt zwei Arten der Platzierung

6.6.3.4.1 MANUELLE PLATZIERUNG DER KRANLAST

Mit dem Schalter **“PLATZIERE DIE LAST”** unten in einem der drei Dialoge der Kranlasten kann der im Kopf des Dialogs gewählte Kranlastfall manuell platziert werden.

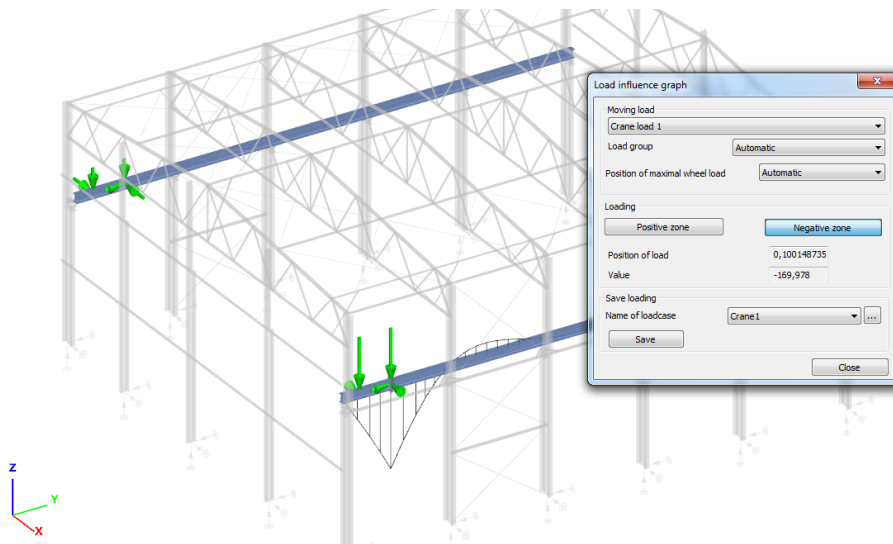


Zunächst muss ein Lastweg mit der linken Maustaste angeklickt werden. Im Dialog der Wanderlast-Platzierung bestimmen Sie die Richtung der Platzierung, die Position der maximalen Radlast und den Fangpunkt der Positionierung.

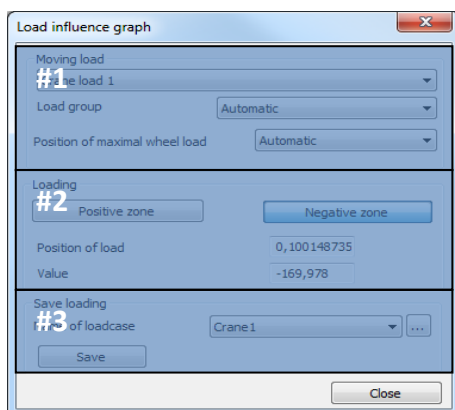
Dann bewegen Sie die Maus an die gewünschte Stelle des Lastweges und klicken hier erneut die linke Maustaste.

6.6.3.4.2 PLATZIERUNG DER KRANLAST MITTELS EINFLUSSLINIE

Zur Berechnung einer Einflusslinie: siehe zunächst Kap. 8!



Zunächst ist die Tragwerksberechnung mit der Einstellung der Berechnungsparameter **„Einflusslinie“** durchzuführen. Bei den **BERECHNUNGSERGEBNISSEN** wählt man im ersten Drop-Down-Menü die Ergebnisdarstellung **„Einflusslinie“** und mit **rechtem Mausklick** in das Strukturmodell öffnet sich der Dialog der **„EINFLUSSLINIE“**, wo ein vorher erstelltes Kranlastkollektiv auszuwählen ist.



Wanderlast(kollektiv) (#1):

- ▶ im obersten Drop-Down-Menü wird ein Wanderlastkollektiv gewählt
- ▶ Lastgruppe: im Falle von EuroCode basierten Kranlasten (→ Kap. 6.6.3.1/6.6.3.2) kann die Einflusslinie mit einer ausgewählten Lastgruppe oder mit der dominanten (automatisch von Consteel bestimmten) Lastgruppe ausgewertet werden.
- ▶ Position der maximalen vertikalen Radlast: hängt von der Position der Katze auf der linken

oder rechten Kranschiene ab. Die maßgebende Position kann mit **“automatisch”** von Consteel ermittelt werden.

Loading field (#2):

Mit **“POSITIVE ZONE”** und **“NEGATIVE ZONE”** wird das Lastkollektiv so platziert, dass die Auswertung der zugehörigen Einflusslinie den größten positiven oder negativen Wert ergibt. ConSteel findet die Stelle der Einflusslinie und positioniert das Lastkollektiv in der Grafik entsprechend.

Save Loading field (#3):

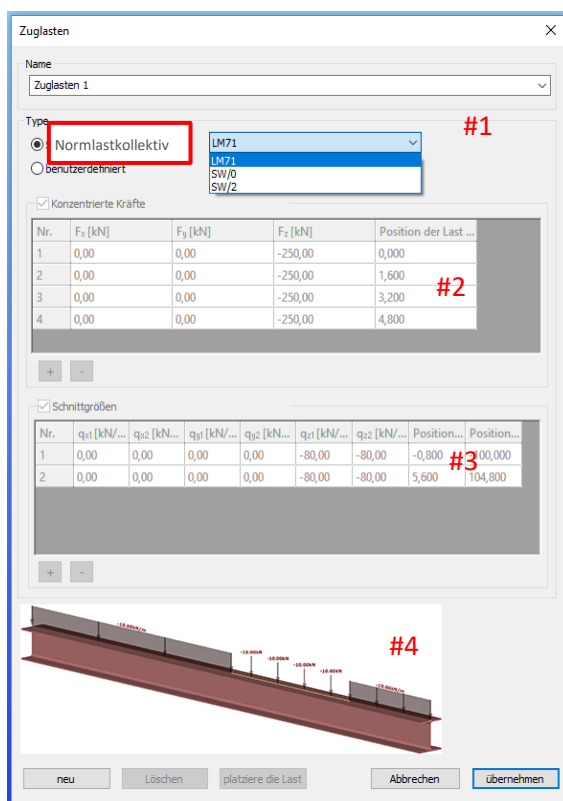
Das unter #2 platzierte Lastkollektiv kann als ein Lastfall unter einem Namen gespeichert werden. Mit dem Drop-Down-Menü kann ein bereits erzeugter Lastfall zum Speichern gewählt werden oder man kann mit (...) einen neuen Lastfall erzeugen.

Mit **“SAVE”** wird das platzierte Kranlastkollektiv schließlich gespeichert.

6.6.4 ZUGLASTEN (🔧)

Im Dialog der **“ZUGLASTEN”** werden zwei Arten von Zuglasten angeboten und können im Strukturmodell platziert werden.

„Normlastkollektiv“ bietet die Zuglasten der EC-Belastungsnorm LM71, SW/0 und SW/2.



Name

Zuglasten 1

Type

☒ Normlastkollektiv ☐ benutzerdefiniert

LM71
LM71
SW/0
SW/2

☒ Konzentrierte Kräfte

Nr.	F _x [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	Position der Last ...
1	0,00	0,00	-250,00	0,000
2	0,00	0,00	-250,00	1,600
3	0,00	0,00	-250,00	3,200
4	0,00	0,00	-250,00	4,800

☒ Schnittgrößen

Nr.	q _{x1} [kN/m]	q _{x2} [kN/m]	q _{y1} [kN/m]	q _{y2} [kN/m]	q _{z1} [kN/m]	q _{z2} [kN/m]	Position...	Position...
1	0,00	0,00	0,00	0,00	-80,00	-80,00	-0,800	00,000
2	0,00	0,00	0,00	0,00	-80,00	-80,00	5,600	104,800

neu Löschen platziere die Last Abbrechen übernehmen

Name (#1):

für das ausgewählte Lastkollektiv ist eine Name zu vergeben

Konzentrierte Kräfte (#2):

in der Tabelle sind die (nicht editierbaren) Einzellasten des Lastkollektivs zusammengestellt

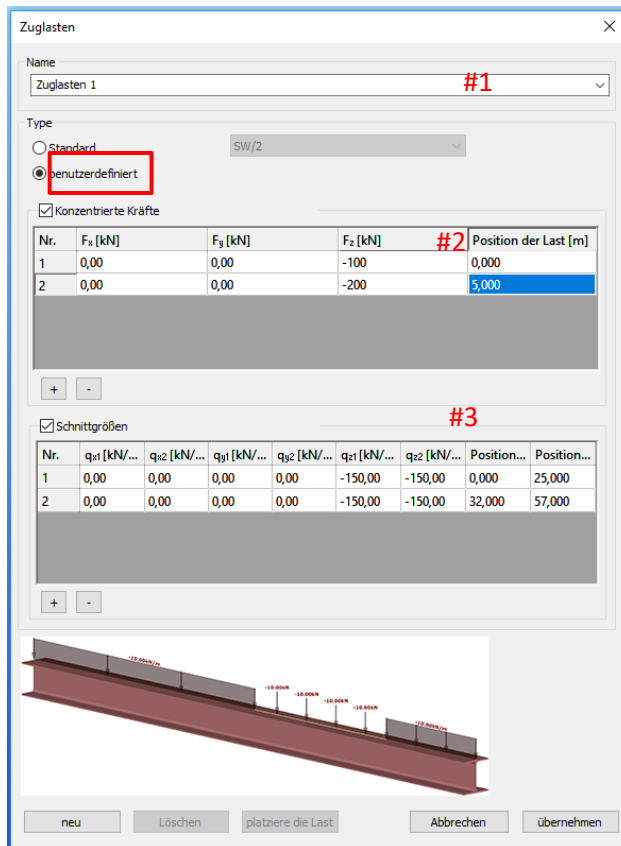
Linienlasten (#3):

in der Tabelle sind die (nicht editierbaren) Linienlasten des gewählten Lastkollektivs zusammengestellt

Grafik (#4):

die Grafik zeigt das gewählte Lastkollektiv

„Benutzerdefiniert“ bietet die Möglichkeit, individuell ein Lastkollektiv zu erstellen.



Name (#1):

für das ausgewählte Lastkollektiv ist eine Name zu vergeben

Konzentrierte Kräfte (#2):

In der Tabelle werden Einzellasten des gewünschten Lastkollektivs zusammengestellt.

Linienlasten (#3):

In der Tabelle werden Linienlasten des gewünschten Lastkollektivs zusammengestellt. Es können pro Last drei lokale Komponentenwerte am Anfang und Ende der Linienlast und ihre Positionen definiert werden.

Mit (+) und (-) werden in der betreffenden Tabelle eine neue editierbare Zeile erstellt oder die blau markierte Zeile gelöscht.

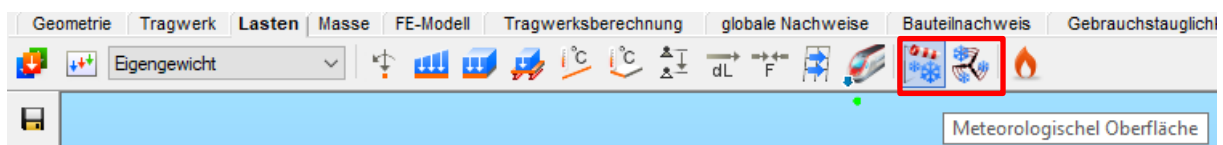
Zuglastkollektive werden analog zu Kranlastkollektiven im Strukturmodell platziert (→ Kap. 6.6.3.4).

6.7 METEOROLOGISCHE 3D-LASTERSTELLUNG ()

Dieser Generator generiert für 3D-Strukturmodellen mit Standardgeometrien mit Hilfe von meteorologischen Lastübertragungsflächen die Wind- und Schneelasten für Dächer und Wände gemäß den folgenden Vorschriften:

Wind	Schnee
▪ EuroCode 1 (DIN EN 1991-4 / NA'e) ▪ Spanische Norm (SE-AE)	▪ EuroCode 1 (DIN EN 1991-3 / NA'e)

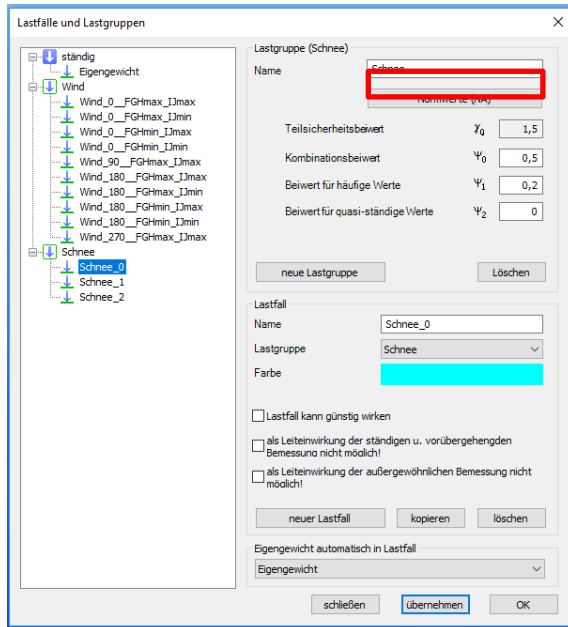
Die beiden relevanten Funktionen „**METEOROLOGISCHE OBERFLÄCHE**“ () und „**WIND-/SCHNEEGENERATOR**“ () befinden sich im Tabulator „**LASTEN**“:





DIE ZUR GENERIERUNG DER WINDLASTEN BENUTZTEN STRUKTURHÖHEN (h) BEZIEHEN SICH AUF DAS z=0 LEVEL. DAHER SIND DIE KORREKTEN GEBÄUDEHÖHEN IN BEZUG AUF z=0 ANZUGEBEN. DIE NIEDRIGSTE HÖHENANGABE KANN DAHER NICHT UNTER z=0 LIEGEN.

6.7.1 LASTGRUPPEN UND LASTFÄLLE



Lastgruppen und Lastfälle werden während des Generierungsprozesses gemäß den vorher definierten meteorologischen Oberflächen und gewählten globalen Windrichtungen automatisch erzeugt.

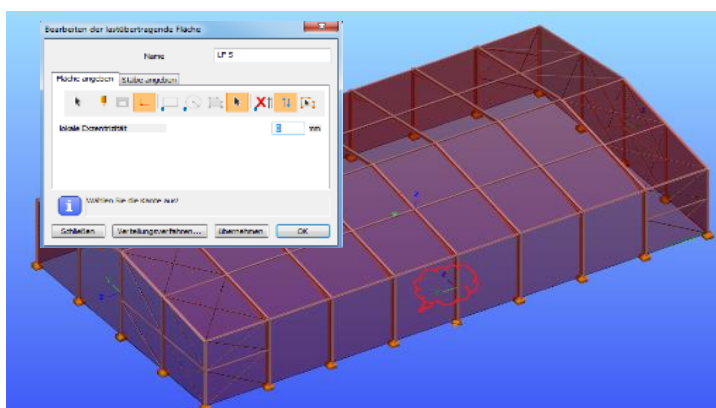
Die Sicherheitsfaktoren und Kombinationsbeiwerte werden dabei dem aktiven NA entnommen.

☞ Bei Höhenlage des Gebäudes oberhalb 1000m NN sind die Kombinationsbeiwerte der Schneelasten über den Schalter „**Normwerte (NA)**“ zu verändern.

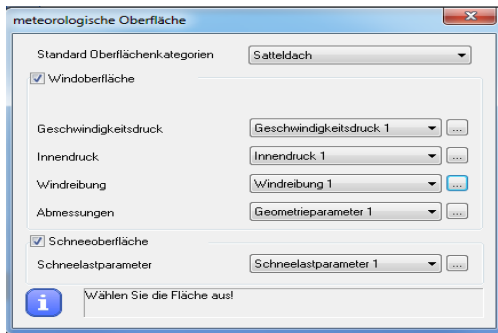
6.7.2 METEOROLOGISCHE OBERFLÄCHEN

Die automatische Erzeugung meteorologischer Lasten verlangt zunächst die Platzierung meteorologischer Oberflächen. Diese enthalten alle notwendigen Informationen und Parameter für die Lastgenerierung.

Jede bereits bestehende Lastübertragungsfläche (→ Kap. 6.4.4) kann zusätzlich auch als meteorologischer Oberflächen deklariert werden. Alle Flächen mit Wind- und/oder Schneelastangriff müssen meteorologische Oberflächen sein, damit die automatische Lastgenerierung perfekt arbeitet.



Die lokale z- Achse (blau) jeder Lastübertragungsfläche hat nach außen zu zeigen! Ansonsten invertiert man deren Richtung mit dem Dialog „**BEARBEITEN DER LASTÜBERTRAGENDEN FLÄCHE**“ (☞) des Tabulators „**LASTEN**“.



Bevor man Lastübertragungsflächen als meteorologische Oberflächen deklarieren kann, sind alle notwendigen Informationen und Parameter für die Lastgenerierung mit dem Dialog „**METEOROLOGISCHE OBERFLÄCHE**“ (☰) zu setzen.

Man wählt zunächst eine in der Norm enthaltene Schnee-/ Windoberfläche aus (z.B. Satteldach).

6.7.2.1 WINDOBERFLÄCHEN

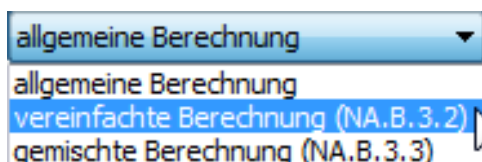
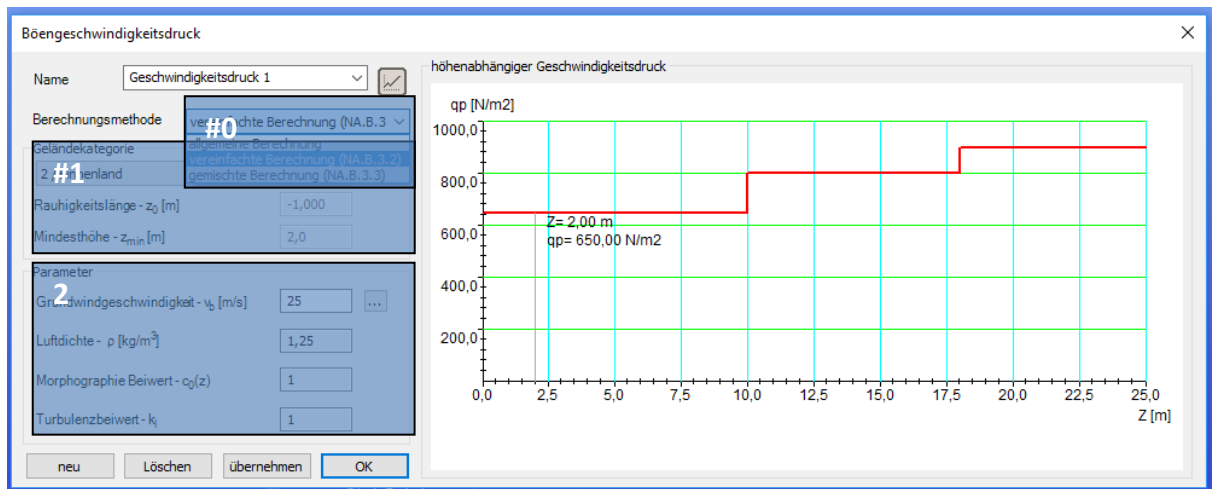
Vergleichen Sie dazu auch Kap. 6.4.2.2!

Zur normativen Berechnung der Windoberfläche ist zunächst der obere Haken zu setzen.

6.7.2.1.1 WINDGESCHWINDIGKEITSDRUCK

Der Windgeschwindigkeitsdruck q_p kann bei bereits bestehenden Berechnungen aus dem Drop-Down-Menü „**Geschwindigkeitsdruck**“ gewählt oder über (☰) neu berechnet werden.

In diesem Falle öffnet sich der Dialog „**BÖENGESCHWINDIGKEITSDRUCK**“.



(Nur) im Falle des deutschen NA's kann mittels Drop-Down-Menü (#0) eine von drei Berechnungsmethoden benutzt werden, die **nicht zu identischen Winddrücken** führen:

Mit (☑) kann der Graph des Winddrucks in Abhängigkeit der Gebäudekoordinate z sichtbar gemacht werden. Der an der roten Funktion entlangfahrende Mauszeiger zeigt den jeweiligen Druck an.

Im weiteren Bereich des Dialoges werden die Windlastparameter gesetzt:

► Geländekategorie (#1)

- ✓ bei der **allgemeinen Berechnung** wählt man eine der vier Kategorien I bis IV aus dem Klappmenü oder benutzt (...), um sich die Kategorien erklären zu lassen.
- ✓ bei der **gemischten Berechnung** wählt man eine Mischkategorie aus
- ✓ bei der **vereinfachten Berechnung** erscheint über das Drop-Down-Menü eine Auswahltabelle von 8 Windzonen (aber nur nummeriert von 1 bis 4)
- ✓ Rauiglängslänge (z_0) und Minimalhöhe ($z_{\min}$) (je nach NA nutzbar)

► Parameter (#2)



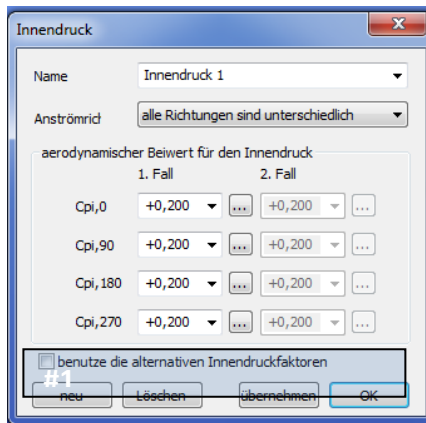
Alle Parameter werden aus dem aktiven NA gelesen (nur die je nach NA weiß unterlegten sind manuell veränderbar), jedoch muss die Grundgeschwindigkeit (v_b) eingegeben werden. Zur grafischen Bestimmung von ($v_{b,0}$) benutzt man (...). Es öffnet sich ein Dialog zur Bestimmung der nationalen Winddruckkarte:

Ein Mausklick auf eine Windzone überträgt die zugehörige Geschwindigkeit als numerischen Wert.

Der Dialog und die Parameter hängen vom jeweils aktiven NA ab!

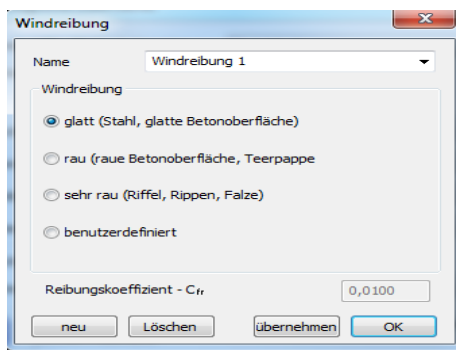
6.7.2.1.2 INNENDRUCK

Der Innendruck kann nach drei Arten benutzt werden.



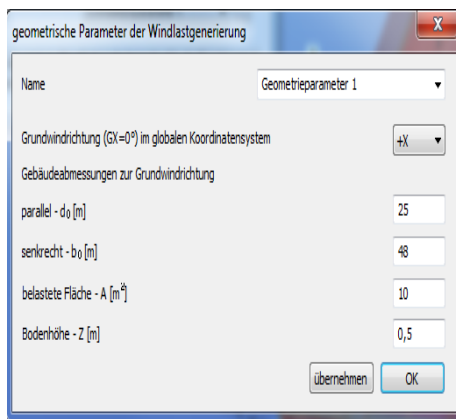
Diese Druckwerte sind manuell einstellbar; alternativ stellt **CS** positive/negative Extremwerte über die Klappmenüs bereit. Mit dem jeweils rechts daneben befindlichen Schalter (...) sind EC-basierte Berechnungen der internen Drücke durchführbar. Mit der Hakenbox (#1) können alternative Innendruckfaktoren bereitgestellt werden.

6.7.2.1.3 WINDREIBUNG



Windreibung erzeugt horizontale flächenparallele Flächenlasten auf den Windoberflächen. Nur bei in Windrichtung „langen“ Gebäuden und je nach Oberflächenrauigkeit kann sie erkennbaren Einfluss auf die Beanspruchungen nehmen. Neben einer der vier Oberflächenkategorien kann auch manuell ein Benutzerwert eingetragen werden.

6.7.2.1.4 GEOMETRISCHE PARAMETER (ABMESSUNGEN)



- **globale Windrichtung im GKS:**
Basiswindrichtung ist die 0°-Richtung.
- **Gebäudeabmessungen**
in Bezug zur Windrichtung
- **Windeinzugsfläche (A):**

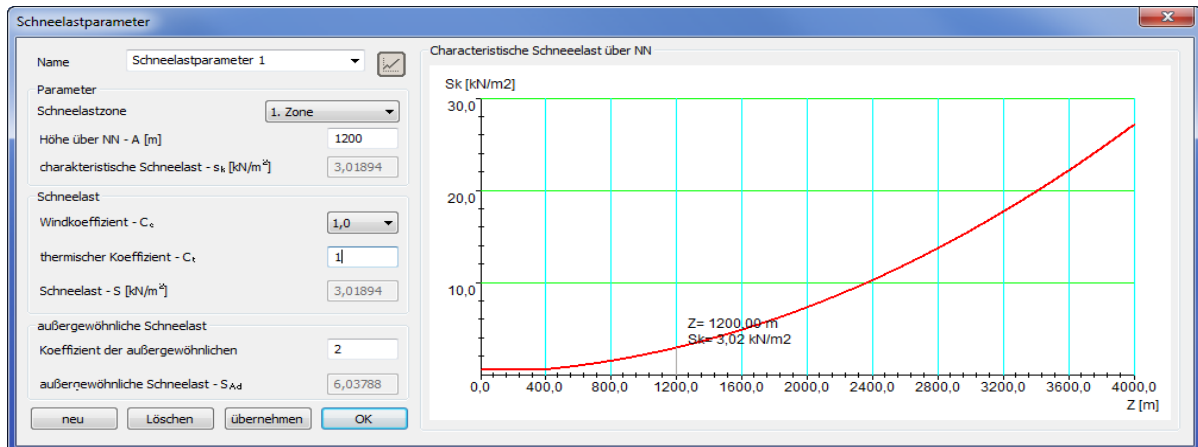
bei mehr als 10m² wird c_{pe10} und bei weniger als 1m² wird c_{pe1} bei der Windgeneration verwendet. Dazwischen werden die Werte von CS gemäß EC zwischen c_{pe10} und c_{pe1} logarithmisch interpoliert

► **Bodenhöhe:**

Ist die Strukturunterkante nicht gleich der Bodenhöhe Z=0, muss dies manuell angepasst werden (→ Kap. 3.6/Höhenkote).

6.7.2.2 SCHNEELASTOBERFLÄCHEN

Der Schneelastdialog befindet sich im unteren Teil des Dialogs „**METEOROLOGISCHE OBERFLÄCHE**“ (→ Kap. 6.7.2). Mit (...) im Dialogbereich der „**Schneeeoberfläche**“ öffnet sich der Dialog der „**SCHNEELASTPARAMETER**“.



Mit dem -Schalter kann man den Graphen der Schneelast aufblenden und mit der Maus abfahren. Allerdings ist die Höhe über NN manuell einzugeben (genauer!), woraus dann die charakteristische Schneelast (s_k) der aktuellen Schneelastzone berechnet wird.

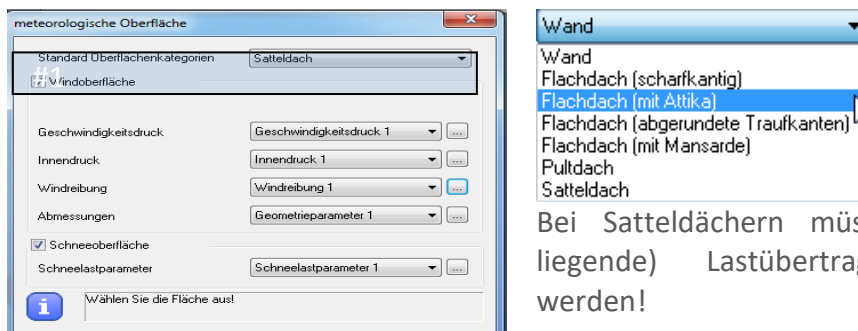
Die Eingabeparameter:

- ▶ *Schneelastzone* (gemäß den Vorgaben des NA) über Drop-Down-Menü
- ▶ *Gebäudelage* über NN (gemäß den Vorgaben des NA)
- ▶ *Wind* (C_e)- und *thermischer Koeffizient* (C_t) (falls nach NA Eingaben zulässig sind)
- ▶ Koeffizient der außergewöhnlichen Schneelast mit Berechnung von S_{Ad}

6.7.3 ANLAGE, KONTROLLE UND ÄNDERUNG

Nach der Eingabe der notwendigen Parameter (s.o.) können die meteorologischen Oberflächen angelegt werden.

Aus dem Klappmenü (#1) muss die normgerechte Oberflächenkategorie ausgewählt und dann mit linkem Mausklick in die Grafik zu bereits angelegten (und sichtbaren) Lastverteilungsflächen zugeordnet werden. Die Wahlmöglichkeiten lauten (#1):



Bei Satteldächern müssen zwei (aneinanderliegende) Lastübertragungsflächen markiert werden!

Bei erfolgreicher Zuordnung erscheinen die folgenden Symbole auf den Lastverteilungsflächen:

- ▶ Windoberfläche: 
- ▶ Schneeoberfläche:  (natürlich nur auf Dachflächen)

Windangriffsfläche (1)	
Name	WindSurface3
Oberflächentyp	Flachdach (scharfkantig)
Definiere Bereiche	Standard
Geometrieparameter	Geometrieparameter 1
Innendruck	
Windreibung	
Geschwindigkeitsdruck [kN/m ²]	Geschwindigkeitsdruck 1
Angriffsfläche des Schnees (1)	
Name	SnowSurface1
Typ der Fläche	Flachdach (scharfkantig)
Geometrieparameter	Schneelastparameter 1

Durch Klicken auf eine Lastfläche erscheint (u.a.) unten rechts im Bildschirm die Objekttable der Lastfläche mit der „**WINDOBERFLÄCHE**“, in der die Eigenschaften und Parameter veränderbar sind. Durch Klicken auf  im Feld „Definiere (Wind-) Bereiche“ öffnet sich der „**WINDZONEN-BETRACHTER**“ Dialog mit den berechneten Windzonen und c_{pe} -Werten.

Windzonenbetrachter

konstante Parameter

belastete Fläche - A [m²]

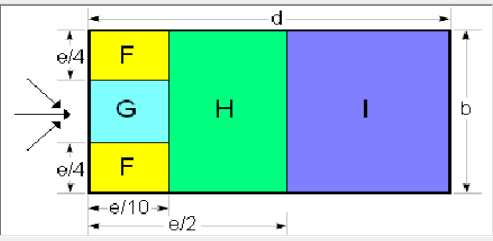
Gebäudehöhe - h [m]

windrichtungsabhängig

Windrichtung [°] b [m] e [m]

Windrichtung [°] d [m] h/d

schematische Darstellung der Zonen mit Größenangaben



Standard Cpe nach Tabelle EN 1991-1-4:2007 Tabelle 7.2

F,10	F,1	G,10	G,1	H,10	H,1	I,10	I,1
-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	0,2	
-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	

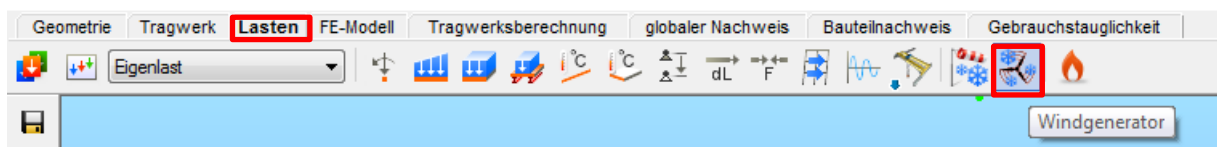
aktueller Cpe-Wert

F	G	H	I
-1,800	-1,200	-0,700	0,200
-1,800	-1,200	-0,700	-0,600

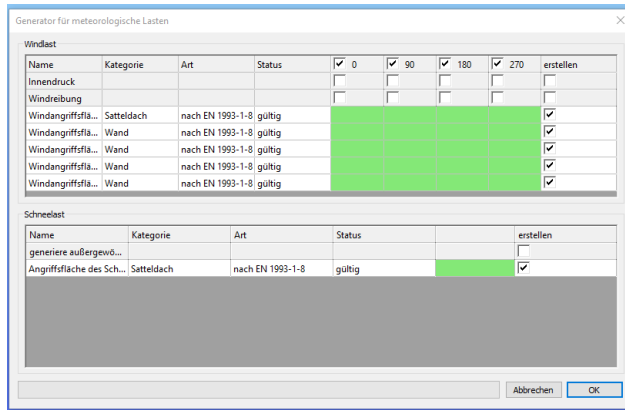
Close Apply OK

6.7.4 METEOROLOGISCHER LASTGENERATOR ()

Das Icon des vollautomatischen 3D Windlastgenerators befindet sich auf dem „**LASTEN**“-Tabulator.



Diese Funktion berechnet nicht nur die Flächenbereiche A bis J aller Windlastfälle, sondern auch die Schneelastfälle basierend auf den bereits formulierten (s.o.) Wind- und Schneelastparametern.



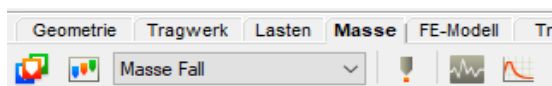
Jede mögliche Windrichtung und Windfläche kann über die Hakenboxen von der Berechnung (de)aktiviert werden. Die grünen Felder werden dabei automatisch in die Lastkombinationen überführt.

Mit **“OK”** werden die notwendigen Lastgruppen und -fälle definiert und die Wind- und Schneelasten berechnet (und über die Lastflächen) weitergeleitet.

Während der Erstellung der Lastkombinationen können diverse Meldungen erscheinen!

7 MASSEN

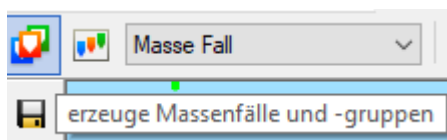
7.1 GRUNDLAGEN



Der Tabulator **„MASSE“** befindet sich auf der oberen Karteileiste neben **„LASTEN“**.

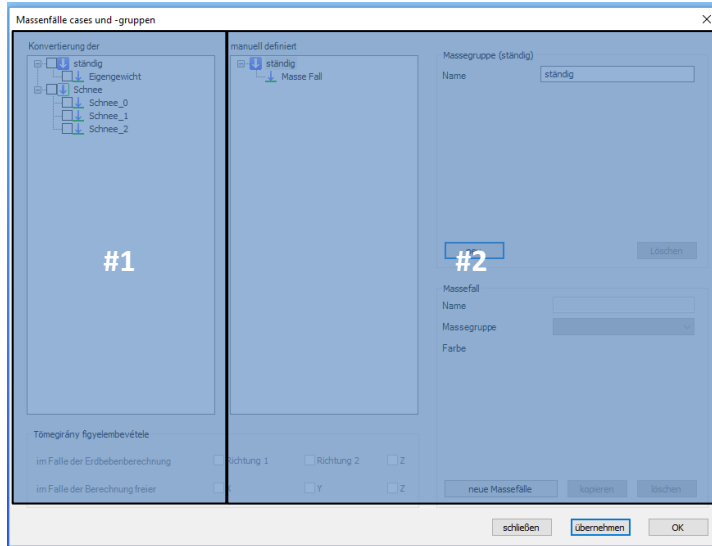
Massen werden bei dynamischen Berechnungen benötigt, denn sie verhalten sich bei Schwingungen anders als Kräfte. Analog zu Einwirkungskombinationen werden Massenfälle, -gruppen, und -kombinationen erzeugt, die manuell in die Struktur zu platzieren sind oder automatisch von CS aus Lasten erzeugt.

7.2 MASSENFÄLLE UND MASSENGRUPPEN (🗑️)



Massen (auf) einer Struktur werden -wie bei Einwirkungen auch- mit **„ERZEUGE MASSENFÄLLE UND -GRUPPEN“** (🗑️) definiert, bevor konkrete Massen erzeugt und zugeordnet werden.

Der Dialog besitzt zwei Hauptbereiche:



Auf der linken Seite (#1) werden alle automatisch zu Massen konvertierbare Lastfälle angezeigt.

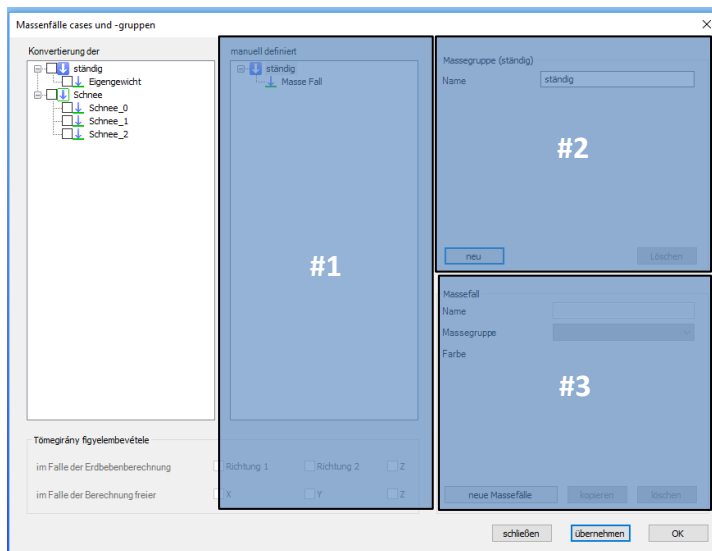
Auf der rechten Seite (#2) können Massenfälle und -gruppen manuell definiert werden.

7.2.1 KONVERTIERUNG VON LASTEN ZU MASSEN

Die linke Baumstruktur zeigt automatisch alle bereits für die statischen Berechnungen als permanente und variable Lastengruppen sowie Schneelastgruppen definierten Fälle sowie die zugehörigen Lastfälle. Die mit Haken versehenen Lastgruppen und –fälle werden mit „**OK**“ oder „**ÜBERNEHMEN**“ in Massen konvertiert.

7.2.2 MANUELLE DEFINITION VON MASSENGRUPPEN UND MASSENFÄLLE

Massegruppen und –fälle können (analog zu Lastfällen und –gruppen) auf der rechten Seite des Dialoges definiert werden.



Mit „**NEU**“ (#2) werden neue Massegruppen in die Baumstruktur „**manuell definiert**“ (#1) eingetragen. Es können permanente, variable und Schneemasse Gruppen erzeugt werden.

Mit „**NEUER MASSEFALL**“ (#3), können beliebig viele neue Massenfälle einer Massegruppe zugeordnet werden. Dabei kann eine farbliche Gestaltung der Masse gewählt werden.

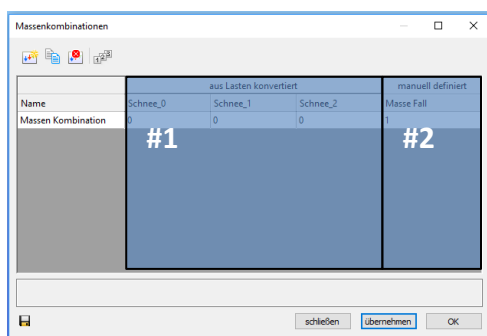
Jeder Massefall kann kopiert, gelöscht und mit Drag-and-Drop von einer Massegruppe in eine andere (#1) verschoben werden.

7.2.3 BERÜCKSICHTIGTE RICHTUNGEN DER MASSEN

Sowohl für konvertierte als auch manuell definierte Massen können die wirksamen Richtungen bei der dynamischen Berechnung mit dem Dialog „**MASSENFÄLLE UND GRUPPEN**“ nach der Auswahl einer Masse festgelegt werden. Bei seismischen Berechnungen kann nur die globale Z-Richtung ausgeschaltet werden, während bei Schwingungsberechnungen alle Richtungen (X, Y, Z) an- oder ausgeschaltet werden können.

7.3 DEFINITION VON MASSENKOMBINATIONEN (🚦)

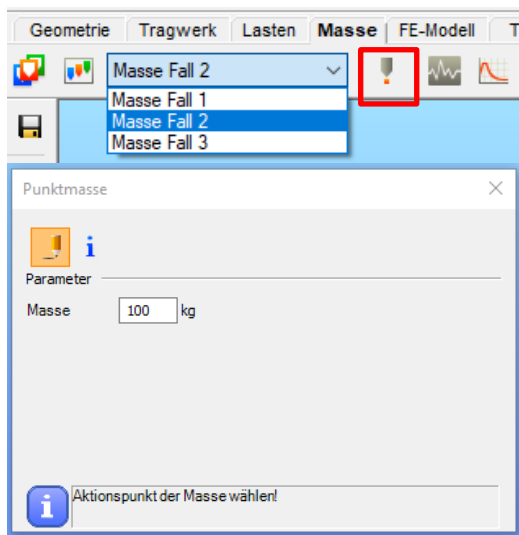
Die Erstellung von „**MASSENKOMBINATIONEN**“ erfolgt analog zu den „**LASTKOMBINATIONEN**“ (→ Kap. 6.3), aber ohne die Möglichkeit zu einer automatischen Vorgehensweise. Daher sind die Kombinationsfaktoren jedes Massefalles separat und manuell festzulegen.



Der Dialog der Massenkombinationen unterteilt sich in zwei Bereiche:

- #1 - von Lasten konvertierte Massefälle
- #2 – manuell erzeugte Massefälle

7.4 ERZEUGUNG VON PUNKTMASSEN (📍)



PUNKTMASSEN (📍) können an jedem Strukturpunkt angeordnet werden. Jede platzierte Punktmasse wird dem gerade aktiven Massefall zugeordnet.

Jeder Punkt jedes Stabobjektes, Fangpunkt, Start-, End- und Zwischenpunkt steht zur Platzierung zur Verfügung.

Nach der Eingabe der Masse [kg] wird die Punktmasse mit einfachem Mausklick in die Trägerstruktur gesetzt.

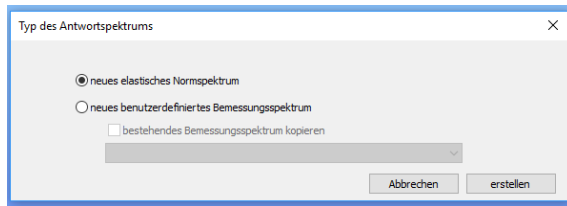
7.5 SEISMISCHE EFFEKTE

Für eine detaillierte Erklärung der „**SEISMISCHEN EFFEKTE**“:

→ Kap. 12 /Erdbebenberechnung

7.6 ERZEUGUNG EINES SPEKTRUMS ()

Mit der Funktion **“ERZEUGE ANTWORTSPEKTRUM”** () lassen sich zwei Arten von Spektren erzeugen:



- ✓ elastische Normspektren
- ✓ Benutzerspektren (frei definierbar)

✓ **Elastisches Normspektrum:**

Definition eines Antwortspektrums gemäß der aktiven nationalen Norm und ihrem NA; die Parameter können je nach Norm bei den verschiedenen NA'en variieren!

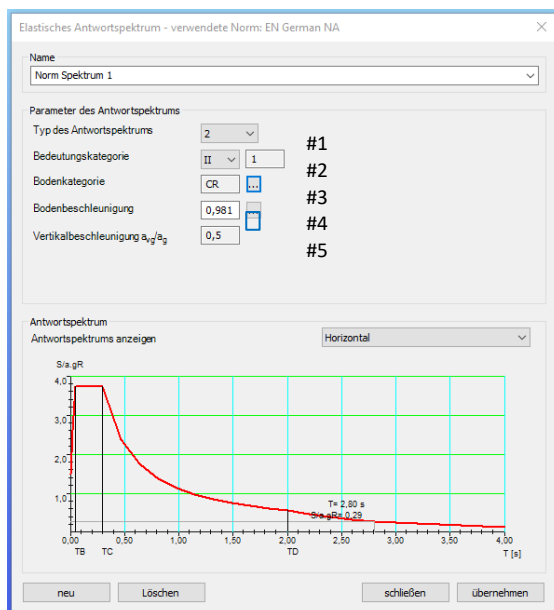
✓ **Benutzerspektrum:**

es werden die markanten Punkte des Spektrums manuell festgelegt

7.6.1 EC-BASIERTE ELASTISCHE ANTWORTSPEKTREN

Mit **“NEUES ELASTISCHES NORMSPEKTRUM”** kann ein gemäß DIN EN 1993-1-8/aktiver NA gerechtes Antwortspektrum definiert werden, um es später zur dynamischen Berechnung sowie der Erdbebenberechnung zu benutzen.

Gemäß dem *EuroCode* sind die folgenden Parameter zur Definition des elastischen Antwortspektrums erforderlich:

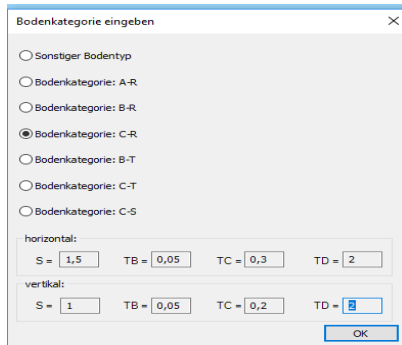


■ **Typ des Antwortspektrums (#1):**

das Drop-Down-Menü enthält die nach aktiver Norm möglichen Antwortspektren zur Auswahl

■ **Bedeutungsklasse (#2):**

das Drop-Down-Menü enthält die möglichen Bedeutungsklassen (hier aktuell: II). Der Wert jeder Klasse steht rechts daneben in der Zahlenbox (hier: 1)

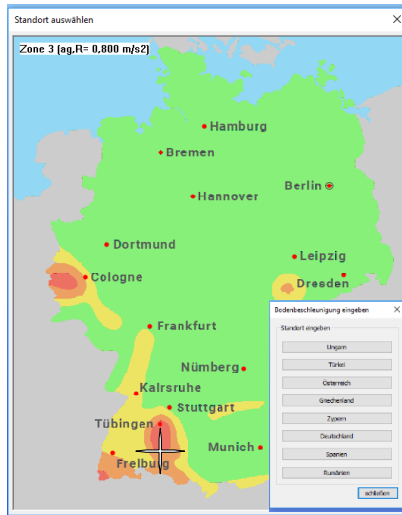


■ **Bodenkategorie**

(#3):

Mit (...) öffnet sich die Liste mit Bodenkategorien, aus der eine auszuwählen ist.

Im unteren Dialogbereich werden alle zum ausgewählten Bodentyp gehörigen Parameterwerte gezeigt



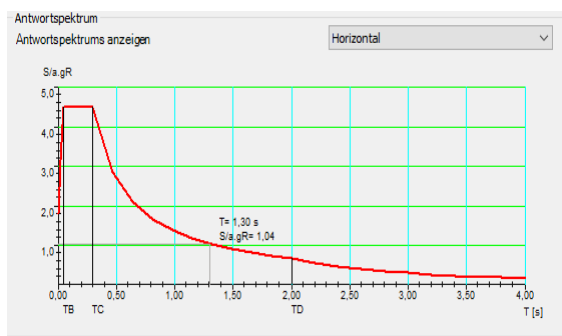
■ **Bodenbeschleunigung a_{gR} [m/s²] (#4):**

sie kann manuell in die Editierbox eingegeben werden oder mit (...) öffnet sich eine Länderauswahlliste mit jeweils aufzublender Standortkarte:

beim Überfahren der Karte mit dem Mauszeiger (+) wird oben links die jeweilige Erdbebenzone und der dort gültige Wert a_{gR} [m/s²] angezeigt

■ **Vertikalbeschleunigung:**

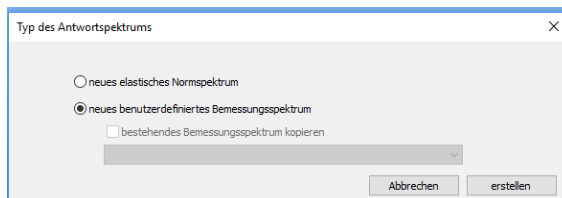
sie ist nicht editierbar und wird als Verhältniswert a_{vg}/a_g zu rein informativem Zweck angegeben.



Unten im Dialog **“NEUES ELASTISCHES NORMSPEKTRUM”** erscheint die Grafik des Antwortspektrums. Durch Bewegung des Mausursors entlang der Kurve erscheint der bezogene Wert S/a_{gR} [-] (hier: 1,04) als Funktion von T [sec] (hier: 1,3 sec). Mit dem Drop-Down-Menü kann zwischen horizontaler/vertikaler Beschleunigung gewechselt werden.

7.6.2 BENUTZERDEFINIERTES ANTWORTSPEKTREN

Zwei Vorgehensweisen stehen zur Erstellung zur Verfügung:



1. **manuell:**

nach Markierung der zweiten Wahlmöglichkeit klickt man auf **“ERSTELLEN”**

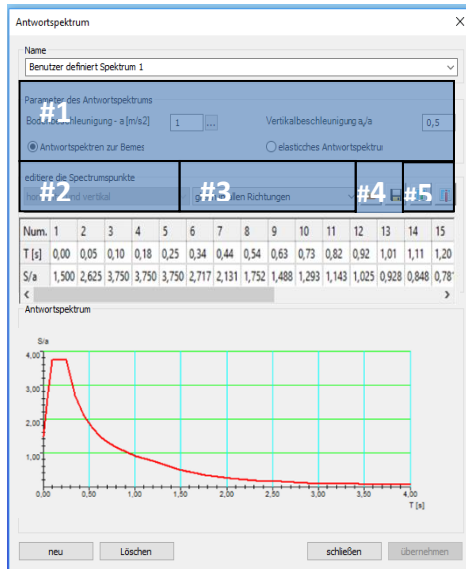
oder

2. **Bemessungsspektrum kopieren:**

falls bereits mindestens ein normbasiertes Bemessungsspektrum existiert, kann diese kopiert und anschließend modifiziert werden;

dazu ist die Hakenbox „**BESTEHENDES BEMESSUNGSSPEKTRUM KOPIEREN**“ zu markieren und alle verfügbaren Spektren erscheinen im Bereich des grauen Balkens. Nach markieren des gewünschten Spektrums kann mit „**ERSTELLEN**“ die Modifikation des Spektrums beginnen.

7.6.2.1 MANUELLE DEFINITION VON ANTWORTSPEKTREN



Num.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T [s]	0,00	0,05	0,10	0,18	0,25	0,34	0,44	0,54	0,63	0,73	0,82	0,92	1,01	1,11	1,20
S/a	1,500	2,625	3,750	3,750	2,717	2,131	1,752	1,488	1,293	1,143	1,025	0,928	0,848	0,781	

Parameter des Antwortspektrums (#1):

- ✓ **Bodenbeschleunigung a [m/s^2]:**
 sie kann direkt als Zahlenwert eingetragen werden oder mit Klick auf [...] kann über die Länderauswahl und die Standortkarte der Normwert ermittelt werden (→ Kap. 6.7.2)
- ✓ **Vertikalbeschleunigung a_v/a :**
 das Verhältnis von vertikaler zu horizontaler Beschleunigung wird als Zahlenwert eingetragen
- ✓ **Typ des Antwortspektrums:**
 - **Bemessungsspektrum:**
für Nachweise der Tragfähigkeit
 - **elastisches Antwortspektrum:**
für Nachweise der Gebrauchstauglichkeit

Im mittleren Tabellenteil des Dialogs editiere die *Spektrumpunkte* (#2) werden die markanten Punkte der Funktion definiert. Einzugeben sind paarweise die Zeit T [sec] und der zugehörige Spektralwert bezogen auf die Beschleunigung.

Mit dem Drop-Down-Menü (#3) wird festgelegt, in welche Richtungen das neu erstellte Antwortspektrum wirken soll (Default: für alle drei globale (X, Y, Z) Richtungen).

Die Tabelle kann mit beliebig vielen Wertepaaren gefüllt werden:

	erzeuge eine neue Tabellenspalte (#5)
	lösche die blau markierte Tabellenspalte (#5)

Bereits erstellte und gespeicherte Spektren sind im Bereich (#4) mit  importierbar. Dort ist auch mit  das gerade erzeugte Spektrum im Format *.csv oder *.txt speicherbar.

7.6.2.2 MIT KOPIERFUNKTION ERSTELLBARE ANTWORTSPEKTREN

Mit „**BESTEHENDES BEMESSUNGSSPEKTRUM KOPIEREN**“ und einer Vorwahl eines existierenden Normspektrums kann eines neues Benutzerspektrum erstellt werden. Alle Definitionspunkte des Spektrums werden automatisch in die Tabelle eingefügt und stehen anschließend zu Modifikationen bereit.

8 TRAGWERKSBERECHNUNGEN

8.1 GRUNDLAGEN

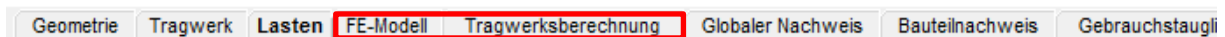
Für den Anwender der **CS**-Software ist die Tragwerksberechnung (Modellstruktur-Statik) innerhalb der gesamten Nachweisprozedur weitestgehend eine **“Black Box”**, denn die modernen Berechnungsnormen schreiben dazu geeignete Berechnungsverfahren und Nachweisformate vor. **CS** verwendet die finite Elementmethode grundsätzlich für alle baustatischen Berechnungen und verwendet die folgenden Elemente:

- ✓ **Balken/Stützelement mit 6 Verformungsfreiheitsgraden pro Knoten für dickwandige Stahlbeton-Querschnitte und dünnwandige (quasi) wölbfreie Stahl-Querschnitte**
- ✓ **Balken/Stützelement mit 7 Verformungsfreiheitsgraden (inklusive der Verwölbung) pro Knoten für offene dünnwandige Stahl-Querschnitte (Stahlbau)**
- ✓ **zwei ebene Schalenelemente (dreieckig und rechteckig)**

Alle Elemente sind für die Berechnungen nach der Theorie 1. Ordnung und der vollständigen Theorie 2. Ordnung mit Gleichgewicht am schwach verformten System (nicht nur P- δ Effekte) geeignet. Durch die Berücksichtigung der Verwölbung entstehen bei dünnwandigen Stahlprofilen im allgemeinen räumlichen Fall 8 Schnittgrößen und alle möglichen Stabilitätsfälle (Biegeknicken, Drill- und Biegedrillknicken infolge Normalkraft und Biegedrillknicken infolge Normalkraft- und/oder Momentenbeanspruchung) der Stabstatik sind erfasst.

Nach der Methodik der Klassifikation von Software zur Anwendung der Theorie 2. Ordnung¹⁾ ist **CS** in die **höchste Kategorie 5 (TH. II.O.-3WS) einzuordnen** und damit auch zur qualifizierten statischen Berechnung und zur Führung von Stabilitätsnachweisen von Stahlkonstruktionen mit dünnwandigen offenen Querschnitten **höchstqualifiziert**.

Mit Verwendung der Schalenelemente zur Trägersimulation sind auch lokale Beulanalysen sehr schlanker Stahlquerschnitte durchführbar. Es können statische und dynamische Eigenwertanalysen und Erdbebenberechnungen auf der Basis elastischer Antwortspektren und Modalanalysen durchgeführt werden. Der extrem schnelle und außerordentliche robuste Gleichungslöser führt zu – im Vergleich zu anderen Programmen- optimalen Rechenzeiten auch bei ungewöhnlich großen Strukturen. Die Funktionen zur Tragwerksberechnung befinden sich auf zwei Registerblättern: **„FE-MODELL“** und **„TRAGWERKSBERECHNUNG“**.



Auf dem **„FE-MODELL“**-Registerblatt stehen Elementierungsoptionen für die Schalenelementierung zur Verfügung und man kann sich das FE-Modell ansehen. Meistens kann dieser Schritt übersprungen werden, da die Elementierung durch **CS** vollautomatisch im Hintergrund abläuft.

¹⁾ Gensichen, V. und Lumpe, G.: Theorie II. und III. Ordnung - die großen Missverständnisse.
Stahlbau 82/2013, Heft 10, S. 762-774, Tabelle 3.

8.2 FINITE ELEMENTE

8.2.1 GRUNDLAGEN

Die Qualität der Berechnungsergebnisse einer Struktur ist immer durch die mechanische Leistungsfähigkeit der verwendeten finiten Elemente²⁾ beeinflusst. Die nach der Theorie 1. und/oder 2. Ordnung berechneten Verformungen bestimmen im Grunde die Qualität der Beanspruchungen und damit auch die darauf basierenden Nachweisverfahren nach den aktuellen Euronormen DIN EN 1993-1-X, DIN EN 1992-1-X, und EN 1994-1-X. Daher sollte sich der Ingenieur während der Phase der Modellerstellung über die Eigenschaften der benutzten finite Elemente bewusst sein, um ungewolltes oder falsches Strukturverhalten zu vermeiden und die Struktur so genau wie nötig abzubilden. Bei **CS** haben alle Finiten-Elemente-Modelle immer echtes 3D-Verhalten und es gibt keine Optionen für Berechnungen mit reduzierten Freiheitsgraden, da auch ebene Systeme immer der Gefahr eines räumlichen Versagenszustandes unterliegen (z.B. Biegeknicken aus der Ebene und Biegedrillknicken).

Alle definierten Lasten und elastischen oder starren Auflager, Linienlasten oder linienartige elastische oder starre Lagerungen werden intern zu Knotenlasten an den FE-Rändern umgerechnet. Diese Umrechnung erfolgt automatisch während der FE-Netzgenerierung.

Die folgenden Unterkapitel sollen nicht in die tiefe Theorie der FEM führen, denn dazu gibt es ausreichend Literatur. Es werden lediglich diejenigen Features präsentiert und erklärt, die zum Verständnis und zur Interpretation der Ergebnisse wichtig sind.

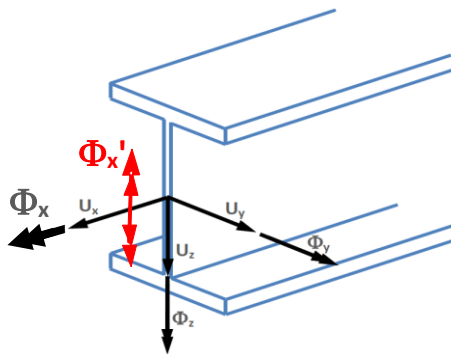
🔴 Anwender ohne Kenntnisse der Wölbkrafttorsion sollten dieses Kapitel unbedingt lesen!

8.2.2 LINIENELEMENTE

Es gibt drei Optionen für Linienelemente (Elemente der Balkentheorie):

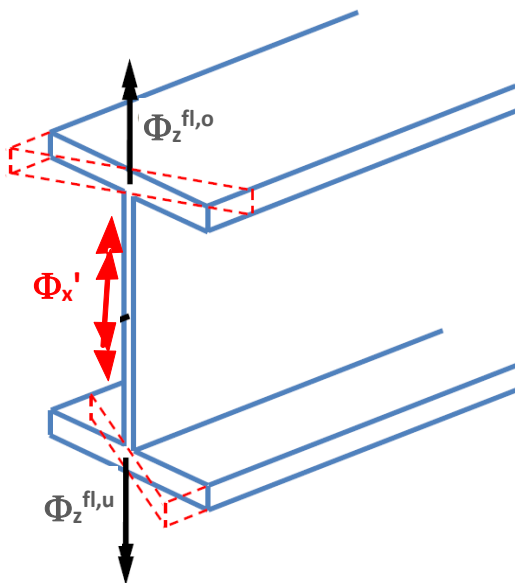
- **Träger/Stützen-Element mit 6 Freiheitsgraden** (6DOF / Degrees of Freedom): das Balken/Stützen-Element für Stäbe mit *verdrehsteifen kompakten Querschnitten*, die von der Normalkraft, den Querkraften, den Biegemomenten, dem St. Venant'schen Torsionsmoment oder jeder Kombination von diesen beansprucht sind
- **Träger/Stützen-Element mit 7 Freiheitsgraden (7DOF):**
das Balken-Stützen-Element für Stäbe mit *verdrehweichen (dünnwandigen offenen) Querschnitten* unter Berücksichtigung der Verwölbung des Stabquerschnittes, die von denselben Schnittgrößen wie das 6DOF-Balken/Stützen-Element beansprucht sind, aber zusätzlich Querschnittsverwölbung und das (Wölb)Bimoment B erhalten. Zusätzlich teilt sich das Torsionsmoment in primäres und sekundäres Torsionsmoment ($T = T_p + T_s$) auf.

²⁾ Papp, F., Rubert, A., Szalai, J.: DIN EN 1993-1-1 konforme integrierte Stabilitätsanalysen für 2D/3D Stahlkonstruktionen. Teil 1: Stahlbau 83 (2014), Heft 1, S. 1-15



Das **7DOF-Element** ist speziell für dünnwandige Bauteile entwickelt, für die die Verwölbung des Querschnitts von hoher Wichtigkeit für das Tragverhalten ist. Dieser Effekt wird mit dem 7. Freiheitsgrad (Φ_x') beschrieben, den nur sehr wenige praxisorientierte Programme bieten.

Die ersten sechs Freiheitsgrade sind die "normalen" Verformungen (u_x , u_y , u_z) und Verdrehungen (Φ_x , Φ_y , Φ_z). Mehr Erklärung benötigt der **siebte (rote) Freiheitsgrad**, der mathematisch die erste Ableitung der Verdrehung um die Längsachse (Φ_x') ist. Mechanisch repräsentiert er die Verwölbung infolge Torsion bei dünnwandigen offenen Bauteilen. Sie ist eine äußerst vorteilhafte und unabdingbare Eigenschaft der Verformungs-, Tragfähigkeits- und vor allem der Stabilitätsberechnung von Stahlstrukturen mit dünnwandigen offenen Profilen (z.B. Walzprofile). Da die genaue Berechnung der kompletten Torsion und im räumlichen Fall auch die gegenseitige Kopplung von Torsions- und Momentenbeanspruchungen sowie der Stabilitätsfälle mit Stabtorsion (Biegedrillknicken) stark vom siebten Freiheitsgrad der Verwölbung abhängig sind, muss er bereits bei der Modellierung berücksichtigt werden (was **CS** -bis auf die Lagerungsbedingungen- bei der Modellerstellung mit den Balkenelementen automatisch macht).



Der 7. Freiheitsgrad ist **kein** Vektor! Daher wird hier das doppelte gegenseitige Drehmomentenzeichen verwendet, da man (nur) bei **I**-Profilen die Verwölbung als gegenseitige Flanschverdrehung um die lokale z-Achse auffassen kann.

Die Abbildung zeigt die Verwölbung eines **I**-Querschnitts, wobei die Flansche als ebene Verformung aus ihrer ursprünglichen Stirnebene heraustreten.

Da Stahlbauten gewöhnlich relativ schlanke Konstruktionen sind, können folgende Versagensarten auftreten:

Biegeknicken, Drillknicken, Biegedrillknicken und Interaktionen dieser Versagensformen.

- **Zugkraft-Element** (TO/Tension only) für Stäbe, die keine Druckkräfte aufnehmen
 Das Zugstab-Element besitzt **alle** Freiheitsgrade eines 7DOF-Balkenelementes, wobei lediglich eine Druckkraftbeanspruchung ausgeschlossen ist. Alle anderen Stabbeanspruchungen (z.B. Momente) werden jedoch berücksichtigt. Die Berechnung von Systemen mit Zugkraft-Stäben erfolgt iterativ. Zunächst wird eine Berechnung unter Berücksichtigung aller Elemente durchgeführt. Danach werden die Vorzeichen der Kräfte der Zugkraft-Elemente ermittelt. Die Elemente mit negativen Kräften werden dann bei der erneuten

Berechnung aus dem Modell ausgeschlossen. Dieses erfolgt wiederholt, bis nur noch Zugkraft-Elemente mit Zugkräften auftreten. Dieses Tragverhalten wird auch bei den Eigenanalysen berücksichtigt, aber **Achtung**:



Da Eigenwertberechnungen nicht iterativ erfolgen können, kann es passieren, dass in der Eigenform eines Zugkraftelementes eine Komprimierung entsteht oder die Zugkraftfunktion nicht korrekt aktiviert wird. Wenn der Effekt bedeutend ist, sollte in diesem Fall eine neue Eigenwertberechnung ohne das Zugkraft-Element durchgeführt werden! Alternativ können auch geringe (künstliche) Seitenkräfte an Knoten der Zugkraft-Stäbe, die von vorn herein geringe Zugkräfte in den Zugkraft-Elementen erzeugen, oder Vorspannungen aufgebracht werden.

👉: **beim Zugstab-Element sind lediglich Druckkräfte ausgeschlossen!**

- alle anderen Beanspruchungen (z.B. Biege- und Torsionsmomente) können entsprechend den Lagerungsbedingungen der Stabenden auftreten bzw. vom Anwender durch geeignete Gelenkbildungen ausgeschlossen werden!
- einige Querschnitte (z.B. dünnwandige Rohre) veranlassen CS, die Stabendgelenke automatisch so (um)zudefinieren, dass echte Zugstäbe entstehen!

8.3 MODELLKONTROLLEN

CS bietet vor jeder Berechnung Möglichkeit zur Modellkontrolle. Diese Funktion erfolgt automatisch vor dem Start der FE-Netz-Generierung oder der Tragwerksberechnung. Die Prüfung kann aber auch zu jeder Zeit manuell durchgeführt werden (betätigen sie den Tab „**KONTROLLE STARTEN** (🚩)“ in dem Menü „**FE-MODELL**“).

Es gibt zwei Arten von Nachrichten:

- **FEHLER:** Fehler machen die Berechnung unmöglich oder sinnlos; die entdeckten Fehler sind vor der weiteren Berechnung zu entfernen
- **WARNUNG:** Warnungen erlauben Berechnungen, aber warnen vor möglichen Fehlern

Ein Teil der Kontrollen wird mit den Daten des Strukturmodells durchgeführt (Basiskontrolle). Der andere Teil erfolgt an dem generierten Finite-Element-Modell (Vorberechnungskontrolle).

Folgenden **Basiskontrollen** werden durchgeführt:

- sind auf dem System Belastungen vorhanden?
- System räumlich stabil gelagert?
- Längen der Stäbe, Linienlasten und Linienlager sinnvoll?
- Wert für Dicke und Größe der Finiten Flächenelemente sinnvoll?
- Überlappungen vorhanden?
- Längen und geometrische Kompatibilität der Vouten?
- mehrere Lagerungen auf der gleichen Stelle?
- Kompatibilität der Zugstäbe?

Die folgenden **Vorberechnungskontrollen** werden durchgeführt:

- Überstände von Linienlasten und Linienlagern vorhanden?
- Punktlasten und Punktlager ohne Kontakt zum Strukturmodell?
- Überlappungen von Flächenelementen vorhanden?
- Überlappung von Stäben vorhanden?
- sehr geringe (<5 mm) Abstände zwischen Punkten oder Linien von Flächen, Stäben, Lasten sowie Auflagern (der Grenzabstand kann im **„OPTION“-Menü** eingestellt werden) vorhanden?

Die festgestellten Fehler und Warnungen können in der Diagnose-Ergebnistabelle (→ Kap. 1.2.3) ausgewählt und gelöscht werden.

8.4 BERECHNUNGSPARAMETER



Die gewünschten oder benötigten Berechnungsarten können über das Icon  auf dem Registerblatt **„TRAGWERKSBERECHNUNG“** bestimmt werden.

Berechnungsparameter festlegen

#1 Globale Einstellungen

globale Imperfektion: Anfangsimperfektion - 1

☒ Anschlusssteifigkeit berücksichtigen

#2 Statistische Berechnung

☒ Lastfälle

☐ Berechnung der einzelnen Lastfälle

☐ Berechnung nach 2. Ordnung mit den eigenformbasierten Lastfällen

☐ Fundamenteinwirkungen für Gründungsnachweise

Lastkombinationen

Berechnungstyp: elastisch

Grenzzustand der Tragfähigkeit

☐ Berechnung nach Theorie 1. Ordnung

☒ Berechnung nach Theorie 2. Ordnung

☒ Eigenanalyse

☐ Analyse und Bewertung der Stabilitätsgefahr

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

☐ Berechnung nach Theorie II. Ordnung

☐ Berechnung nach Theorie 2. Ordnung

Einflusslinie

☐ elastische Berechnung der Einflusslinien

#3 Dynamische Berechnung

☐ Berechnung der freien Schwingungen

☐ Berechnung des Antwortspektrums

Abbrechen berechnen übernehmen

Der sich öffnende Hauptdialog **BERECHNUNGSPARAMETER FESTLEGEN** hat drei Eingabebereiche: die “ und vier mit (→) erreichbare Folgeseiten für die drei möglichen Berechnungsarten:

#1: GLOBALE EINSTELLUNGEN (mit der Folgeseite/→ Kap. 8.4.4.1)

#2: STATISCHE BERECHNUNG (mit den Folgeseite/→Kap. 8.4.4.2 für die Lastfälle und der Folgeseite/→ Kap. 8.4.4.3 für die Einwirkungskombinationen)

#3: DYNAMISCHE BERECHNUNG (mit der Folgeseite/→ Kap. 8.4.4.4)

8.4.1 GLOBALE EINSTELLUNGEN (#1)

Die Berechnungsparameter gelten *zunächst* für die Gesamtstruktur sowie alle Lastfälle und Einwirkungskombinationen!

 Je nach Einstellung der Hakenboxen können mehrere Berechnungsarten parallel durchgeführt werden, was natürlich die Gesamtrechnenzeit erhöht.

► **globale Imperfektion:**

mit dem Drop-Down-Menü kann dem Strukturmodell eine bereits vordefinierte globale Imperfektion (→ Kap. 6.5) zugeführt werden. Nur jeweils eine Imperfektion ist möglich!

► **Anschlusssteifigkeiten:**

mit Setzen des Hakens können die Anschlusssteifigkeiten vorher definierter und im Modell platzierter Anschlüsse bei den Berechnungen berücksichtigt werden. Die erfolgt zunächst bei allen Einwirkungskombinationen.

Differenzierte Einstellungen für jede Einwirkungskombination können mit (→) auf der Folgeseite (→ Kap. 8.4.4.3) erfolgen.

8.4.2 STATISCHE BERECHNUNG (#2)

► **Lastfälle:**

Die zwei z. Zt. aktiven Hakenboxen gelten nur für elastische Berechnungen:

- Berechnung kann mit ausgewählten Lastfällen erfolgen (→ Kap. 8.4.4.3)
- Falls in **csJOINT** Gründungsnachweise geführt werden sollen, sollte auch die zweite Hakenbox aktiv sein

► **Lastkombinationen:**

Zwei Berechnungsarten stehen über das Drop-Down-Menü für die Einwirkungskombinationen zur Verfügung

- **elastisch:**
alle Strukturelemente besitzen unbegrenztes linear elastisches Material
- **plastisch:**
die Berechnung erfolgt mit der Fließgelenktheorie, wobei nur die Plastifizierung infolge des Hauptmomentes M_y berücksichtigt wird (Details: → Kap. 8.5.2)

Berechnungen nach Theorie 1. und 2. Ordnung können für die Nachweiszustände GZT und GZG unterschiedlich geführt werden.

► **Eigenanalyse:**

standardmäßig werden die ersten 10 Eigenlösungen (Eigenwerte/-formen) für jede Einwirkungskombination berechnet. Unter Anderem kann diese Anzahl auf der Folgeseite (→ Kap. 8.4.4.3) verändert werden.

► **Analyse und Bewertung der Stabilitätsgefahr:**

sollte bei der Eigenanalyse aktiviert sein, wenn Eigenformen als äquivalente Imperfektionen benutzt werden sollen (→ Kap. 8.5.1.4)

8.4.3 DYNAMISCHE BERECHNUNG (#3)

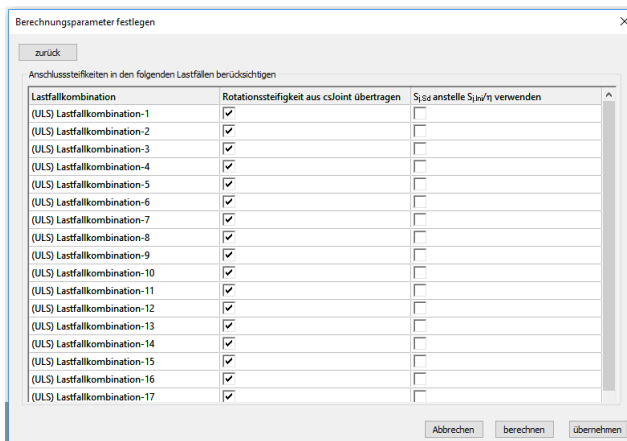
Es stehen zwei Arten der dynamischen Berechnung zur Verfügung:

- ✓ Berechnung freier (ungedämpfter) Schwingungen
- ✓ Berechnung modaler Antwortspektren (*Seismic MRSA*)

Differenzierte Einstellungen für jede Einwirkungskombination können mit (→) auf der Folgeseite (→ Kap. 8.4.4.4) erfolgen.

8.4.4 FOLGESEITEN DES PARAMETERDIALOGS

8.4.4.1 FOLGESEITE DER GLOBALEN EINSTELLUNGEN

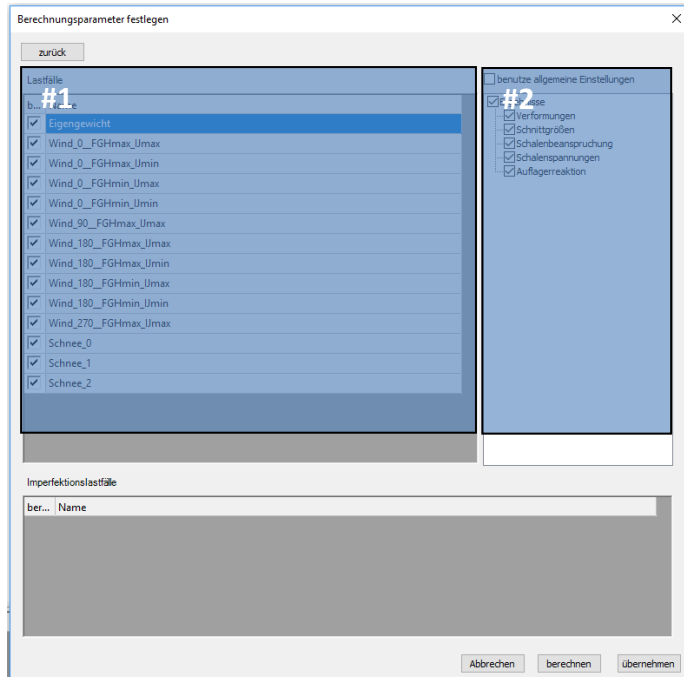


Lastfallkombination	Rotationssteifigkeit aus csloint übertragen	$S_{j,sd}$ anstelle $S_{j,ini}/\eta$ verwenden
(ULS) Lastfallkombination-1	☒	☐
(ULS) Lastfallkombination-2	☒	☐
(ULS) Lastfallkombination-3	☒	☐
(ULS) Lastfallkombination-4	☒	☐
(ULS) Lastfallkombination-5	☒	☐
(ULS) Lastfallkombination-6	☒	☐
(ULS) Lastfallkombination-7	☒	☐
(ULS) Lastfallkombination-8	☒	☐
(ULS) Lastfallkombination-9	☒	☐
(ULS) Lastfallkombination-10	☒	☐
(ULS) Lastfallkombination-11	☒	☐
(ULS) Lastfallkombination-12	☒	☐
(ULS) Lastfallkombination-13	☒	☐
(ULS) Lastfallkombination-14	☒	☐
(ULS) Lastfallkombination-15	☒	☐
(ULS) Lastfallkombination-16	☒	☐
(ULS) Lastfallkombination-17	☒	☐

In diesem Dialog kann die Berücksichtigung der Rotationssteifigkeit der Rahmenecken individuell für jede Lastfallkombination festgelegt werden.

Mit Haken in der letzten Spalte kann festgelegt werden, ob mit der genaueren (momentenabhängigen) Sekantensteifigkeit $S_{j,sd}$ oder mit der Näherung $S_{j,ini}/\eta$ gerechnet werden soll.

8.4.4.2 FOLGESEITE DER LASTFALLEINSTELLUNGEN



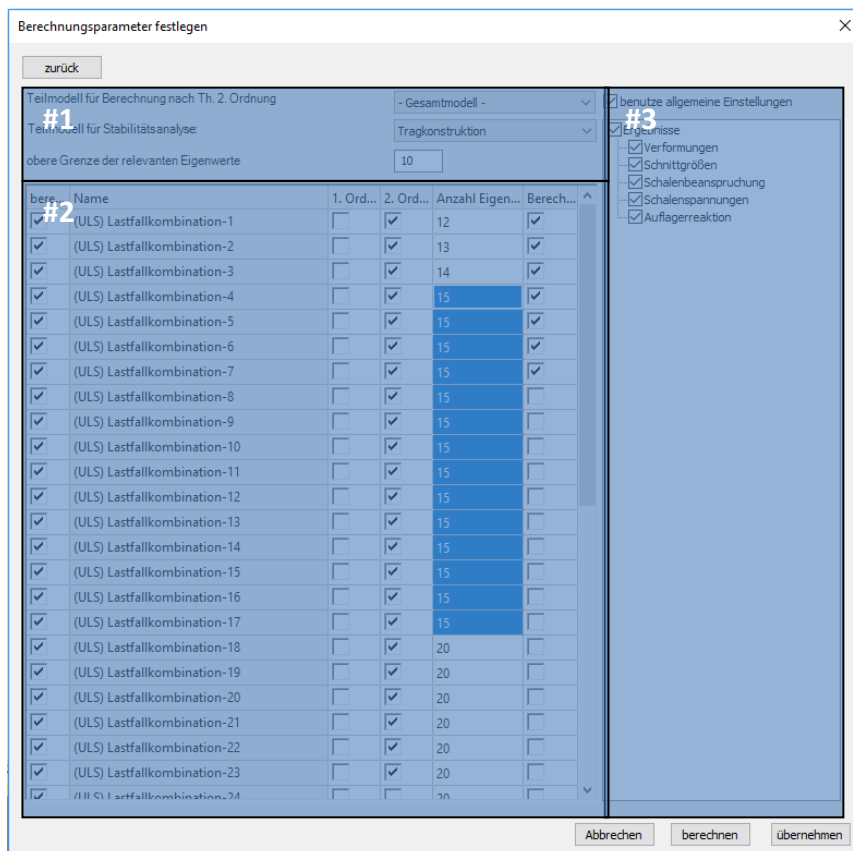
► **Lastfalltabelle (#1):**

Hier können die zu berücksichtigenden Lastfälle angehakt werden. Die betreffenden Ergebnisse regelt der Bereich (#2).

► **Ergebnisbaum (#2):**

Der Ergebnisbaum steuert, welche Beanspruchungen für die markierten Lastfälle berechnet werden sollen. Wenn die oberste Hakenbox **“benutze allgemeine Einstellungen”** markiert ist, werden alle im Baum gezeigten Beanspruchungen berechnet.

8.4.4.3 FOLGESEITE DER LASTFALLKOMBINATIONEN



Dieser Dialog besitzt drei Bereiche:

► **Teilmodellwahl und relevante Eigenwerte (#1):**

Es kann mit den Drop-Down-Menüs je ein Teilmodell (oder die Gesamtstruktur) getrennt für die Berechnung der Beanspruchungen der Theorie 2. Ordnung und der Eigenanalyse gewählt werden.

Weiterhin wird die Obergrenze $\max \alpha_{\text{crit}}$ relevanter Eigenwerte festgelegt.

☞ Alle Berechnungen für Eigenwerte oberhalb der Grenze werden nicht ausgeführt. Die Anzahl der berechneten Eigenwerte kann somit von den eingestellten Werten im Tabellenbereich (#2) verschieden sein!

► **Tabelle der Lastkombinationen (#2):**

Mit der Hakensetzung in der ersten Tabellenspalte werden die Lastkombinationen zur Tragwerksberechnung ausgewählt. Berechnungen nach den Theorien 1. und 2. Ordnung sowie die Stabilitätssensitivität werden getrennt markiert.

Die maximale Anzahl der Eigenwerte wird individuell für jede Lastfallkombination festgelegt.

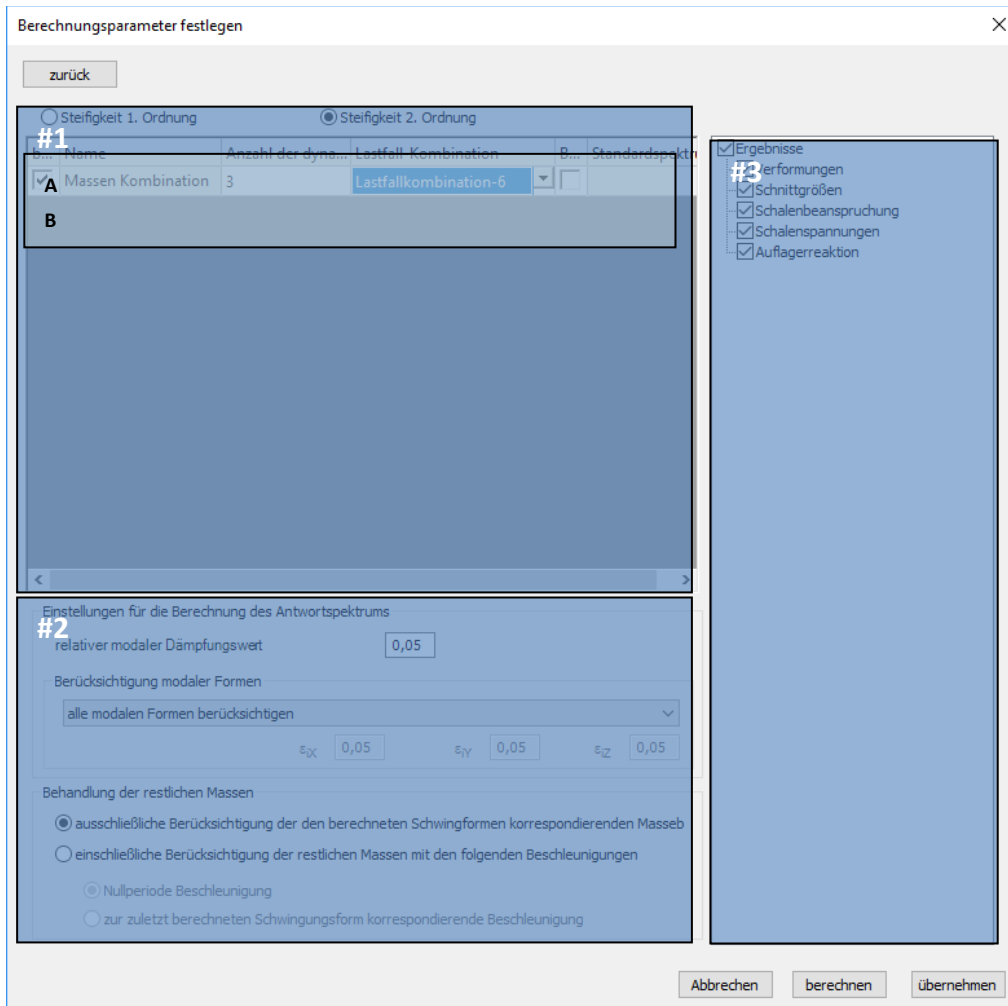
Spezielle Ergebnisse für jede Lastfallkombination steuert getrennt der Ergebnisbaum (#3).

☞ zu Testzwecken sollte man nur mit wenigen Kombinationen rechnen (Zeitersparnis!).

► **Ergebnisbaum (#3)**

Mit dem Ergebnisbaum werden die zu berechnenden Beanspruchungen jeder einzelnen Einwirkungskombination getrennt gesteuert. Ein gesetzter Haken vor **“BENUTZE ALLGEMEINE EINSTELLUNGEN”** behandelt alle Kombinationen gleich. Will man unterschiedliche Resultate für einzelne Kombinationen, markiert man mit der Maus deren Namen in Bereich (#2) blau und setzt die gewünschten Haken.

8.4.4.4 FOLGESEITE DER DYNAMISCHEN BERECHNUNG



Berechnungsparameter festlegen

zurück

☐ Steifigkeit 1. Ordnung ☒ Steifigkeit 2. Ordnung

Name	Anzahl der dyna...	Lastfall Kombination	B...	Standardspektrum
A Massen Kombination	3	Lastfallkombination-6		
B				

#2 Einstellungen für die Berechnung des Antwortspektrums

relativer modaler Dämpfungswert: 0,05

Berücksichtigung modaler Formen: alle modalen Formen berücksichtigen

Behandlung der restlichen Massen:

☒ ausschließliche Berücksichtigung der den berechneten Schwingformen korrespondierenden Masse

☐ einschließliche Berücksichtigung der restlichen Massen mit den folgenden Beschleunigungen:

☒ Nullperiode Beschleunigung

☐ zur zuletzt berechneten Schwingungsform korrespondierende Beschleunigung

#3 Ergebnisse

☒ Verformungen

☒ Schnittgrößen

☒ Schalenbeanspruchung

☒ Schalenspannungen

☒ Auflagerreaktion

Abbrechen berechnen übernehmen

Dieser Dialog besitzt drei Bereiche:

► **allgemeine Einstellungen (#1):**

- oberhalb der Tabelle ist zu entscheiden, ob die globale Steifigkeitsmatrix nach Theorie 1. oder 2. Ordnung erstellt wird;
bei Verwendung der Theorie 2. Ordnung erscheint in der Tabelle die zusätzliche Spalte "**Lastfallkombination**", mit der durch ein Drop-Down-Menü zu entscheiden ist, welche Lastfallkombination zur Erstellung der geometrischen Steifigkeitsmatrix zu verwenden für alle seismischen oder dynamischen Berechnungen.
- In der Tabelle erscheinen zeilenweise alle vorher definierten seismischen Effekte und alle Massenkombinationen. Die Anzahl der zu berechnenden Eigenformen ist wählbar (Default ist 10).

Die Zeilen der Tabelle unterscheiden sich in zwei Fälle:

- a. für modale Berechnung der Antwortspektren (MRSA):

für eine MRSA Berechnung muss mindestens ein **SEISMISCHER EFFEKT** definiert und zu einer seismischen Lastgruppe des Modells zugeordnet sein. Zur Definition der seismischen Effekte: → Kap. 12 /Erdbebenberechnung.

b. Zeilen für dynamische und Antwortspektren Berechnung

Jede **MASSENKOMBINATION** erscheint individuell mit einer Zeile in der Tabelle:

- gemäß den globalen Parametereinstellungen (→ Kap. 8.4.1) können freie Schwingungen und Antwortspektren berechnet werden.
- wenn für eine Massenkombination der Haken in der ersten Spalte **“berechnen”** gesetzt ist und der Haken vor **“Berechnung des Antwortspektrums”** ist nicht gesetzt, wird nur die Berechnung **FREIE SCHWINGUNGEN** ausgeführt.
- wenn für eine Massenkombination beide Haken gesetzt sind, wird zusätzlich noch die Berechnung des **ANTWORTSPEKTRUM** des Modells ausgeführt. Dazu ist allerdings ein vorher definiertes Antwortspektrum notwendig (→ Kap 7.6).

► Parameter zur Berechnung des Antwortspektrum (#2)

- **relativer Modaler Dämpfungsfaktor:** die Angabe erfolgt manuell
- **Berücksichtigung modaler Formen:**
standardmäßig werden alle Formen in die Berechnung einbezogen, aber über das Drop-Down-Menü können die Modalformen durch Angabe richtungsbezogener Grenzwerte limitiert werden.

► Ergebnisbaum (#3)

Mit dem Ergebnisbaum werden die zu berechnenden Beanspruchungen jeder einzelnen Massenkombination getrennt gesteuert. Ein gesetzter Haken vor **“BENUTZE ALLGEMEINE EINSTELLUNGEN”** behandelt alle Kombinationen gleich. Will man unterschiedliche Resultate für einzelne Kombinationen, markiert man mit der Maus deren Namen in Bereich (#2) blau und setzt die gewünschten Haken

8.5 BERECHNUNGSARTEN

8.5.1 ELASTISCHE BERECHNUNG DER BEANSPRUCHUNGEN

8.5.1.1 THEORIE 1. ORDNUNG

Eine Berechnung nach Theorie I. Ordnung ermittelt die Systemreaktionen mit der Ausgangsgeometrie und -festigkeit des Modells. Zur Systemkontrolle (z.B. der Lagerungsbedingungen) ist es ratsam, zunächst immer erst eine Berechnung nach Theorie I. Ordnung durchzuführen, bevor aufwendigere Berechnungen erfolgen (z. B. die Eigenanalyse).

Die Schritte der Berechnung nach Theorie I. Ordnung sind:

1. Erstellung der elastischen (Anfangs-)Steifigkeitsmatrizen der Finiten Elemente in ihren lokalen Koordinatensystemen
2. Zusammenstellung der globalen Steifigkeitsmatrix des gesamten Modells durch Transformation der Elementsteifigkeitsmatrizen und in das globale Koordinatensystem
3. Reduktion der globalen Steifigkeitsmatrix und der Spaltenmatrix der Knoteneinwirkungen unter Berücksichtigung der Randbedingungen (Stützungen, vorgeschriebenen Verschiebungen, Temperaturlasten usw.)

4. Lösung des linearen Gleichungssystems, das den Gleichgewichtszustand zwischen den äußeren Knoteneinwirkungen und den internen Knotenbeanspruchungen beschreibt und die gesuchten Knotenverformungen $\underline{u}$ ergibt:

$$\underline{\mathbf{K}}_s \underline{u} = \underline{f} \quad \rightarrow \quad \underline{u} = \underline{\mathbf{K}}_s^{-1} \underline{f} \quad (1)$$

5. Berechnung der inneren Beanspruchungen $\underline{f}^{el}$ (Schnittgrößen und Spannungen) der Elemente („el“) in ihren lokalen Koordinatensystemen:

$$\underline{f}^{el} = \underline{\mathbf{K}}_s^{el} \underline{u}^{el} \quad (2)$$

8.5.1.2 THEORIE 2. ORDNUNG

Eine Tragwerksberechnung nach der Theorie 2. Ordnung (Gleichgewicht am schwach verformten System) berücksichtigt, dass sich infolge der internen Beanspruchungen (und auch bei Doppelbiegung von Trägern mit Trägheitsverhältnissen $I_y/I_z \gg 1$) die Beanspruchungen des verformten Systems anders verhalten als nach der Theorie 1. Ordnung (Gleichgewicht in der unverformten Ausgangslage). Dieser Effekt muss berücksichtigt werden, in dem die elastische Anfangssteifigkeit (der Theorie I. Ordnung) mit der geometrischen Steifigkeitsmatrix infolge der inneren Beanspruchungen verändert wird.

Mit wachsenden Druckkräften und/oder Momenten M_y verringern sich die Systemsteifigkeiten. Zunehmend entstehen sehr große elastische Verformungen und Beanspruchungen, wenn sich die Druckkräfte/Momente dem ideellen Euler'schen Systemversagen ($N_{cr,i} = \alpha_{cr} \cdot N_i$ bzw. $M_{cr,i} = \alpha_{cr} \cdot M_i$ bzw. $(N \oplus M)_{cr,i} = \alpha_{cr} \cdot (N \oplus M)$) nähern. Eine elastische Berechnung versagt, wenn in mindestens einem Stab ($N_{cr,i} > \alpha_{cr} \cdot N_i$ oder $M_{cr,i} > \alpha_{cr} \cdot M_i$ oder $(N \oplus M)_{cr,i} > \alpha_{cr} \cdot (N \oplus M)$) ist, weil kein Gleichgewicht mehr vorhanden ist.

 Dies kann bei räumlichen Systemen allerdings auch schon auftreten, wenn der ideelle Euler'sche Versagenszustand nur in etwa erreicht ist!

Die Schritte der Berechnung nach Theorie. 2. Ordnung sind:

1. Durchführen der gesamten Berechnung nach Theorie 1. Ordnung, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben
2. Berechnung der geometrischen Steifigkeitsmatrizen ($\underline{\mathbf{K}}_g^{el}$) der finiten Elemente in ihren lokalen Koordinatensystem mit Hilfe der inneren Beanspruchungen ($\underline{f}^{el}$) nach Th. 1. O. der Elemente
3. Generierung der globalen Steifigkeitsmatrix 2. Ordnung ($\underline{\mathbf{K}}_s + \underline{\mathbf{K}}_g$) und der Spaltenmatrix der Knoteneinwirkungen ($\underline{f}$) des gesamten Modells durch Transformierung der Elementsteifigkeitsmatrizen und der Spaltenmatrix der Knoteneinwirkungen in das globale Koordinatensystem
4. Reduktion der globalen Steifigkeitsmatrix und der Spaltenmatrix der Knoteneinwirkungen unter Beachtung der Randbedingungen
5. Lösung des linearen Gleichungssystems:

$$(\underline{\mathbf{K}}_s + \underline{\mathbf{K}}_g) \cdot \underline{v} = \underline{f} \quad \rightarrow \quad \underline{v} = (\underline{\mathbf{K}}_s + \underline{\mathbf{K}}_g)^{-1} \cdot \underline{f}$$

6. Berechnung der inneren Beanspruchungen (Schnittgrößen und Spannungen) der Elemente („el“) in ihren lokalen Koordinatensystemen:

$$\underline{f}^{el} = \underline{\mathbf{K}}_s^{el} \cdot \underline{v}^{el}$$

7. Wenn die Differenzen zwischen den neuen Knotenverschiebungen (und/oder inneren Beanspruchungen) und den vorherigen einen bestimmten Grenzwert überschreiten, werden von Schritt 2 an die Berechnungen mit den neuen Verformungscharakteristiken solange wiederholt, bis genügende Genauigkeit besteht

8.5.1.3 STATISCHE EIGENANALYSEN – ELASTISCHES STABILITÄTSVERSAGEN

Bei einer Eigenanalyse werden kritische elastische Beanspruchungsniveaus, die den Verlust der elastischen Stabilität kennzeichnen, und die zugehörigen Eigenformen des Stabilitätsverlustes ermittelt. Mathematisch bedeutet dies, dass das Gleichungssystem nach Theorie 2. Ordnung homogen ist und der Gleichgewichtsverlust genau dann eintritt, wenn die Gesamtsteifigkeitsmatrix singulär wird. In **CS** wird die lineare Eigenanalyse mittels des **Laststeigerungsfaktors** α durchgeführt. Die Gruppe der Einwirkungen und damit die lastabhängigen Elemente der geometrischen Steifigkeitsmatrix werden linear bis zur Singularität der globalen Steifigkeitsmatrix gesteigert:

$$\underline{\mathbf{K}}_g \cdot (\alpha \cdot \underline{\mathbf{f}}) = \alpha \cdot \underline{\mathbf{K}}_g \cdot \underline{\mathbf{f}} \quad \rightarrow \quad (\underline{\mathbf{K}}_s + \alpha \cdot \underline{\mathbf{K}}_g) \cdot \underline{\mathbf{v}} = 0$$

Die **Stabilitätslösungen** sind die **kritischen Lastfaktoren** α_{cr}^i und **zugehörigen Eigenform-Spaltenmatrizen** $\underline{\mathbf{v}}_{cr}^i$, die mit den Ansatzfunktionen des FE-Elementes in **Knickform-Verläufe** $\eta(\mathbf{x})_{cr}^i$ umgerechnet werden. Im Falle von Träger/Stützen-Konstruktionen mit Balkenelementen werden mit **CS** alle möglichen Versagensarten der globalen Versagensfiguren ermittelt:

- ✓ **Biegeknicken**
- ✓ **Drillknicken**
- ✓ **Biegedrillknicken**
- ✓ **und alle Interaktionen zwischen diesen.**

8.5.1.4 ANALYSE UND BEWERTUNG DER STABILITÄTSGEFÄHRDUNG

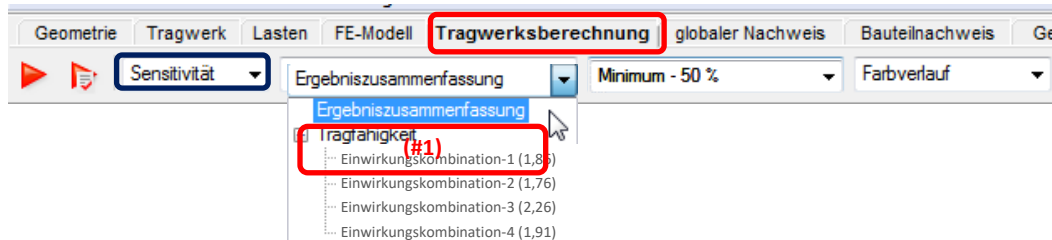
Die „**Analyse und Bewertung der Stabilitätsgefährdung**“ (kurz „**Sensitivität**“ genannt) ist eine hervorragende und **einzigartige** Funktion, um sich (z.B. vor der Erstellung von Tragfähigkeitsnachweisen) einen Überblick über die stabilitätsgefährdeten Tragelemente zu verschaffen. **Sie zeigt vollautomatisch für jedes (!) Bauteil die zum Stabilitätsnachweis maßgebende Eingeform!**

-  Wenn später bei den globalen Tragfähigkeitsnachweisen auch Globale Stabilitätsnachweise nach DIN EN 1993-1-1 / 6.3.4 geführt werden sollen (→Kap. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**), dann sollte unbedingt auch die Sensitivitätsanalyse parallel zu der Eigenanalyse erfolgen, weil dann im Globalen Stabilitätsnachweis bauteilbezogen die korrekten Eigenwerte automatisch Verwendung finden.

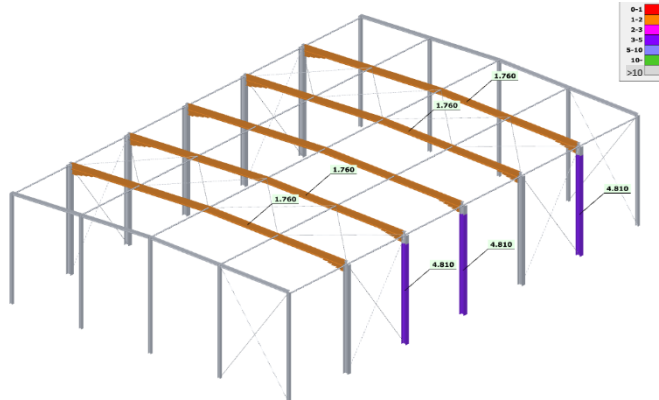
Es werden **Modale Relevanzfaktoren (MRF)**³⁾ *aller berechneten Eigenformen* für alle **Einwirkungen** und **Einwirkungskombinationen** berechnet, die zwischen 0% und 100% liegen.

Man kann sich Ergebnisse für **alle** („*Ergebniszusammenstellung*“) oder **einzelne Einwirkungen** bzw. **Einwirkungskombinationen** anzeigen lassen.

Bei der **Ergebniszusammenfassung** (#1) werden die niedrigsten Eigenwerte **min α_{cr}** aller Bauteile aller Einwirkungskombinationen am berechneten (Teil-)Modell farblich dargestellt.

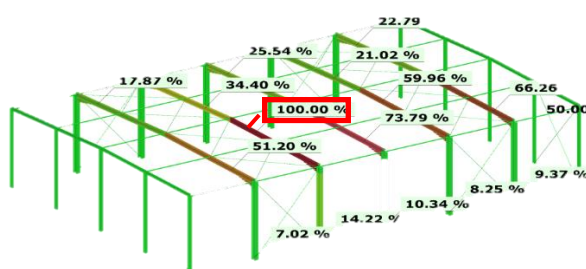
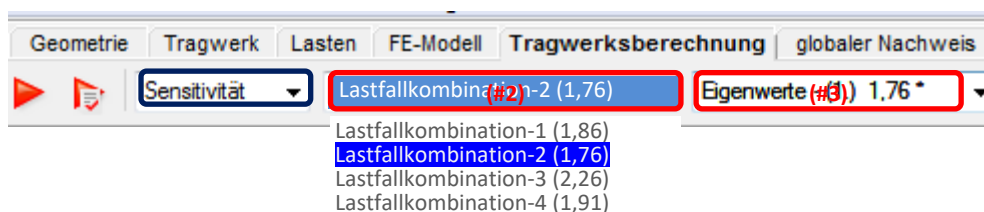


Rechts daneben kann man mit der Klappbox „**Minimum**“ (des MFR's) einen Minimalwert festlegen, oberhalb dem erst die Eigenwerte angezeigt werden. Die Einstellung des minimalen MFR's wird zu 50%-70% wird empfohlen.



Das Bild zeigt die **Eigenwerte** der meistgefährdeten Bauteile bei der Einstellung des MFR= 50%.

Mit Wahl einer Einwirkungskombination (#2) werden zunächst die zum zugehörigen minimalen Eigenwert gehörenden MFR-Werte angezeigt.

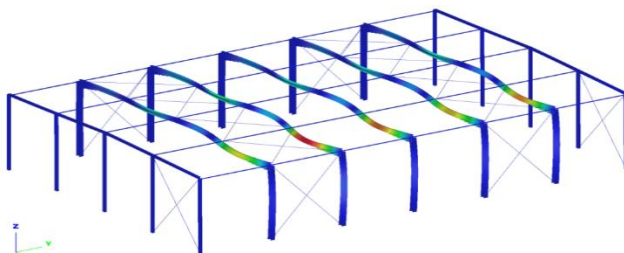
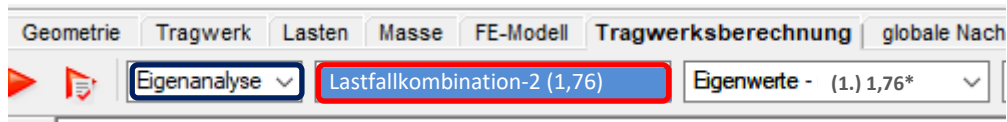


Die rechten Seiten der gevouteten Rahmenriegel zeigen MRF-Werte von 50% bis 100% und stellen somit die Tragelemente dar, die bei den Stabilitätsnachweisen bemessungsrelevant sind. Das bei der Einwirkungskombination-2 höchstbeanspruchte Bauteil zeigt MRF=100%.

³⁾ Papp, F., Rubert, A., Szalai, J.: DIN EN 1993-1-1 konforme integrierte Stabilitätsanalysen für 2D/3D Stahlkonstruktionen, Teil 3. Stahlbau 83 (2014), Heft 5, Abschnitt 12

Bei Wechsel zu höheren Eigenwerten (#3) werden die zugehörigen MRF-Auswertungen gezeigt. Dabei verändern sich die maßgebenden Bauteile mit hohen Werten, wobei auch hier wieder das höchstbeanspruchte mit 100% angezeigt wird.

Durch Wechsel der Ergebnisdarstellung zu **Eigenanalyse** können für jede Lastfallkombination auch die den Eigenwerten zugeordneten Eigenformen dargestellt werden.



In dem hier dargestellten Fall sind praktisch alle Rahmenriegel durch Biegedrillknicken gefährdet, wobei auch gekoppelte Biegeknickverformungen der rechten Rahmenstützen aus den Rahmenebenen zu erkennen sind.

Folglich sind Biegedrillknicknachweise für die kompletten Rahmen entweder nach DIN EN 1993-1-1, §6.3.4 oder mit Nachweisen nach der Biegetorsionstheorie 2. Ordnung mit eigenformbasierten Vorverformungen notwendig.

8.5.1.5 DYNAMISCHE EIGENANALYSEN – SCHWINGUNGSBERECHNUNG

CS berechnet beliebig viele elastische dynamische Eigenlösungen. Die mechanische Interpretation der dynamischen Eigenanalyse approximiert das Schwingungsverhalten einer Konstruktion. **CS** führt eine lineare Eigenanalyse durch und benutzt dazu die konsistente Massenmatrix ($\underline{\mathbf{M}}$) und die gesamte Steifigkeitsmatrix ($\underline{\mathbf{K}}_s + \underline{\mathbf{K}}_g$):

$$((\underline{\mathbf{K}}_s + \underline{\mathbf{K}}_g) + (\omega^j)^2 \cdot \underline{\mathbf{M}}) \cdot \underline{\mathbf{v}} = 0$$

Die Eigenlösungen der homogenen Matrixengleichung sind die Quadrate der Eigenkreisfrequenzen $(\omega)^2$ und zugehörigen ungedämpften elastischen Schwingungsformen $\underline{\mathbf{v}}^j$. Sie können in Schwingzeiten $\mathbf{T}$ und Eigenfrequenzen $\mathbf{f}$ umgerechnet werden:

$$\mathbf{T}^j = 1/\mathbf{f}^j = 2 \pi / \omega^j$$

Die berechneten Eigenformen sind von den bei der FE-Formulierung verwendeten Massen- und Steifigkeitsmatrizen abhängig. Während die meisten Programme bei Balkenstrukturen nur Biegeschwingungen berücksichtigen können (6DOF-Element), erfasst **CS** mit dem 7DOF-Element alle möglichen globalen Schwingungsformen:

- ✓ **Biegung**
- ✓ **Torsion**
- ✓ **Biege(wölbkraft)torsion**
- ✓ **alle Interaktionen zwischen diesen**

8.5.2 PLASTISCHE BERECHNUNGEN DER BEANSPRUCHUNGEN

8.5.2.1 GRUNDLAGEN

Es wird die *elastisch-plastische ebene Fließgelenktheorie* verwendet, die (teil-)plastische Zonen an den Stellen relativer Extremwerte der Momente M_y geometrisch als sog. Fließgelenke zusammenfasst.

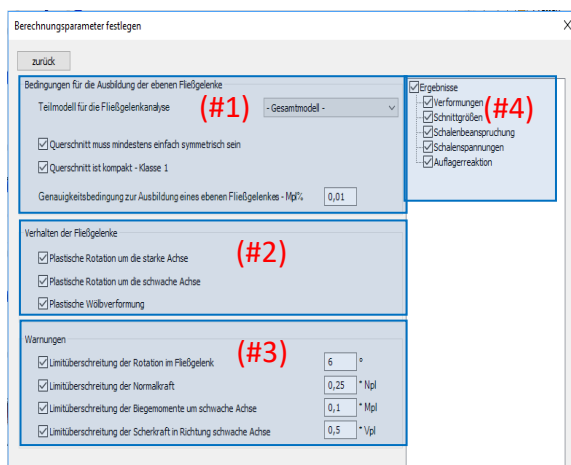
- ☞ eine mögliche Reduktion/Vergrößerung der plastischen Momententragfähigkeit infolge Schub- und Normalkräften oder dem Moment M_z wird nicht berücksichtigt!

Die Parameterfestlegungen für eine Berechnung nach der Fließgelenktheorie erfolgt mit dem -Schalter rechts neben der Klappbox „**Berechnungstyp**“ im Dialog „**BERECHNUNGS-PARAMETER FESTLEGEN**“ (→ Kap. 8.4).

Es wird die *elastisch-plastische ebene Fließgelenktheorie* verwendet, die (teil-)plastische Zonen an den Stellen relativer Extremwerte der Momente M_y geometrisch als sog. Fließgelenke zusammenfasst.

- ☞ eine mögliche Reduktion/Vergrößerung der plastischen Momententragfähigkeit infolge Schub- und Normalkräften oder Moment M_z wird nicht berücksichtigt!

Die Parameterfestlegungen für eine Berechnung nach der Fließgelenktheorie erfolgt mit dem -Schalter rechts neben der Klappbox „**Berechnungstyp**“ im Dialog „**BERECHNUNGS-PARAMETER FESTLEGEN**“ (→ Kap. 8.4).



Die erste Parametergruppe (#1) beschreibt die Bedingungen zur Ausbildung von Fließgelenken:

- ✓ man kann mit dem Drop-Down-Menü das Gesamt- oder ein (vorher definiertes) Teilmodell zur Berechnung auswählen
- ✓ Option für mindestens Einfachsymmetrie (um die lokale z-Achse) der Fließgelenkquerschnitte
- ✓ kompakte (AISC) oder Querschnitte der Klasse 1 (EC) notwendig

- ☞ Gemäß den amerikanischen (AISC) und europäischen (EC) Vorschriften sind die letzten beiden Einschränkungen für die Anwendung der Fließgelenktheorie erforderlich!

- ✓ Um unnötig lange Iterationszeiten zu vermeiden, kann die Genauigkeit der Einhaltung des plastischen Momentes $M_{pl,Rd}$ als zulässige prozentuale Abweichung festgelegt werden.

Die zweite Parametergruppe (#2) beschreibt das mechanische Verformungsverhalten der Fließgelenke nach ihrer Ausbildung:

Da die berechneten Fließgelenke Bestandteil eines 3D-Strukturmodells sind (das Wort „eben“ bezieht sich lediglich auf die Bedingungen der mechanischen Ausbildung), wird das anschließende Verformungsverhalten bestehender Fließgelenke von **CS** dreidimensional

berechnet. Folglich kann ein Fließgelenk einen Rotationswinkel um die starke und um die schwache Achse ausbilden und damit zusätzlich unbehinderte Wölbverformungen besitzen.

- ☞ Die letzten beiden Bedingungen sind bei 3D-Strukturen realistisch, denn es werden (zumindest bei Trägern mit I-Querschnitt) bei Ausbildung eines Fließgelenkes die Flansche vollplastisch und damit geht ihre Steifigkeit gegen Null, so dass sich zusätzlich Rotationen um die schwache Achse und Flanschverwölbungen einstellen können!
- ☞ Diese Optionen betreffen allerdings nur das räumliche Verformungsverhalten senkrecht zu den Trägerebenen), insbesondere das Biegeknick- und Biegedrillknickverhalten der Tragelemente unmittelbar neben den Fließgelenken).

Die dritte Parametergruppe (#3) macht Angebote für Warnungsmeldungen:

Da keine Reduktion des vollplastischen Momentes stattfindet, werden während der gesamten „sukzessiven“ Rechenprozedur zur lastabhängigen Ausbildung der Fließgelenke bei gesetzten Hakenboxen Warnmeldungen erscheinen, wenn (nicht berücksichtigte) Reduktionen der vollplastischen Momententragfähigkeit auftreten.

Da bei Fließgelenkberechnungen erheblich mehr Daten anfallen als bei elastischen Berechnungen, macht die vierte Parametergruppe (#4) Angebote zur reduzierten Datenverwaltung.

Die für den Anwender wichtigen Ergebnisse können für alle Schritte der Fließgelenkausbildung gespeichert werden. Reduzieren sie so weit wie möglich!

8.5.2.2 THEORIE 1. ORDNUNG

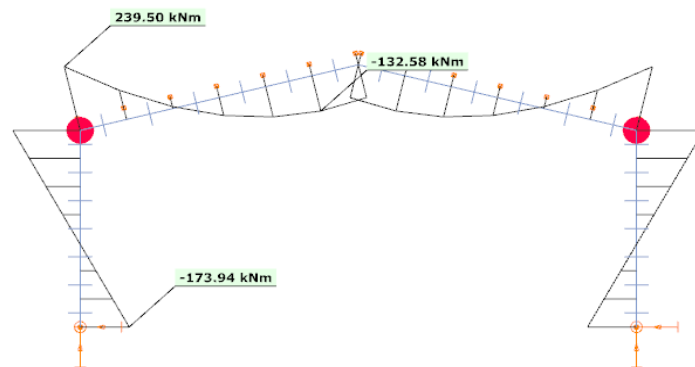
Mathematisch betrachtet erfolgen die Berechnungen wie bei der elastischen Analyse. Aber es handelt sich um mehrfache schrittweise Berechnungen mit durch Momentengelenkbildung veränderten statischen Systemen (und damit veränderten Steifigkeitsmatrizen) sowie gesteigerten oder abfallenden Lastniveaus, um die sukzessive Abfolge der sich einstellenden Fließgelenke zu ermitteln und letztlich die Instabilität des Systems infolge einer kinematischen Kette zu erfassen.

Der Berechnungsprozess läuft wie folgt ab:

1: es erfolgt eine Berechnung der Beanspruchungen nach Theorie. 1. Ordnung gemäß der vom Anwender spezifizierten Einwirkungskombination. Dann wird die gesamte Momentenlinie $M_{y,Ed}(x)$ des Tragwerks gescannt und mit den plastischen Grenzmomenten $M_{y,Rd}$ der einzelnen Querschnitte verglichen.

2a: falls an keiner Stelle des Tragwerks die jeweiligen plastischen Grenzmomente $M_{y,Rd}$ der einzelnen Profile noch nicht erreicht oder überschritten sind, erfolgt eine Steigerung der Einwirkungen bis zum Erreichen des ersten Fließgelenks (oder bei Symmetrie des Systems auch mehrere Fließgelenke gleichzeitig).

2b: ist an einer oder mehreren Stellen die plastische Grenztragfähigkeiten $M_{y,Rd}$ überschritten, reduziert ConSteel Lastniveau schrittweise, bis dass sich gerade das erste Fließgelenk (oder bei Symmetrie des Systems auch mehrere Fließgelenke gleichzeitig) bildet/bilden ($\max |M_{y,Ed}(x)| = M_{y,Rd}$). Diese Fließgelenke werden in der Strukturgrafik mit roten Punkten dargestellt.



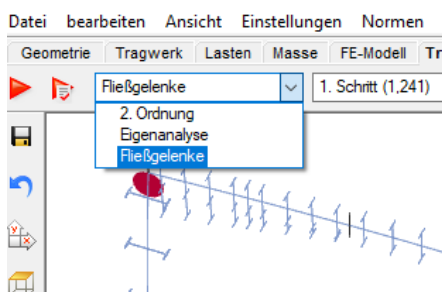
3: im Lastniveau der sich aktuell gebildeten Fließgelenke bilden sich mechanisch Vollgelenke, sodass sich die globale Steifigkeit des außerhalb der plastischen Stellen weiterhin elastischen Tragwerk verändert hat.

4: ConSteel berechnet jetzt mittels des erhöhten globalen Steigerungsfaktors α der Einwirkungskombination und der veränderten elastischen Steifigkeitsmatrix die internen Beanspruchungen bis sich das nächste (die nächsten) Fließgelenk(e) ausbildet/ausbilden.

5: Analog zu Punkt 3 werden im Tragwerk an den neuen Fließgelenkstellen weitere Vollgelenke eingeführt, die globale Steifigkeitsmatrix entsprechend angepasst und die Iteration gemäß Punkt 4 fortgesetzt.

Wenn sich so viele Fließgelenke ausgebildet haben, dass die Struktur instabil geworden ist, wird die plastische Berechnung beendet. Damit ist die sog. Traglast als höchstes vom Tragwerk ertragbares Lastniveau bestimmt. Wenn dazu ein Laststeigerungsfaktor kleiner 1.0 gehört, war die gegebene Anfangsstruktur bereits instabil und die Berechnung nach Theorie. 1. Ordnung stoppt ohne Ergebnis, was mit einer Alarmmeldung gekennzeichnet wird.

Wenn während der Laststeigerung der Ermittlung aller Fließgelenke das Lastniveau 1.0 erreicht wird, werden die dazu gehörenden Berechnungsergebnisse (Beanspruchungen, Verformungen, etc.) intern gespeichert. Mit diesen Ergebnissen werden anschließend die GZT- und GZG-Nachweise geführt. Diese Beanspruchungen werden auch für die Stabilitätsanalyse (Eigenform- und Eigenwerte) genutzt.



Sie können auch die Entwicklung der plastischen Gelenke mit steigendem Lastniveau verfolgen, wenn Sie im Drop-Down-Menü der Ergebnisanzeigen „**FLIEßGELENKE**“ wählen. Daneben können Sie dann eine bestimmte Fließgelenkausbildung wählen, wobei der Wert in Klammern das zugehörige Lastniveau angibt.

8.5.2.3 THEORIE 2. ORDNUNG

Coming soon!

8.5.2.4 STATISCHE EIGENANALYSEN – STABILITÄTSBERECHNUNGEN

Die Iteration wird analog der plastischen Berechnung der Theorie 1. Ordnung (→ Kap. 8.5.2.2) bis zum Lastfaktor 1.00 der Einwirkungen durchgeführt, was mit einem speziellen Einwirkungs niveau korrespondiert. Mit der lastunabhängigen elastischen Steifigkeitsmatrix $\underline{K}_s$ und der vom internen Beanspruchungsniveau abhängigen geometrischen Steifigkeitsmatrix $\underline{K}_g$ werden die Berechnungen analog der elastischen Berechnungen durchgeführt.

8.6 BERECHNUNGSERGEBNISSE

8.6.1 ERGEBNISARTEN

Für beide Arten von finiten Elementen (Linien- und Flächenelemente) sind die folgenden Ergebnisse verfügbar:

8.6.1.1 LINIENELEMENTE

❖ **für elastische oder plastische Berechnungen:**

- Berechnung nach Theorie 1. und 2. Ordnung
- **Verformungen** (der Finite-Elementknoten im GKS/LKS)
 - ✓ XYZ – vektorielle Gesamtverformung
 - ✓ X – nur Verformungen in globaler X-Richtung
 - ✓ Y – nur Verformungen in globaler Y-Richtung
 - ✓ Z – nur Verformungen in globaler Z-Richtung
 - ✓ R_x – nur Rotation um die globale X-Achse
 - ✓ R_y – nur Rotation um die globale Y-Achse
 - ✓ R_z – nur Rotation um die globale Z-Achse
 - ✓ R_x' – Verdrillung um die lokale x-Achse des Bauteils [Rad/m]
 - ✓ R_{xx} – nur Rotation um die lokale x-Achse des Bauteils [Grad]
- **Schnittgrößen** (an Endknoten der finiten Elemente im LKS)
 - ✓ N - Axialkraft
 - ✓ V_y - Querkraft in der lokalen "y"-Richtung
 - ✓ V_z - Querkraft in der lokalen "z"-Richtung
 - ✓ M_x - Torsionsmoment (M_{xp} und M_{xs} bei offenen Profilen)
 - ✓ M_y - Biegemoment um die lokale "y"-Achse
 - ✓ M_z - Biegemoment um die lokale "z"-Achse
 - ✓ B - (Wölb-)Bimoment
- **Auflagerreaktionen** (im GKS)
 - ✓ R - alle Reaktionskräfte und -momente
 - ✓ R_R - alle Reaktionskräfte
 - ✓ R_{RR} - alle Reaktionsmomente
 - ✓ R_x - Reaktionskräfte in globaler X-Richtung
 - ✓ R_y - Reaktionskräfte in globaler Y-Richtung
 - ✓ R_z - Reaktionskräfte in globaler Z-Richtung
 - ✓ R_{xx} - Reaktionsmoment um die globale X-Achse
 - ✓ R_{yy} - Reaktionsmoment um die globale Y-Achse
 - ✓ R_{zz} - Reaktionsmoment um die globale Z-Achse
 - ✓ statische Eigenwerte und zugehörige Eigenformen der Finiten-Elementknoten im GKS
 - ✓ Fließgelenkgeschichte (nur bei plastischer Berechnung!):
Lage der Fließgelenke und Lastniveaus ihrer Ausbildung

❖ **nur elastische Berechnungen:**

- ✓ dynamische Eigenwerte und zugehörige Eigenformen der finiten Elementknoten im GKS

8.6.1.2 FLÄCHENSTRUKTUREN

❖ **für elastische Berechnungen:**

- Berechnung nach Theorie 1. und 2. Ordnung
- **Verformungen** (der Finite-Elementknoten im GKS)
 - ✓ XYZ – vektorielle Gesamtverformung
 - ✓ X – nur Verformungen in X-Richtung
 - ✓ Y – nur Verformungen in Y-Richtung
 - ✓ Z – nur Verformungen in Z-Richtung
 - ✓ R_x – nur Rotation um die lokale x-Achse des Bauteils
 - ✓ R_y – nur Rotation um die lokale y-Achse des Bauteils
 - ✓ R_z – nur Rotation um die lokale z-Achse des Bauteils
- **Gleichgewichtskontrolle:**

die Summe der inneren und äußeren Knotenkräfte und –Momente und der Reaktionskräfte und –Momente müssen Null ergeben (das System ist im (un)verformten Zustand im Gleichgewicht)
- **Schnittflächenbeanspruchungen:**

sind Randkräfte/-momente pro Längeneinheit an den FE-Knoten im LKS

 - ✓ m_x – Biegemoment in Querschnitten senkrecht zur lokalen x-Achse
 - ✓ m_y – Biegemoment in Querschnitten senkrecht zur lokalen y-Achse
 - ✓ m_{xy} – Torsionsmoment
 - ✓ n_x – Normalkraft in der lokalen x-Richtung
 - ✓ n_y – Normalkraft in der lokalen "y"-Richtung
 - ✓ n_{xy} – Membranschubkraft
 - ✓ v_{xz} – Querkraft auf dem Schnitt senkrecht zur lokalen "x"-Achse
 - ✓ v_{yz} – Querkraft auf dem Schnitt senkrecht zur lokalen "y"-Achse
 - ✓ v_{RZ} – resultierende Querkraft
 - ✓ α_n – Hauptachsenrichtungen der Kräfte

$$\alpha_n = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{2n_{xy}}{n_x - n_y} \right) \quad -90^\circ < \alpha_n \leq +90^\circ$$

- ✓ α_m – Hauptachsenrichtungen der Momente

$$\alpha_m = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{2m_{xy}}{m_x - m_y} \right) \quad -90^\circ < \alpha_m \leq +90^\circ$$

- **Flächenspannungen:**

in der oberen, mittleren und unteren Ebene der Querschnittsflächen an den Knoten der finiten Elemente im LKS

- ✓ σ_x - Normalspannung in der lokalen x-Richtung
- ✓ σ_y - Normalspannung in der lokalen y-Richtung
- ✓ σ_{xy} - Schubspannung
- ✓ σ_1 - maximale Hauptspannung

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \sigma_{xy}^2}$$

- ✓ σ_2 - minimale Hauptspannung

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \sigma_{xy}^2}$$

- ✓ σ_{eq} - Vergleichsspannung (Huber-Mises-Hencky Spannung σ_{HMH})

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\sigma_{xy}^2}$$

- ✓ α_σ - Hauptrichtung der Spannungen

$$\alpha_\sigma = \frac{1}{2} \arctan\left(\frac{2\sigma_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}\right) - 90^\circ < \alpha_\sigma \leq +90^\circ$$

- **Auflagerreaktionen (im GKS)**

- ✓ R - alle Reaktionskräfte und -momente
- ✓ R_R - alle Reaktionskräfte
- ✓ R_{RR} - alle Reaktionsmomente
- ✓ R_x - Reaktionskräfte in die globale X-Richtung
- ✓ R_y - Reaktionskräfte in die globale Y-Richtung
- ✓ R_z - Reaktionskräfte in die globale Z-Richtung
- ✓ R_{xx} - Reaktionsmoment um die globale X-Achse
- ✓ R_{yy} - Reaktionsmoment um die globale Y-Achse
- ✓ R_{zz} - Reaktionsmoment um die globale Z-Achse

- **statische Eigenwerte und zugehörige Eigenformen**
der Finiten-Elementknoten im GKS

- **dynamische Eigenwerte und zugehörige Eigenformen**
der Finiten-Elementknoten im GKS

8.6.2 VISUALISIERUNGEN

Die Ergebnisse von FE-Berechnungen bestehen i.A. aus großen Datenmengen, so dass eine effiziente Handhabung und Selektion maßgebender Werte von großer Bedeutung ist. **CS** bietet diverse Möglichkeiten für einen Gesamtüberblick und/oder zum Erhalt von genauen und detaillierten Informationen zu einem bestimmten Teil oder zu einem bestimmten Problem.

Es werden zwei Möglichkeiten der Ergebnisanalyse geboten:

- ✓ optische/grafische Visualisierungen und mit Markierungsmöglichkeit relevanter Werte
- ✓ mit Ergebnistabellen

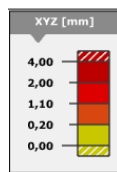
Der Umgang mit Tabellen wurde bereits in Kap. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** erläutert.

Die **Visualisierungen** können im Registerblatt „**Tragwerksberechnung**“ in darunter befindlichen (rot umrandeten) Funktionen der Symbolleiste bearbeitet werden.



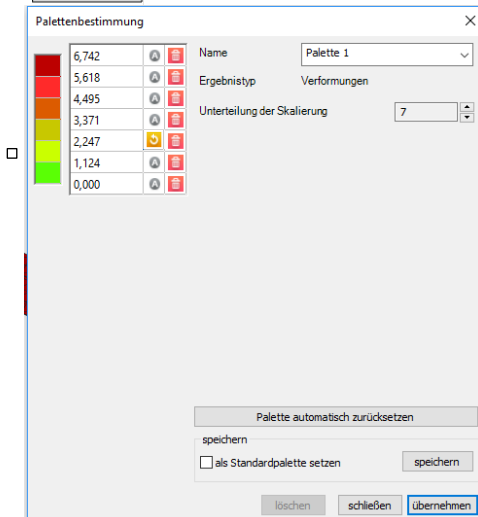
Die vier Drop-Down-Menüs enthalten folgende Auswahlmöglichkeiten:

- (#1): Auswahl der Berechnungsart (1. Ordnung/2. Ordnung/Eigenanalyse/Sensibilität der Stabilität)
- (#2): Auswahl des Lastfalls oder der Lastfallkombination
- (#3): Auswahl der Beanspruchung
- (#4): Auswahl der Darstellungsart (unterschiedlich je nach Bauteil/Beanspruchung)



Falls **„DISKRETE FARBEN“** im Drop-Down-Menü (#4) als Darstellungsart wählbar ist, kann die Standard-Farbpalette verändert werden:

Mit rechtem Mausklick auf die Farbenlegende oben rechts in der Grafik öffnet sich der Dialog der **„PALETTENBESTIMMUNG“**.

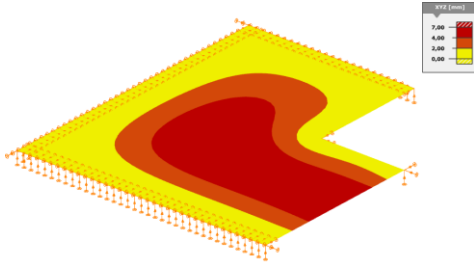


Im numerischen Feld „Unterteilung der Skalierung“ kann mit den Pfeil-Schaltern (↕) die Anzahl der Skalierungen verändert werden. Mit dem **Löschen-Icon** (🗑️) kann die betreffende Skalierungszeile gelöscht werden.

Die Zahlenangaben beziehen sich auf die aktuelle Darstellung (z.B. Verformung XYZ [mm]) und die Schritte werden automatisch an die Minimal- und Maximalwerte angepasst. Die Schrittweiten können allerdings durch manuelle Eingabe an die numerischen Felder beliebig verändert werden. Hinter manuell veränderten Werten erscheint das **Rückgängig-Icon** (↶), das wieder auf die automatische Berechnung zurückführt.

Veränderungen können mit einem Palettennamen versehen und mit „speichern“ gesichert werden (in Documents/ConSteel folder/UserConfig.xml).

Eine beliebige Palette kann auch durch Hakensetzung als Standardpalette bestimmt werden.



Alle Möglichkeiten der Perspektive (beliebige Drehung, Ansichten, Schnitte ...; sind auf die Ergebnisgrafiken anwendbar. Mit dem Schieber (#5) neben dem Drop-Down-Menü (#4) wird die Skalierung der Grafik gesteuert. Das Icon  blendet zum besseren Vergleich zusätzlich die Ausgangskonfiguration ein.

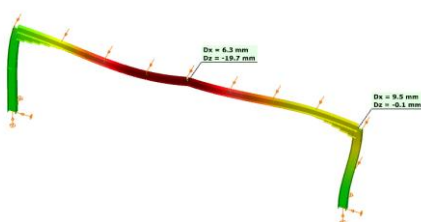
Unter den grafischen Ergebnisdarstellungen befinden sich die tabellarisch aufbereiteten Ergebnisse. Drei Arten von **Ergebnistabellen** können erstellt werden:

	Extremwerte (sortiert nach Bauteilen): es werden die maximalen und minimalen Werte angezeigt
	benutzerdefinierte Werte: zeigt die Werte der Markierungen an, die vorab vom Benutzer durch rechten Mausklick in die Grafik eingefügt wurden (→ Kap. 8.6.3)
	alle Werte: Die Ergebnistabellen ordnen die Werte in Spalten gemäß des aktuellen Ergebnistyps: • Verformungsarten: Verformungen nach 1./2. Ordnung, statische / dynamische Eigenformen nach Knotennummer des Finiten Elements, Verformungskomponenten • Beanspruchungsarten: Schnittgrößen, Kräfte/Spannungen nach Knotennummer des Finiten Elementes, Finite-Element-Nummer, Kraftkomponenten • Auflagerreaktionen/Gleichgewicht: Knotennummer des Finiten-Elementes, Reaktionskomponenten

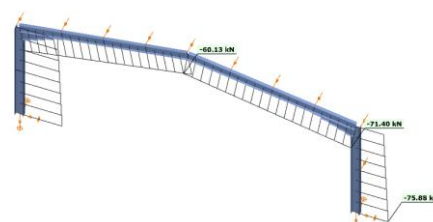
8.6.3 ERGEBNISMARKIERUNGEN

In den Ergebnissgrafiken können an beliebigen Stellen Markierungen gesetzt werden, um gewünschte signifikante Werte permanent anzuzeigen. Durch das Bewegen der Maus entlang der Strukturelemente (oder genauer der Finiten Elemente) erscheinen kontinuierlich Ergebnismarkierungen mit den örtlichen Werten. Diese Markierung kann durch einen **Klick** auf die **rechte Maustaste** und wählen der **"Label"**-Funktion permanent in die Grafik eingefügt werden. Die fixierten Markierungen erscheinen kontextsensitiv auf jeder Ergebnisansicht, falls sinnvoll; beispielsweise:

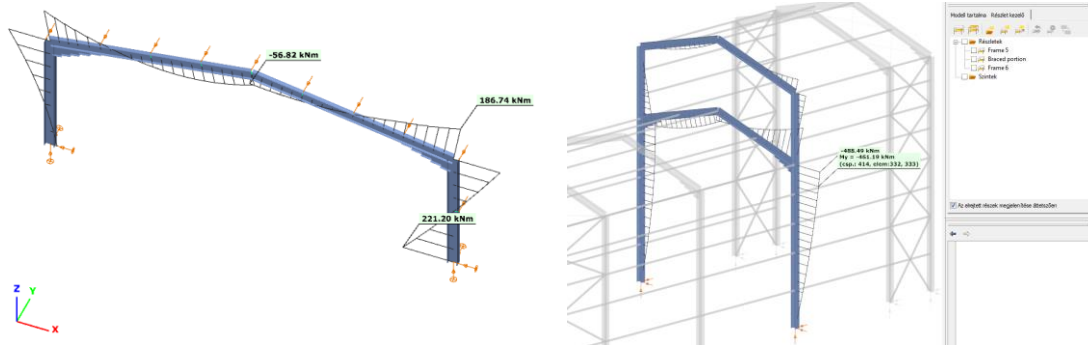
✓ Verformungen



✓ Normalkräfte



✓ Biegemomente:



Im Falle einer teilweisen Darstellung oder der Analyse eines Teilmodells werden nur die zugehörigen Ergebnisse angezeigt (Bild rechts).

In der Grafik fixierte Markierungen werden darunter in der „**benutzerdefinierten Tabelle**“ eingetragen, die vom aktuellen Teilmodell abhängig ist. Dort kann man durch Löschung des Hakens die Markierungen im zugehörigen Bild ausblenden.

☐	5	37	-60,130	0,000	4,900	0,000	-56,820	0,000	0,000
☒	4	56	-71,400	0,000	52,980	0,000	186,740	0,000	0,000
☒	3	9	-75,880	0,000	-78,680	0,000	221,200	0,000	0,000

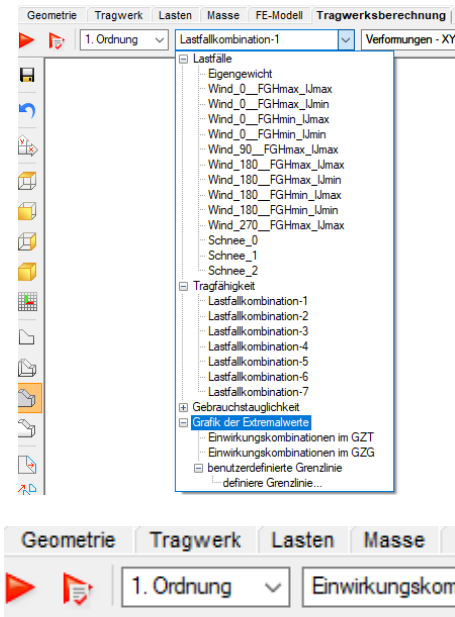
Marker können gelöscht werden, indem man:

- auf die entsprechende Zeile in der Tabelle mit der rechten Maustaste klickt
- auf den markierten Punkt in der Grafik mit der rechten Maustaste klickt und "Label löschen" wählt

Extremwerte der aktuellen Darstellung können mit () automatisch in einer gesonderten Tabelle erstellt werden und sind spaltenweise sortierbar. Mit den Hakenboxen sind Einzelwerte in der Grafik sichtbar zu machen.

8.6.4 EXTREMALLINIEN (UMHÜLLENDE KURVEN)

Es können *minimale*, *maximale* und *minimal-maximal* einhüllende Kurven (Extremallinien) für die Beanspruchungsergebnisse der Lastfallkombinationen von *Balken*- und *Schalenelementen* sowohl für den GZT als den GZG (je nach Einstellung der Berechnungsparameter) erstellt werden.

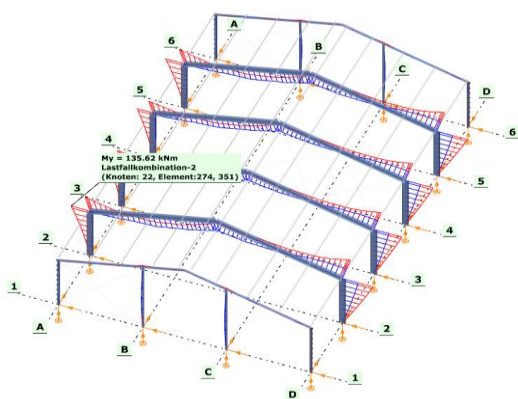


Unten im Drop-Down-Menü der **LASTFALLKOMBINATIONEN** des Registers **TRAGWERKSBERECHNUNG** können Grafiken der Extremallinien (je nach Einstellung Theorie 1. oder 2. Ordnung) gewählt werden. Standardmäßig steht eine für den GZT und eine für den GZG zur Verfügung. Es können jedoch eigene Linien erstellt werden (→ Kap. 8.6.4.1).

Folgende Ergebnisse lassen sich als Extremallinien darstellen:

- ▶ Schnittgrößen von Balken ($N, M_y, M_z, T \equiv M_x, V_z, V_y, B \equiv M_\omega$)
- ▶ Schnittgrößen von Schalen ($n_x, m_x, m_y, m_{xy}, v_{xz}, v_{yz}, v_{Rz}$)
- ▶ Schalenspannungen

Minimale Werte sind in den Diagrammen **blau** und **maximale Werte** sind **rot** dargestellt.

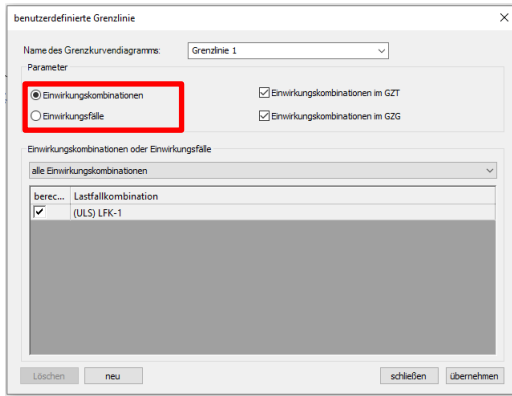
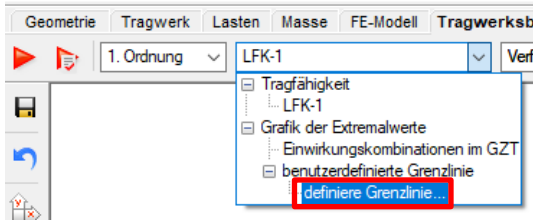


Mit Bewegen des Mauscurors über die Ordinatenendpunkte der Minimal- oder Maximalkurven erscheint die Anzeige des Wertes und der zugehörigen Lastfallkombination.

Die rechte Maustaste fixiert (nur) den Extremalwert in der Grafik. Allerdings wird eine benutzerdefinierte Tabelle erstellt, die alle weiteren Informationen (z.B. LF-Kombination) enthält.

8.6.4.1 BENUTZERDEFINIERTER GRENZLINIEN

Die standardmäßig von **CS** erstellten Extremallinien benutzen die Ergebnisse *aller* GZT- und GZG-Kombinationen. Es lassen sich aber auch benutzerdefinierte Grenzkurven erstellen. Dazu sind diejenigen Lastkombinationen und/oder lastfallkombinationen festzulegen, die zur Berechnung der Hüllkurven berücksichtigt werden sollen. Diese Definitionen sind dann als **benutzerdefinierte Grenzkurve** zu speichern.



Nach einer erfolgreichen Berechnung nach Theorie 1. und/oder 2. Ordnung können unten im Drop-Down-Menü der **LASTFALLKOMBI-NATIONEN** des Registers **TRAGWERKSBE-RECHNUNG** durch Anklicken der Zeile **definiere Grenzlinie...** eigene Grenzlinien definiert werden.

Es erscheint der Dialog **BENUTZERDEFINIERTER GRENZLINIE**. Hier können mit dem Button **NEU** beliebig viele eigene Grenzlinien erzeugt werden.

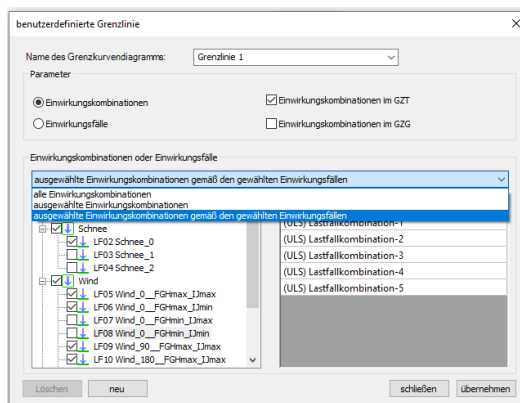
Je nach Wahl der gewünschten Auswertung

- Einwirkungskombinationen (Last-Kombin.)
- Einwirkungsfälle (Lastfälle)

erscheinen im Bereich (#1) ein kontextsensitives Drop-Down-Menü und ein Auswahlfenster.

Die Wahlmöglichkeiten der **Einwirkungskombinationen** sind:

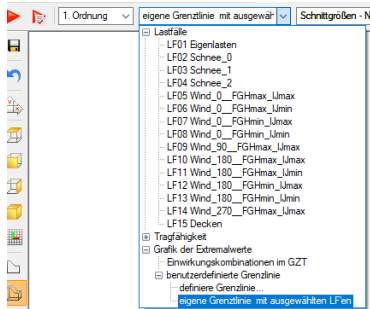
- ▶ **alle Einwirkungskombinationen**
- ▶ **ausgewählte Einwirkungskombinationen:**
- ▶ mit den Markierungsboxen kann aus den zur Verfügung stehenden Einwirkungskombinationen selektiert werden
- ▶ **Einwirkungskombinationen gemäß den selektierten Lastfällen:**



Es werden nur diejenigen Lastfallkombinationen zur Grenzkurvenberechnung berücksichtigt, deren Lastfälle mit in den Hakenboxen vom Anwender markiert wurden.

Die Wahlmöglichkeiten der **Einwirkungsfälle** sind:

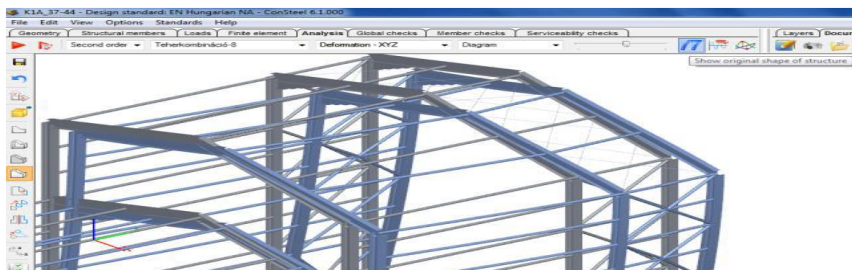
- ▶ **alle Lastfälle**
- ▶ **ausgewählte Einwirkungskombinationen:**
- mit den Markierungsboxen kann aus den zur Verfügung stehenden Lastfällen selektiert werden



Die mit eigenen Namen versehenen selbst definierten Grenzlinien erscheinen mit Anklicken des Schalters „**ÜBERNEHMEN**“ im Strukturbaum der Ergebnisauswahl.

8.6.5 UNVERFORMTES SYSTEM DARSTELLEN ()

Die Funktion „**unverformtes System darstellen** ()“ trägt die unverformte Konfiguration des Systems zusätzlich in die Grafik des verformten Systems ein, um die Verformungen besser erkennen zu können:



8.6.6 TABELLE DER MAßGEBENDEN STABENDWERTE ()

Das letzte Symbol () der Symbolleiste der **TRAGWERKSBERECHNUNG** aktiviert die Tabelle der maßgebenden Werte. Die Funktionalität der Tabelle ist wie folgt:

Grenzzustand	Auswahl der entsprechenden Lastkombinationen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit oder Gebrauchstauglichkeit; die Verformungen erscheinen automatisch für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit, während die Schnittgrößen und Auflagerreaktionen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit erscheinen
Extremwerte	Art der Extremwerte
Sortierung	sortiert die Werte nach Stäben, Stabgruppen oder Querschnitten
Stabenden	der Umgang mit den Enden der Bauteile, entweder getrennt (A, B Enden) oder zusammen (beide Enden)

Maßgebende Werte

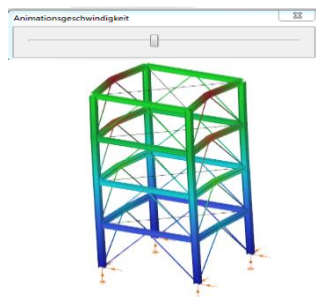
Einstellungen
 Grenzzustand: Tragfähigkeit
 Extremwerte: absolutes Maximum
☒ wenn der Dominantwert 0 ist, soll dieser nicht in der Tabelle ersc
☐ Sonderreihe

Bezeichnung	maßgebend	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	R _x [Grad]	R _y [Grad]	R _z [Grad]	Lastfall-Kombination
2	Z	19,61	33,02	-0,23	3,95	-0,19	0,53	Lastfallkombination-2
4	Z	19,64	6,61	-0,55	0,16	0,20	-0,35	Lastfallkombination-2
6	Z	100,74	1,20	-0,26	-0,01	1,56	0,12	Lastfallkombination-2
8	Z	86,09	0,81	-0,25	-0,05	1,34	-0,04	Lastfallkombination-2
26	Z	67,43	1,02	-0,06	-0,02	0,84	0,00	Lastfallkombination-2
32	Z	67,55	10,20	-0,18	-0,08	0,26	0,00	Lastfallkombination-2
35	Z	73,78	1,13	-45,10	-0,66	0,42	-0,09	Lastfallkombination-2
36	Z	63,62	18,89	-28,31	0,16	0,46	0,16	Lastfallkombination-2
37	Z	70,92	11,11	-23,64	0,86	-0,46	0,20	Lastfallkombination-2
38	Z	56,33	-2,34	-46,01	-1,14	-0,76	-0,10	Lastfallkombination-2
39	Z	21,27	-3,55	-11,44	-1,17	0,39	-0,34	Lastfallkombination-2
40	Z	102,88	1,28	-122,84	-0,65	-1,13	-0,02	Lastfallkombination-2
42	Z	19,61	35,44	-0,10	5,19	0,54	0,57	Lastfallkombination-2
43	Z	122,33	5,35	-157,08	-0,01	-1,22	0,02	Lastfallkombination-2
44	Z	19,72	10,74	-0,11	0,09	0,29	0,07	Lastfallkombination-2
45	Z	14,73	19,67	-35,83	0,32	0,61	0,11	Lastfallkombination-2
46	Z	112,15	9,26	-135,12	0,54	-1,24	0,11	Lastfallkombination-2
48	Z	20,19	1,93	-4,19	-0,42	0,37	-0,44	Lastfallkombination-2
49	Z	69,79	12,15	-15,42	0,94	-0,43	0,15	Lastfallkombination-2
50	Z	92,14	10,18	-0,45	-0,15	-1,66	-0,02	Lastfallkombination-2

Schließen

Es ist möglich, einzelne oder mehrere Beanspruchungen auszuwählen, wobei die maßgebenden Werte durch farbige Zellen markiert sind:

8.6.7 ANIMATION DER DYNAMISCHEN EIGENFORMEN ()



Bei Schwingungsberechnungen können die dynamischen Eigenformen animiert dargestellt werden, indem auf das Symbol () geklickt wird. Die Geschwindigkeit der Animation kann mit dem Schieberegler erhöht oder verringert werden.

9 EC-KONFORME NACHWEISE

Mit CS kann man EC konforme Tragfähigkeitsnachweise (GZT) und Gebrauchstauglichkeitsnachweise (GZG) führen. Dazu dienen die Registerblätter:

- ✓ **GLOBALE NACHWEISE**
- ✓ **BAUTEILNACHWEIS**
- ✓ **GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT**

9.1 GRUNDLAGEN

Die erforderlichen Nachweise für die Tragwerkskomponenten (Querschnitte und Einzelstäbe) und vor allem für beliebige Teil- und Gesamttragwerke erfolgen bei CS - und das ist ein extrem zeitsparendes und der Planungssicherheit dienendes Alleinstellungsmerkmal der Software - an demselben Strukturmodell durchgeführt. Im Einzelnen sind folgende Normen berücksichtigt:

Stahlstrukturen:

- ▶ EuroCode
 - DIN EN 1993-1-1: Allgemeine Regeln und Regeln des Hochbaus
 - DIN EN 1993-1-2: Allgemeine Regeln und Regeln des baulichen Brandschutzes
 - DIN EN 1993-1-5: Plattentragwerke (in Auszügen)
- ▶ Spanische Norm (EAE)

Stahlverbund- und Stahlbetonträger/-stützen:

- ▶ EuroCode
 - EN 1994-1-1: Allgemeine Regeln und Regeln des Hochbaus

Stahlbetonstrukturen:

- ▶ EuroCode
 - EN 1992-1-1: Allgemeine Regeln und Regeln des Hochbaus

Natürlich sind die NDP'en vieler nationaler Anhänge berücksichtigt, können aber auch eigenständig erstellt oder erweitert werden.

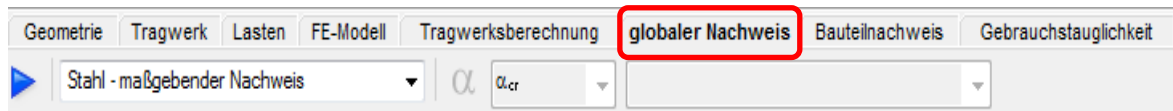
9.2 TRAGFÄHIGKEITSNACHWEISE FÜR STAHLSTRUKTUREN

Die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) befinden sich auf den Registerblättern

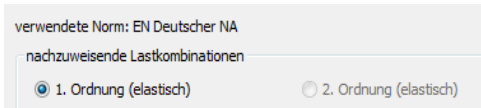
- ✓ **Globale Nachweise**
- ✓ **Bauteilnachweis**

9.2.1 GLOBALE NACHWEISE

9.2.1.1 GRUNDLAGEN



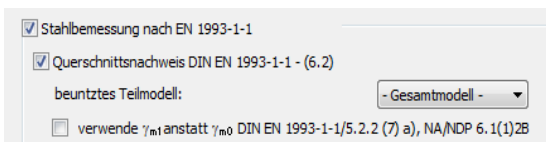
Unter „**GLOBALE NACHWEISE**“ sind bei **CS** alle Nachweise zusammengefasst und gegenseitig auf maßgebende Relevanz verglichen, die Querschnittsnachweise für genügend viele Querschnitte des gesamten Strukturmodells durchführen, ohne dass besondere Stabparameter (wie z.B. Schlankheit, Lagerungen von gedanklich herausgetrennten Einzelstäben) notwendig sind. Das sind die Nachweise reiner Querschnittstragfähigkeit nach Abschnitt 6.2 von DIN EN 1993-1-1, im Brandfall nach EN 1993-1-2, Abschnitt 4.2 und der globalen räumlichen Stabilität (mit der sog. Allgemeinen Methode) nach Abschnitt 6.3.4 von DIN EN 1993-1-1. Da alle möglichen Nachweise für genügend viele Querschnitte des Gesamttragwerkes für alle Einwirkungskombinationen führbar sind, wird damit eine extrem hohe Planungssicherheit hergestellt. Die gewünschten Nachweise werden im Dialogfenster „Bemessung...“ spezifiziert, das sich mit dem blauen Icon  öffnet.



Man entscheidet sich zunächst, ob die Nachweise mit den bereits berechneten Beanspruchungen nach Theorie 1. oder 2. Ordnung zu führen sind.

: Zumindest für Testzwecke oder z.B. für Vorstatiken ist es sinnvoll, sich auf wichtige Einwirkungskombinationen zu beschränken, um schneller zu Resultaten zu kommen.

9.2.1.2 QUERSCHNITTSNACHWEISE



Mit der Klappbox kann man festlegen, ob das gesamte Strukturmodell oder nur ein vorher definiertes Teilmodell (→ Kap. 3.4) nachzuweisen ist.

Querschnittsnachweise mit Beanspruchungen nach Theorie 2. Ordnung sind dem Grunde nach Stabilitätsnachweise. Deshalb ist dann γ_{M1} anstatt γ_{M0} zu verwenden, was beispielsweise nach dem deutschen NA zu Abschnitt 5.2.2(7)a) vorgeschrieben ist und einen tragfähigkeitsmindernden Einfluss von 10% ausmacht.

Querschnittsnachweise im Kaltzustand werden nach DIN EN 1993-1-1/§6.2 oder bei Brandnachweisen nach DIN EN 1993-1-2/§4.2 geführt.

9.2.1.3 STABILE STABLÄNGEN

(Nur) bei Tragwerksberechnungen nach der Fließgelenktheorie (plastische Berechnung) können stabile Stablängen (Größtabstände) gemäß DIN EN 1993-1-1/Anhang BB.3 definiert werden.

Es wird der Abstand zwischen einem Fließgelenk und der nächsten Seitenstützung (L_{ub}) oder dem nächsten Torsionslager (L_m , L_s) berechnet und mit der errechneten stabilen Länge des betrachteten Stabbereichs (Größtabstand) verglichen. Wenn die stabile Stablänge des plastischen Stabbereichs größer als der Abstand zwischen Fließgelenk und benachbartem Seiten- oder Torsionslager ist, tritt kein Biegedrillknicken des Tragelementes auf.

Bei der Überprüfung der Abstände führt **CS** folgende Berechnungen aus:

1. automatische Erkennung der Fließgelenke und deren Lage
2. Ermittlung der nächstgelegenen Lager der Fließgelenke
 - a. Seitenlager
 - b. Torsionslager
3. Ermittlung des Abstandes zwischen den Fließgelenken und deren Nachbarlagerungen
4. Berechnung der Größtabstände (stabile Stablängen) für die plastischen Stababschnitte zwischen Fließgelenk und der nächstgelegenen Stützung

Für die elastischen Bereiche wird der Nachweis globaler Stabilität nach DIN EN 1993-1-1/6.3.4 (Allgemeine Methode) geführt.

9.2.1.4 GLOBALE RÄUMLICHE STABILITÄT

Um den Stabilitätsnachweis führen zu können, sind zuvor Eigenanalysen (→ Kap. 8.4.1.3) durchzuführen.

Der globale räumliche Stabilitätsnachweis (Biege- und/oder Biegedrillknicknachweis für Teilstrukturen wie z.B. Rahmen oder für die Gesamtstruktur) wird mit der Allgemeinen Methode nach DIN EN 1993-1-1/Abschnitt 6.3.4 geführt.

Verwendet man nur den globalen Abminderungsfaktor $\chi_{op} = \min[\chi_z; \chi_{LT}]$, dann kann der Nachweis mit zwei (zum gleichen Ergebnis führenden) Formaten geführt werden:

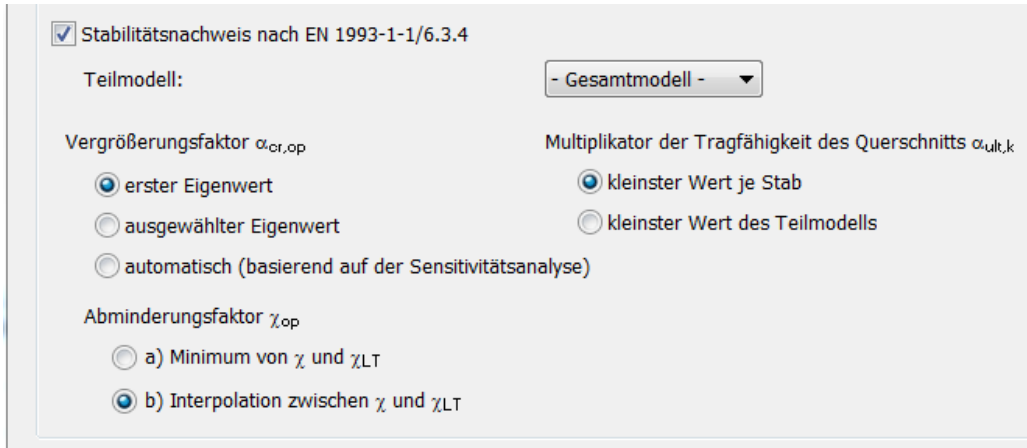
$$\frac{\chi_{op} \alpha_{ult,k}}{\gamma_{M1}} \geq 1,0 \quad \text{oder} \quad \frac{N_{Ed}}{\chi_{op} \cdot A \cdot f_y} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{op} \cdot W_y \cdot f_y} \leq 1,0$$

Dieser Nachweis wird (unbegründeter Weise!) vom dt. NA verlangt, obwohl er bis etwa 10% unwirtschaftlicher sein kann als die mögliche Alternative, bei der sowohl χ_z als auch χ_{LT} verwendet werden:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y} \leq 1,0$$

Für diesen Nachweis sind zuvor die Eigenanalysen durchzuführen!

Der räumliche Stabilitätsnachweis benötigt die folgenden Spezifikationen:



► **elastischer kritischer Laststeigerungsfaktor $\alpha_{cr,op}$:**

das ist einer der bereits berechneten statischen Eigenwerte des Strukturmodells, deren zugeordnete Eigenformen räumliche Verformungen (Verschiebungen senkrecht zur Bauteilebene und/oder Querschnittsverdrehungen) aufweisen muss. $\alpha_{cr,op}$ kann nach drei Arten bestimmt werden:

- ✓ als erster (niedrigster) Eigenwert
- ✓ ausgewählter Eigenwert (nach Bemessungssituation, i.A. nicht notwendig)
- ✓ automatisch (basierend auf der Sensitivitätsanalyse)

Eigenwerte können vorher auf dem Registerblatt „**TRAGWERKSBERECHNUNG**“ durch rechten Mausklick in die Modellgrafik ausgewählt werden

► **Laststeigerungsfaktor $\alpha_{ult,k}$ der Grenztragfähigkeit des Querschnitts:**

das ist der Kehrwert der größten charakteristischen Querschnittsausnutzung nach der linearen Schnittgrößeninteraktion (plastisch für die QK'n 1 und 2, elastisch für die QK'n 3 und 4). Dieser Parameter kann für jedes Bauteil des (Teil-)Modells oder für das gesamte (Teil-)Modells ermittelt werden.

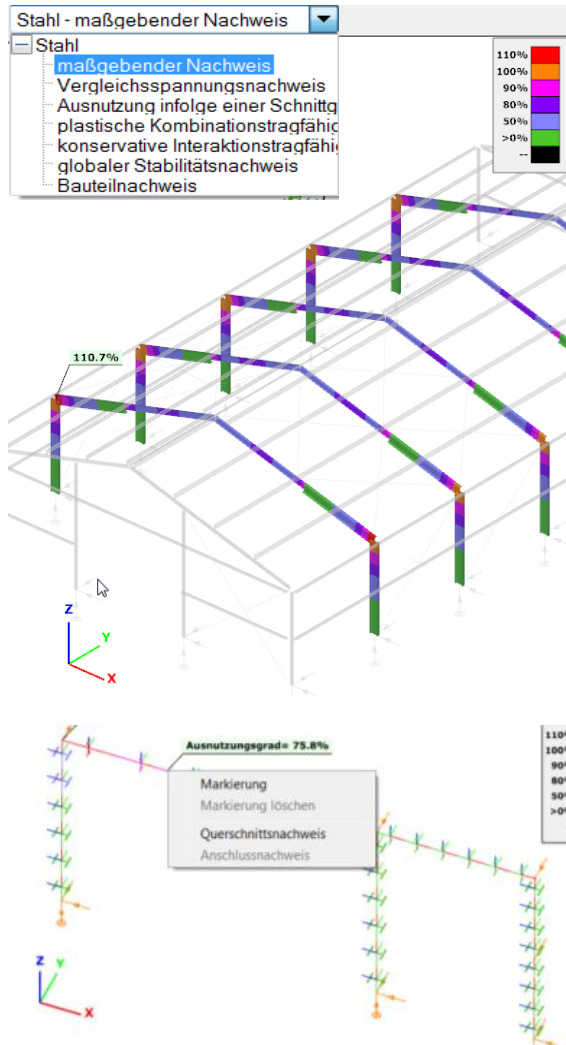
$$\bar{\lambda}_{op} = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr,op}}}$$

► **schlankheitsabhängiger Abminderungsfaktor χ_{op} :**

dieser Faktor ist von der Knicklinie des Nachweisquerschnittes und der nur mit der FEM berechenbaren - **System schlankheit** λ_{op} abhängig. Er ist entweder (konservativ) das Minimum von (χ_z und χ_{LT}) oder als interpolierter Wert (χ_z , χ_{LT}) verwendbar

9.2.1.5 ERGEBNISSE

Die berechneten Ausnutzungen der Querschnitte werden in den Strukturgrafiken visualisiert und zusätzlich in Ergebnistabellen aufbereitet (zu der allgemeinen Funktionalität und zum Handling der Tabellen: → Kap. 1.4).



Die anzuzeigenden Ergebnisse bestimmt man mit der Klappbox.

Zur globalen Übersicht ist zunächst ein vergleichender Überblick der Ausnutzungen der jeweils maßgebenden Nachweise (automatisch aus allen Nachweismethoden, allen Lastfällen und/oder Einwirkungskombinationen von CS herausgefiltert) dargestellt. Man kann alternativ die Ausnutzungen jeder Nachweisart überprüfen.

Beim Abfahren der Referenzlinien der Bauteile mit der Maus öffnen sich Markierungen mit den Ergebniswerten, die mit der rechten Maustaste fixiert und in eine Ergebnistabelle übertragen werden können.

Die Nachweisdetails (Parameter und Zwischenwerte z.B. zur Kontrolle) ergeben sich aus den Analysen der **QUERSCHNITTSMODULE** (→ Kap. 10). Diese können direkt durch rechten Mausklick auf einen Querschnitt in der Grafik oder in eine Zeile der Ergebnistabelle geöffnet werden.

9.2.2 NACHWEIS VON EINZELBAUTEILEN (ERSATZSTABVERFAHREN)

9.2.2.1 GRUNDLAGEN

Mit dem Registerblatt "**Bauteilnachweis**" können gemäß DIN EN 1993-1-1, Abschnitte 6.3.1 bis 6.3.3 alle möglichen oder ausgesuchte Ersatzstabnachweise (Stabilitätsnachweise) von gedanklich aus der Gesamtstruktur herausgelösten Einzelstäben geführt werden:

Normabschnitt	Beanspruchung	Nachweistyp
6.3.1	Druckkraft	Biegeknicken um die y-y Achse Biegeknicken um die z-z Achse
6.3.2	Biegemoment M_y	Biegedrillknicken
6.3.3 Anhang A / B	Druckkraft $\oplus$ Biegemoment M_y ($\oplus$ Biegemoment M_z)	Interaktionsnachweis Biegedrillknicken

Diese Nachweise können immer dann entfallen (oder alternativ zusätzlich geführt werden), wenn im Strukturmodell lokale und globale Vorverformungen in und aus den Bauteilebenen angesetzt wurden und die Querschnittsnachweise unter dem Register „**GLOBALER NACHWEIS**“ mit den Beanspruchungen nach Theorie 2. Ordnung erfolgten und der globale räumliche Stabilitätsnachweis (Biegedrillknicknachweis) nach Abschnitte 6.3.4 möglich war.

Hinweise:

- CS führt **unter reiner Normalkraftbeanspruchung keine(!) Drillknick- oder Biegedrillknicknachweise** (z.B. bei exzentrisch angeschlossenen Trapezblechen oder Nebenträgern), weil die seitlichen Punktlager in der Schwerachse angenommen werden! Sind also am betreffenden Stab exzentrische Seitenlagerungen vorhanden, sollten keine Ersatzstabnachweise unter Normalkraft geführt werden.
- Die Einzelnachweise für die zu führenden Biegeknicknachweise und Biegedrillknicknachweise verlangen zuvor die Ermittlung der Schnittgrößen nach Theorie 1. Ordnung (Knicken) und Theorie 2. Ordnung (Biegedrillknicken) und die Durchführung der Querschnittsnachweise über "**GALE NACHWEISE**".

9.2.2.2 INDIVIDUELLER EINZELSTABNACHWEIS



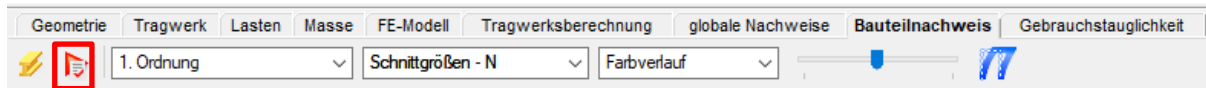
Starten Sie mit dem Register „**BAUTEILNACHWEISE**“ und wählen Sie „**STAHL**“ in der Tabelle unten am Bildschirm. Die zum Ersatzstabnachweis vorgesehenen Bauteile werden (einzeln oder als Gruppe) in der Modellgrafik markiert und dann mit dem Schalter „**Hinzufügen**“ in die darunter befindliche Liste „**Elementverwaltung**“ aufgenommen. Es können beliebig viele Einzelbauteile gelistet werden. Als Auswahlhilfe der Bauteile markiert man (blau) eine Zelle einer Tabellenzeile mit einer Maustaste. In der Grafik wird automatisch das betreffende Bauteil gezoomt. Eine Falschwahl wird durch Anklicken einer anderen Tabellenzeile korrigiert. Durch Betätigen von „**Löschen**“ werden die blau markierte(n) Zeile(n) wieder entfernt.

Zum Start der Nachweisführung werden ein oder mehrere Bauteilzeilen in der Tabelle angeklickt und mit „**Auswählen**“ markiert, was dann hinter dem/den Bauteilnamen mit „**(ausgewählt)**“ gekennzeichnet ist.

Stahl Verbundbalken			hinzufügen
Name	Parameter	Status	Löschen
S9 (ausgewählt)	L=6000mm, IPE 360	noch nicht untersucht	
S5	L=6000mm, IPE 360	bereits untersucht	auswählen
S7	L=12000mm, IPE 360	bereits untersucht	auswählen (+)
			auswählen (-)
			Dokument

Die zum ausgewählten Bauteil gehörende Zeile wird grün unterlegt und die statischen Berechnungsergebnisse werden automatisch hinzugeladen. Genau wie bei der Ergebnisdarstellung der Tragwerksberechnung kann mit den Drop-Down-Menüs die gewünschte Ergebnisdarstellung eingestellt werden.

Wenn Sie die Ergebnisse der globalen Eigenanalyse zur Ermittlung der vom globalen System abhängigen lokalen Knicklängen verwenden wollen (**sehr empfohlen!**), benutzen Sie zuvor das Icon . CS bestimmt dann automatisch die zum Einzelstabnachweis benötigten Faktoren (Knicklängenbeiwerte k_y und k_z , Verwölbungsfaktor k_w , etc.) für die Einzelstabnachweise.

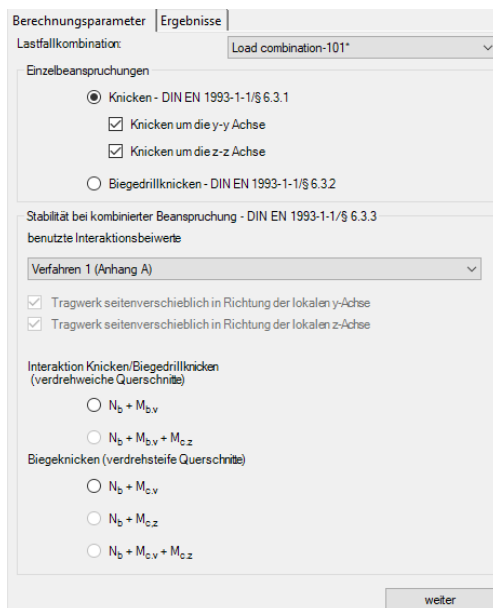


be...	Name	Anzahl Eigenformen	Anzahl Biegedrillknickformen
☒	Load combination-1	5	5
☐	Load combination-2	5	5
☐	Load combination-3	5	5

Bei dieser Eigenanalyse darf **nur eine Einwirkungskombination** ausgewählt sein.

Die Stabilitätsanalysen werden jeweils nur für das gewählte Bauteil durchgeführt. Bei geringen Normalkräften kann kein Knicknachweis angewählt bzw. geführt werden.

Anschließend werden die Berechnungsformate und Nachweisparameter der gemäß den vorliegenden Einwirkungen möglichen Nachweise festgelegt:



Es sind nun die zum Nachweis gewünschte Lastfallkombination und die Nachweistypen zu wählen:

- **getrennte Beanspruchungen:**
 - Biegeknicken um die starke Achse
 - Biegeknicken um die schwache Achse
 - Biegedrillknicken
- **kombinierte Beanspruchungen:**
 (Interaktion nach 6.3.3)

Im linken Auswahlmenü sind die Knicknachweise nach Abschnitt 6.3.1 der Norm gewählt, weil in dem Bauteil nur eine Druckkraft vorhanden ist.

Vorausgewählt und mit „*“ gekennzeichnet wird die für diesen Nachweis maßgebende Lastfallkombination (im Beispiel: LFK-1). Es kann aber auch zu einer anderen Kombination gewechselt werden. Bei kombinierter Beanspruchung $N \oplus M_y (\oplus M_z)$ kann zwischen Verfahren A und B gemäß dem Anhang von DIN EN 1993-1-1 gewählt werden.

Über die Hilfsschalter „Weiter“, „zurück“ und „Anfang“ kann im Folgenden zwischen den Definitionsmasken der Einzelnachweise navigiert werden, bis schließlich mit „Nachweisen“ die Nachweisführung eingeleitet wird.

Abhängig von der baustatischen Situation des aktuellen Einzelbauteils können nicht alle Nachweise geführt werden. Bei geringer Normalkraft schließt CS den Knicknachweis um die starke und/oder schwache Achse aus. ConSteel identifiziert die Lagerungsbedingungen des Einzelbauteils, die natürlich Einfluss auf die Nachweisergebnisse haben.

Zur Bestimmung der elastischen Knicklängenbeiwerte k und Knicklasten N_{cr} erhält man mit dem Schalter „Weiter“ eine Grafik des nachzuweisenden Stabes und darunter eine Tabelle mit elastischen Knickparametern. **CS** unterteilt den Einzelstab automatisch – je nach Notwendigkeit gemäß dem Nachweistyp – an geeigneten Zwischenlagerungen in Unterabschnitte.

Berechnungsparameter | Ergebnisse

Parameter für die Biegeknickanalyse um die Querschnittsachse z-z



Abschnitt	Anfangsknoten	Endknoten	
☒ Abschnitt 1-2	1	2	...
☒ Abschnitt 2-3	2	3	...
☒ Abschnitt 3-4	3	4	...

Abschnitt	L [mm]	N _{crz} [kN]	k _z
Abschnitt 1-2	1875,00	2463,35	1,00
Abschnitt 2-3	3750,00	615,84	1,00
Abschnitt 3-4	1875,00	2463,35	1,00

Anfang Zurück Nachweisen

Im Beispiel wurde der Stab mit konstanter Normalkraft aufgrund zweier nicht äquidistanten Zwischenlager in y-Richtung automatisch in drei Nachweis-segmente zum Knicknachweis um die z-Achse unterteilt. Unter der (zunächst i. A. falschen) Annahme der Knicklängenbeiwerte $k_z=1$ aller Segmente ergeben sich über die Segmentlängen L unterschiedliche Knicklasten $N_{cr,z}$.

🔔 Hinweis:

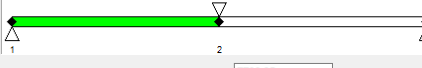
Verlassen Sie sich nicht auf die von CS vorweg vorgeschlagenen Default-Werte von $k_y=k_z=1$ (in der Literatur auch als β -Werte bezeichnet), da sie nur als ein (vom Benutzer unbedingt zu überprüfender!) Erstvorschlag zu verstehen und daher veränderbar sind!

Einzelne Segmente können mit dem Hakenfeld auch beliebig ausgeschaltet werden, wenn beispielsweise dafür die Berechnung nicht erwünscht ist.

Berechnungsparameter | Ergebnisse

Parameter für die Biegeknickanalyse um die Querschnittsachse z-z

Position: Abschnitt 1-2



kritische elastische Normalkraft [kN] 7788,35

☒ Knicklängenbeiwert k_z 1,00

☐ kritischer Lastmultiplikator (zum Eigenwert) α_{cr}

Anfang Abbrechen OK

Die **Knicklängenbeiwerte** können nun für jeden Stababschnitt mittels der Schalter  auf **zwei** Arten eingestellt bzw. korrigiert werden, wobei das aktuelle Segment grün markiert ist:

1. Manuelle Eingabe der Werte durch den Anwender:

Dies ist nur zu empfehlen, wenn dem Anwender korrekte Knicklängenbeiwerte bzw. N_{cr} -werte vorliegen und/oder er einen Nachweis des vollkommen herausgeschnittenen Einzelstabes bzw. Segmentes anstrebt oder wenn die Auswirkungen veränderter Knicklängen auf N_{cr} und den Tragfähigkeitsnachweis (probeweise) analysiert werden sollen

2. Automatische Berechnung der Beiwerte:

Mit dieser äußerst hilfreichen Methode werden auch die Wirkungen der anderen Stäbe und Beanspruchungen des Gesamtmodells berücksichtigt. Dazu müssen vor Aufruf dieses Menüs mit dem Icon  (Integriertes **Knicklängen-Analysetool**) die elastischen Knicklängenbeiwerte k automatisch bestimmt werden. Ansonsten ist diese Option nicht wählbar.

Berechnungsparameter | Ergebnisse

Parameter für die Biegeknickanalyse um die Querschnittsachse y-y
 Position: Abschnitt 1-2



Elastische kritische Normalkraft [kN]

☒ Knicklängenbeiwert k_y

☐ Kritischer Lastmultiplikator (Eigenwert) α_{cr}

Berechnungsparameter | Ergebnisse

Parameter für die Biegeknickanalyse um die Querschnittsachse y-y
 Position: Abschnitt 1-2



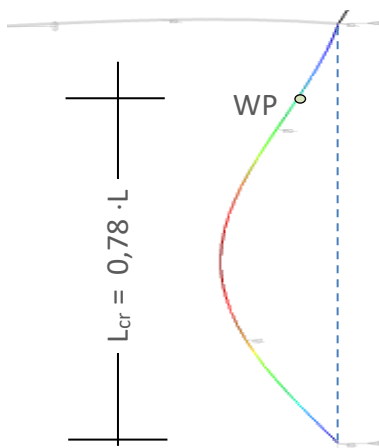
Elastische kritische Normalkraft [kN]

☐ Knicklängenbeiwert k_y

☒ Kritischer Lastmultiplikator (Eigenwert) α_{cr}

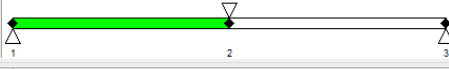
Hinweis:

Mit dem Schalter „**Anfang**“ können Sie zurückspringen und das Knicklängen-Analysetool von dort mit  starten.



Das nebenstehende Bild zeigt mit dem hier zusätzlichen manuellen Eintrag der abgeschätzten Lage des Wendepunktes (WP) der elastischen Knickfigur der Stütze eines gelenkig gelagerten einhüftigen Rahmens, dass die Vorbesetzung $k_y=1$ (Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.) nicht korrekt ist.

Durch Nutzung des **Knicklängen-Analysetools** am kompletten Tragwerk korrigiert ConSteel den Beiwert auf $k_y=0,78$ (s.o.). Damit wird die rechnerische Knicklast $N_{cr,y}$ von 2130 kN auf korrekte 3534 kN gesteigert.

Berechnungsparameter Ergebnisse	
untersuchte Fälle	
Stabelement	B2 (6,04 %)
Lastfallkombination	Load combination-101
Stabilitätsfall	1. Fall
untersuchte Systemlänge(n)	
	
Knicken um die z-z Achse	
Ergebniszusammenfassung	
Ausnutzung Biegeknicken um Achse z-z	6,0%
Lage der maßgebenden Nachweisstelle:	0 mm vom Stabanfang
Nummer des maßgebenden Stabelementes:	1
maßgebender Knoten des Stabelementes:	j
Querschnittsklasse des maßgebenden Querschnitt	4
verwendeter Abschnitt DIN EN 1993-1-1	6.3.1 - Gl. (6.46-6.49)
Zwischenwerte der Berechnung	
N_{Ed}	173,6 kN
$N_{b,Rd}$	2872,6 kN
N_{Ed}	7788,3 kN
L	2994 mm
k	1,000
λ	0,727
α	0,340
Φ	0,854
χ	0,768
A	14952,3 mm ²
f_y	275,0 N/mm ²
γ_{M1}	1,1

Nachdem alle Parameter (hoffentlich korrekt) gesetzt sind, werden die Nachweise mit dem Schalter „**NACHWEISEN**“ geführt und die Ergebnisse angezeigt.

Drei Drop-Down-Menüs erlauben die Anzeige unterschiedlicher Ergebnisse:

1. Wahl eines berechneten Stabelementes
2. Wahl einer Einwirkungskombination
3. Wahl des Stabilitätsfalles

Klickt man auf eine Zeile der Ergebnistabelle, erscheint unter der Tabelle jeweils eine passende Erläuterung des Parameters.

Biegedrillknicknachweise nach DIN EN 1993-1-1/6.3.2

Wenn im Auswahlmenü der Nachweismethoden „**Biegedrillknicken**“ ausgewählt ist, erhält man mit „**Weiter**“ eine Grafik des nachzuweisenden Stabes und darunter eine Tabelle mit den Beiwerten der analytischen Formel zur Berechnung des maximalen Biegedrillknickmomentes M_{cr} .

Im Beispiel wurde die Stütze mit linear veränderlichem Moment M_y eines einhüftigen Rahmens aufgrund von zwei nicht äquidistanten y-Zwischenlagern an der Trägerschwerachse in drei Abschnitte unterteilt. Unter der (**falschen**) Vorbesetzung der Knicklängenbeiwerte $k_w=k_z=1$ und der C_i -Werte aller Segmente ergeben sich über die Segmentlängen L offensichtlich **falsche** maximale **Biegedrillknickmomente** M_{cr} .

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{(k_z L)^2} \left\{ \sqrt{\left[\left(\frac{k_z}{k_\omega} \right)^2 \frac{I_\omega}{I_z} + \frac{(k_z L)^2 GI_t}{\pi^2 EI_z} + (C_2 z_g - C_3 z_j)^2 \right]} - [C_2 z_g - C_3 z_j] \right\}$$

Biegedrillknicken

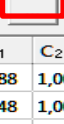


Neuer Fall Nicht berechnete Fälle löschen

Abschnitt Anfangsknoten Endknoten

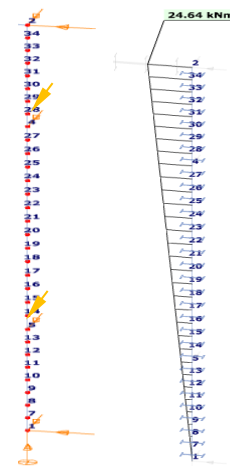
☒ Abschnitt 1-2 1 2 

☒ Abschnitt 2-3 2 3 

☒ Abschnitt 3-4 3 4 

Abschnitt	L [mm]	M_{cr} [kNm]	k_z	k_w	C_1	C_2	C_3	z_g
Abschnitt 1-2	1875,00	688,13	1,00	1,00	1,88	1,00	0,94	0,00
Abschnitt 2-3	3750,00	176,97	1,00	1,00	1,48	1,00	0,98	0,00
Abschnitt 3-4	1875,00	417,86	1,00	1,00	1,14	1,00	1,00	0,00

Anfang Zurück Nachweisen



Hinweise:

- Die Beiwerte der analytischen Formel entstammen Anhang F des ENV 1993-1-1 (Ausgabe 1992) bzw. aus der Literatur, wobei sich die Angaben^{1,2)} unterscheiden können. Die C_i -Werte sind abhängig von k_z und k_w . Bereits bei einfach-symmetrischen Querschnitten und realen Einfeldträgern ergeben sich mit analytischen Lösung z.T. erhebliche Fehler für M_{cr} bis über 100%²⁾ !
- Verlassen Sie sich nicht auf die von CS vorweg vorgeschlagenen Werte von $k_w=k_z=1$ (in Deutschland besser als β -Werte bekannt) und C_i , da sie lediglich unter Annahme beidseitig gabelgelagerter Einzelsegmente erstellt sind und vom Benutzer entsprechend den tatsächlichen Lagerungsbedingungen verändert werden müssen!

Andere Formeln zur Berechnung der kritischen Werte M_{cr} finden Sie in der Literatur bzw. auch im Anhang zu DIN EN 1999-1-1.

Letztlich werden für die Bauteilnachweise nur die kritischen Momente M_{cr} benutzt.

Die teilweise voneinander abhängigen Knicklängen- und C_i -Werte sowie M_{cr} können nun für jeden Stababschnitt mittels des Icons  (rote Umrandung) auf drei Arten verändert werden:

1. Manuelle Eingabe der Werte durch den Anwender:

Das ist nur zu empfehlen, wenn dem Anwender korrekte Knicklängenbeiwerte, C_i -Werte und/oder M_{cr} vorliegen und er einen Nachweis des vollkommen herausgeschnittenen Einzelsegmentes anstrebt oder wenn die Auswirkungen veränderter Knicklängenbeiwerte und C_i -Werte auf M_{cr} (oder umgekehrt) und der Tragfähigkeitsnachweis (probeweise) analysiert werden sollen. Die Berechnung der Tabellenwerte erfolgt mit oberer Formel.

2. Automatische Berechnung mit der analytischen Formel:

¹⁾ Boissonnade, N, Greiner, R., Jaspart, J.P., Lindner, J.: Rules for Member Stability in EN 1993-1-1. Background documentation and design guidelines. ECCS/TC 8 publication No. 119, 2006

²⁾ Kindmann, R.: Stahlbau Teil 2, 4. Auflage, Seiten 176 und 177. Verlag Ernst & Sohn. Berlin 2008

Abschnitt	L [mm]	M _{cr} [kNm]	k _z	k _w	C ₁	C ₂	C ₃	z _g
Abschnitt 1-2	1875,00	289,01	1,39	1,95	1,67	1,00	0,00	0,00
Abschnitt 2-3	3750,00	241,33	0,70	1,46	1,61	1,00	1,75	0,00
Abschnitt 3-4	1875,00	202,11	1,39	1,49	1,01	1,00	0,00	0,00

Mit dem Schalter **AutoC** ermittelt **CS** die Beiwerte für die getrennt nachzuweisenden SWegmente und verwendet die analytische Formel zur Bestimmung von M_{cr} für jeden Stababschnitt getrennt.

3. Automatische Berechnung der mechanisch korrekten Beiwerte:

Mit dieser äußerst hilfreichen Methode werden auch die Wirkungen der anderen Stäbe und Beanspruchungen des Gesamtmodells berücksichtigt. Dazu muss **vor Aufruf** dieses Menüs **CS** mit dem Icon  veranlasst werden, den globalen elastischen Laststeigerungsfaktor $\alpha_{cr,M}$ zu bestimmen. Sonst ist diese Option nicht wählbar.

Abschnitt	L [mm]	M _{cr} [kNm]	k _z	k _w	C ₁	C ₂	C ₃	z _g
Abschnitt 1-2	1875,00	85,25	1,39	1,95	1,71	1,00	0,00	0,00
Abschnitt 2-3	3750,00	255,76	0,70	1,46	1,71	1,00	1,75	0,00
Abschnitt 3-4	1875,00	341,02	1,39	1,49	1,71	1,00	0,00	0,00

M_{cr} wird nun mit dem globalen kritischen elastischen Laststeigerungsfaktor $\alpha_{cr,M}$ berechnet

Man erkennt deutlich abweichende Ergebnisse, wobei Methode 3 die genauesten M_{cr} liefert!

Beim Interaktionsnachweis mit gemischter Beanspruchung $N \oplus M_y (\oplus M_z)$ laufen die Bearbeitungsschritte hintereinander ab.

Das Icon  öffnet eine Tabelle der Lastfallkombinationen im GZT und GZG.

Berechnungsparameter festlegen			
Be...	Name	Anzahl der Eigenformen	Anzahl Eigenformen des Biegedrillknickens
☐	Lastfall-Kombination-1	3	5
☒	Lastfall-Kombination-2	5	8

Es muss mindestens **eine** Lastfallkombination zur Knicklängenanalyse (und damit auch der Knickbeiwert k) ausgewählt werden. Die jeweils mit 5 vorbelegten Anzahlen der Eigenformen des Biegeknickens und Biegedrillknickens können beliebig verändert werden.

Hinweis:

Für die Baupraxis reicht es meistens aus, jeweils nur ein (zur kleinsten Knicklast gehörige) oder zwei Knickbiegelineien zu bestimmen. Man sollte daher die Zahlen auf 1 oder 2 reduzieren, was insbesondere die Rechenzeiten großer Strukturmodelle deutlich reduziert!

Es können nacheinander die Knickbiegelineien mehrerer Lastfallkombinationen ermittelt werden.

9.2.2.3 STABGRUPPENNACHWEISE

Mit **“AUSWÄHLEN (+)”** können mehrere Bauteile zum nachweis ausgewählt werden. **“AUSWÄHLEN (-)”** löscht ein Bauteil aus der Bauteilgruppe.

Im Vergleich zum Nachweis eines einzelnen Stabes gibt es lediglich einen Unterschied, denn die Nutzung der kritischen Laststeigerungsfaktoren α_{cr} ist nicht möglich!

Design parameters | Results

Load combinations

- ☒ Load combination-1
- ☒ Load combination-2
- ☒ Load combination-3
- ☒ Load combination-4
- ☒ Load combination-5
- ☒ Load combination-6

Jede Einwirkungskombination kann individuell zum Nachweis ausgeschaltet werden. Abhängig von den statischen Berechnungsergebnissen sind nicht immer alle Nachweisoptionen verfügbar!

Berechnungsparameter | Ergebnisse

untersuchte Fälle

Stabelement: R4 (37,63 %)

Lastfallkombination: R5 (39,22 %)

Stabilitätsfall: 1. Fall

untersuchte Systemlänge(n)

Knicken um die y-y Achse

Knicken um die z-z Achse

Ergebniszusammenfassung

Ausnutzungsgrad: 37,6%

Knicken um die y-y Achse

Ergebniszusammenfassung

Ausnutzung Biegeknicken um Achse z-z: 37,6%

Lage der maßgebenden Nachweisstelle: 0 mm vom Stabanfang

Nummer des maßgebenden Stabelementes: 1

maßgebender Knoten des Stabelementes: j

Querschnittsklasse des maßgebenden Querschnitt: 1

verwendeter Abschnitt DIN EN 1993-1-1: 6.3.1 - Gl. (6.46-6.49)

Zwischenwerte der Berechnung

Knicken um die z-z Achse

Ergebniszusammenfassung

Ausnutzung Biegeknicken um Achse z-z: 25,3%

Lage der maßgebenden Nachweisstelle: 0 mm vom Stabanfang

Nummer des maßgebenden Stabelementes: 1

maßgebender Knoten des Stabelementes: j

Querschnittsklasse des maßgebenden Querschnitt: 1

verwendeter Abschnitt DIN EN 1993-1-1: 6.3.1 - Gl. (6.46-6.49)

Zwischenwerte der Berechnung

In der Ergebnistabelle wird automatisch immer das dominante (am höchsten ausgelastete) Stabsegment gezeigt, wobei im Drop-Down-Menü der Stab wechselbar ist.

9.3 STAHLVERBUND-QUERSCHNITTE

Während sich die Funktionalitäten zu Verbundstützen auf dem Registerblatt „**GLOBALE NACHWEISE**“ befinden (da sie auf das Stabilitätsverhalten der Gesamtstruktur Einfluss haben), findet man entsprechende für Verbundträger auf dem Registerblatt „**BAUTEILNACHWEISE**“.

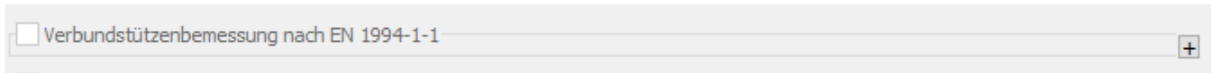
9.3.1 TRAGFÄHIGKEITSNACHWEISE FÜR VERBUNDSTÜTZEN

Geometrie | Tragwerk | Lasten | FE-Modell | Tragwerksberechnung | **globaler Nachweis** | Bauteilnachweis | Gebrauchstauglichkeit

▶ Stahl - maßgebender Nachweis α_{cr}

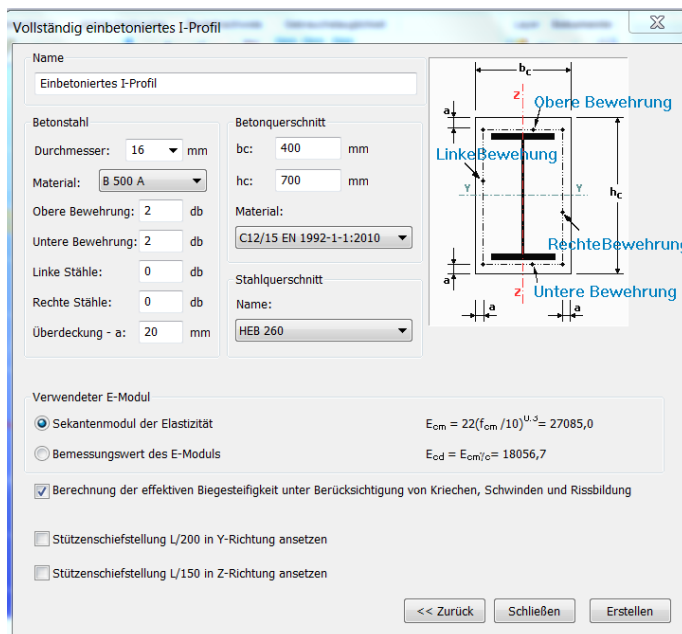
9.3.1.1 EINGABEN

Mit linkem Mausklick auf den blauen Pfeil auf dem Registerblatt „**GLOBALE NACHWEISE**“ öffnet sich das Fenster „**BEMESSUNG**“. Zusätzlich zum Setzen des Hakens im unteren Bereich des Fensters kann festgelegt werden, ob alle Stützen des Gesamtmodells oder nur diejenigen eines zu wählenden Teilmodells berücksichtigt werden sollen.



Hinweis:

Zu beachten ist, dass oben im Fensterdialog noch festzulegen ist, ob die Beanspruchungen nach Theorie 1. oder 2. Ordnung zu benutzen sind.



Vollständig einbetoniertes I-Profil

Name: Einbetoniertes I-Profil

Betonstahl

Durchmesser: 16 mm

Material: B 500 A

Obere Bewehrung: 2 db

Untere Bewehrung: 2 db

Linke Stähle: 0 db

Rechte Stähle: 0 db

Überdeckung - a: 20 mm

Betonquerschnitt

bc: 400 mm

hc: 700 mm

Material: C12/15 EN 1992-1-1:2010

Stahlquerschnitt

Name: HEB 260

Verwendeter E-Modul

☒ Sekantenmodul der Elastizität $E_{cm} = 22(f_{cm}/10)^{1,3} = 27085,0$

☐ Bemessungswert des E-Moduls $E_{cd} = E_{cm}/\gamma_c = 18056,7$

☒ Berechnung der effektiven Biegesteifigkeit unter Berücksichtigung von Kriechen, Schwinden und Rissbildung

☐ Stützenschiefstellung L/200 in Y-Richtung ansetzen

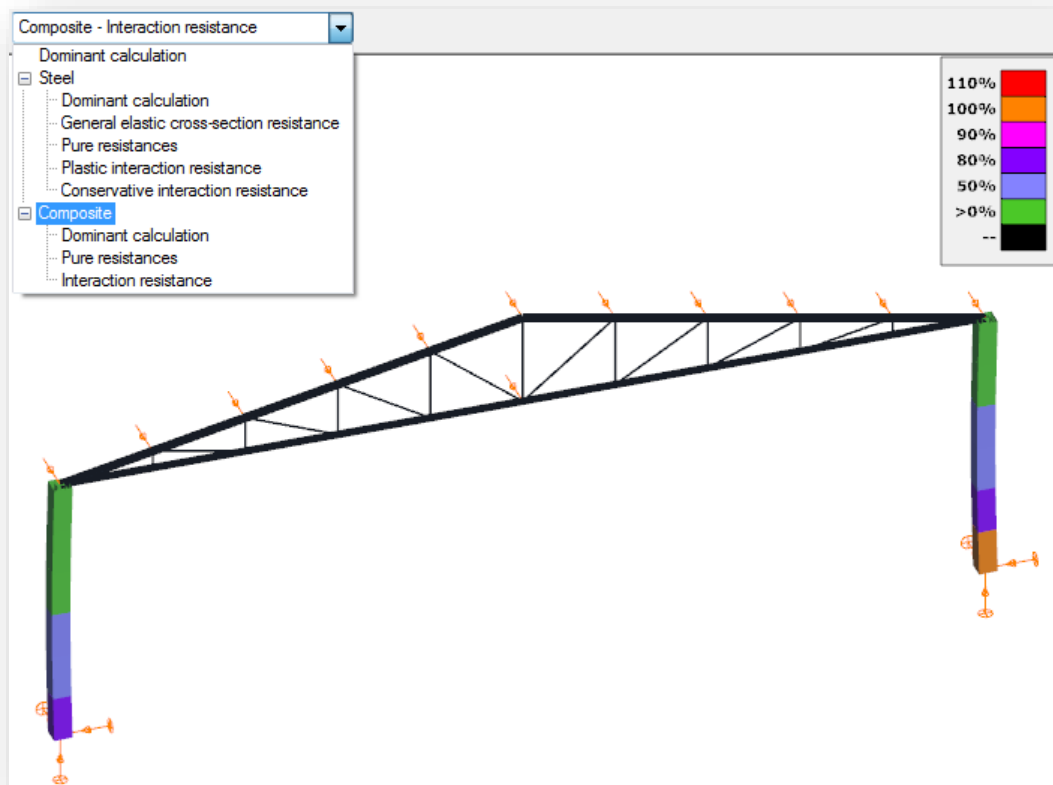
☐ Stützenschiefstellung L/150 in Z-Richtung ansetzen

<< Zurück Schließen Erstellen

Man konnte bei der Erstellung des Strukturmodells im Querschnittsdialog eine Vielzahl von Parametern setzen, wobei unten Stützenschiefstellungen anzusetzen waren. In diesem Fall brauchen dann nur noch Querschnittsnachweise geführt werden.

9.3.1.2 ERGEBNISSE

Die berechneten Ausnutzungen der Querschnitte werden in den Strukturgrafiken visualisiert und zusätzlich in Ergebnistabellen aufbereitet (zu der allgemeinen Funktionalität und dem Handling der Tabellen: → Kap. 1.4). Die Art der Ergebnisse lässt sich in der Klappbox festlegen.



Beim Abfahren der Referenzlinien der Bauteile öffnen sich Markierungen mit Ergebniswerten, die mit der rechten Maustaste fixiert und in die Tabelle eingetragen werden können.

Die Nachweisdetails (Parameter und Zwischenwerte z.B. zur Kontrolle) ergeben sich aus den Analysen des **QUERSCHNITTSMODULS** (→ Kap. 10). Er kann direkt durch rechten Mausklick auf einen Querschnitt der Grafik oder in eine Zeile der Ergebnistabelle geöffnet werden.

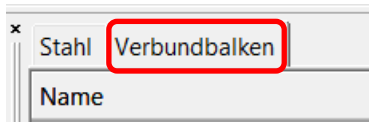
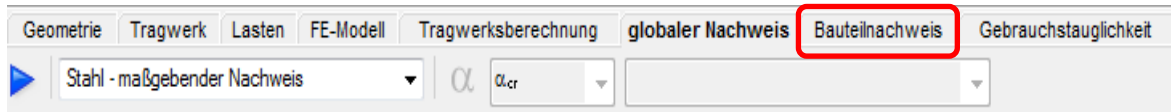


Die Nachweisdetails (Parameter und Zwischenwerte z.B. zur Kontrolle) ergeben sich aus den Analysen des **QUERSCHNITTSMODULS** (→ Kap. 10).

Er kann direkt durch rechten Mausklick auf einen Querschnitt der Grafik oder in eine Zeile der Ergebnistabelle geöffnet werden.

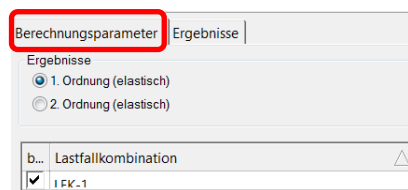
9.3.2 TRAGFÄHIGKEITSNACHWEISE FÜR VERBUNDTRÄGER

Verbundträger werden mittels des Registerblatts „**BAUTEILNACHWEIS**“ geführt.



Wählen Sie den Reiter **“VERBUNDBALKEN”** unten oberhalb der Tabelle der Bauteilauswahl. Nun wählen Sie (z.B. durch Mausklick im Grafikfenster) die Bauteile aus und fügen diese mit **HINZUFÜGEN** in die Tabelle ein.

Zum Nachweis wählt man einen oder mehrere Träger aus der erstellten Liste und kennzeichnet diese mit **AUSWÄHLEN** oder **AUSWÄHLEN (+)**.



Im rechten Bereich des Bildschirms legt man fest, ob mit Beanspruchungen nach der Theorie 1. oder 2. Ordnung und welche Lastfallkombinationen nachzuweisen sind. Mit **NACHWEISEN** werden die Nachweise geführt.

CS führt die Tragfähigkeitsnachweise nach DIN EN 1994-1-1:2010 durch.

Die plastischen Grenztragfähigkeiten der Querschnitte werden nach den Abschnitten 6.2.1.2 oder 6.2.1.3 berechnet, falls die Stahlquerschnitte zu den Querschnittsklassen 1 oder 2 gehören. Die Querschnittsklassifizierung folgt den Regelungen des Abschnitts 5.5.2. Stahlquerschnitte der Querschnittsklassen 3 und 4 sind mit **CS** nicht anwendbar. Verbundquerschnitte werden nachgewiesen auf:

- ✓ **plastische Biegetragfähigkeit**
- ✓ **vertikale Schubtragfähigkeit**
- ✓ **Schubbeulen**
- ✓ **Rissbildung der Betonflansche**
- ✓ **Längsschubtragfähigkeit an genügend vielen Querschnitten**

Die kritischen Querschnitte ergeben sich nach Abschnitt 6.1.1(4).

Die folgenden Nachweise werden von **CS** nicht geführt: nichtlineare nach Abschnitt 6.2.1.4 und elastische Biegetragfähigkeit nach Abschnitt 6.2.1.5.

CS unterstellt, dass sich profilierte Stahlbleche nicht an der Querschnittstragfähigkeit beteiligen.

9.3.2.1 BERECHNUNGSMODELL

Es werden die effektiven Breiten in Abhängigkeit der Tträgerspannweite und dem Abstand der Schubbolzen im Querschnitt berücksichtigt. ConSteel kann nur Einfeldträger nachweisen. Einfeldträger mit Zugspannung im Betonflansch und Mehrfeldträger können nicht nachgewiesen werden!

9.3.2.2 NACHWEIS DER SCHUBDÜBEL (KOPFBOLZEN)

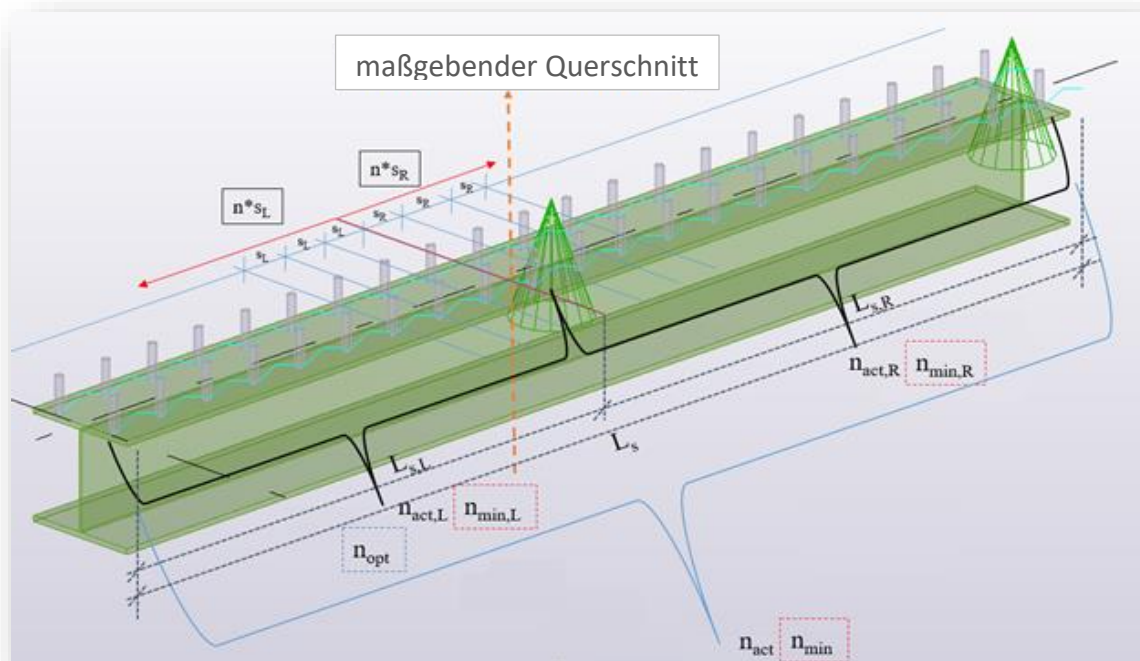
Die Dübel werden plastisch nachgewiesen, wobei sie links und rechts vom maßgebenden Querschnitt mit dem größten Biegemoment, der automatisch ermittelt wird, gleichmäßig verteilt sind.

Wenn die Option **'Automatische Anzahl Schubdübel'** aktiv ist (Standardeinstellung), wird sowohl die Anzahl als auch deren Dimensionierung durch einen Iterationsprozess bestimmt. Dabei wird die minimale Anzahl Schubdübel angestrebt, die eine plastische Querschnittstragfähigkeit $M_{Pl,Rd} > M_{y,Ed}$ ergibt. Somit ergibt sich eine nahe 100%ige Ausnutzung.

Die grünen Hütchen im unteren Bild weisen auf die Trägerbereiche hin, wo die optimalen Bolzenabstände ermittelt wurden.

Die folgenden Parameter sind berücksichtigt:

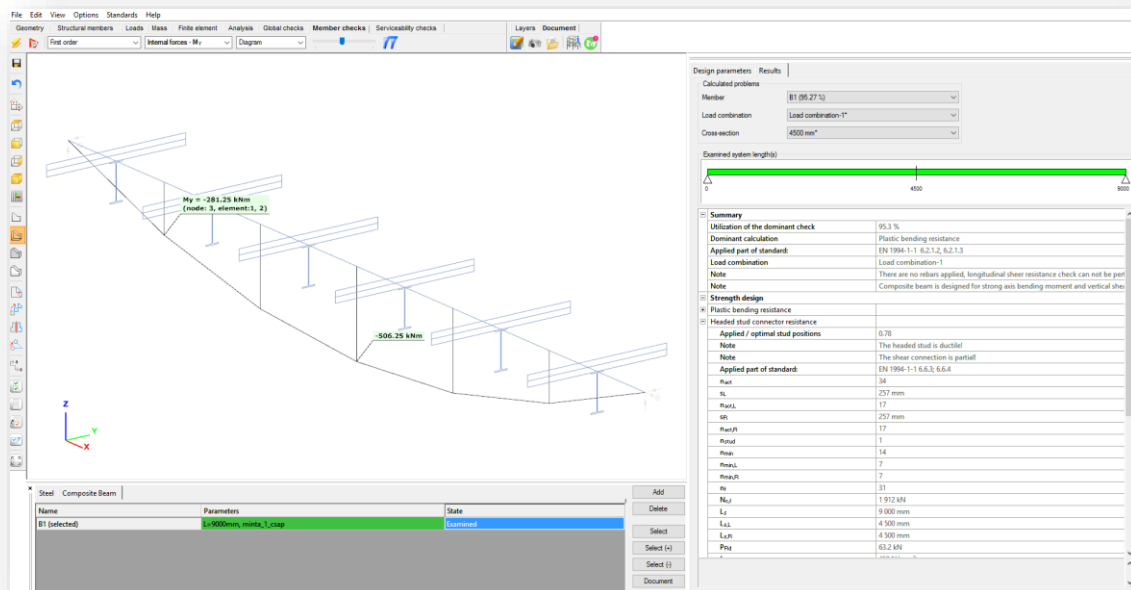
- n_{opt} : optimale Anzahl der Schubbolzen entlang dem maßgebenden Bereich des Balkens
- n_{act} : optimale Anzahl der Schubbolzen entlang des untersuchten Balkens
- s_L : Verteilung der Schubbolzen links vom maßgebenden Querschnitt [mm]
- $n_{act,L}$: Anzahl der Schubbolzen links vom maßgebenden Querschnitt
- s_R : Verteilung der Schubbolzen rechts vom maßgebenden Querschnitt [mm]
- $n_{act,R}$: Anzahl der Schubbolzen rechts vom maßgebenden Querschnitt



- n_{stud} : Anzahl Schubbolzen in einem Querschnitt
- n_{min} : minimale Anzahl der Schubbolzen entlang des untersuchten Balkens
- $n_{min,L}$: minimale Anzahl Schubbolzen links vom maßgebenden Querschnitt
- $n_{min,R}$: minimale Anzahl Schubbolzen rechts vom maßgebenden Querschnitt

Anstatt der automatischen Berechnung der erforderlichen Schubbolzen ist auch eine manuelle Angabe möglich. In diesem Fall prüft die Software, ob dies (z.B. hinsichtlich maximaler und minimaler Abstände) möglich ist. Dabei ist die Anzahl der Schubbolzen für die gesamte Balkenlänge anzugeben. **CS** verteilt die Schubbolzen bei manueller Eingabe gleichmäßig, während bei der automatischen Berechnung eine ungleichmäßige Aufteilung möglich ist.

Die Ausnutzung der Schubbolzen erfolgt über den Quotient zwischen der aktuellen zur optimalen Anzahl ($n_{\text{act}} / n_{\text{opt}}$).



9.3.2.3 NACHWEIS DES SCHUBBEULENS

Der Nachweis der Schubbeulstabilität des Steges erfolgt gemäß Abschnitt 5 und Anhang A von DIN EN 1993-1-5:2006. Dabei ist der Flanschbeitrag vernachlässigt.

9.3.2.4 NACHWEIS DER BIEGE- UND VERTIKALEN SCHUBTRAGFÄHIGKEIT

Der Einfluß des Vertikalschubs auf die Biegetragfähigkeit ist vernachlässigt, sofern die halbe Schubtragfähigkeit unterschritten ist.

Bei Überschreitung der halben Schubtragfähigkeit wird für Querschnitte der Klassen 1 und 2 die reduzierte Stahlfestigkeit zur Berechnung der Biegetragfähigkeit nach Abschnitt 6.2.2.4 (2) angesetzt.

9.3.2.5 NACHWEIS GEGEN BIEGEDRILLKNICKEN

Es wird für Verbundträger kein Nachweis geführt.

9.3.2.6 BALKENPARALLGERIPPT E BLECHEINDECKUNGEN

Die Tragfähigkeit der Bolzen wird unter der Annahme einer massiven Platte und nachfolgend mittels eines Reduktionsfaktors nach 6.6.4.1 (2) ermittelt.

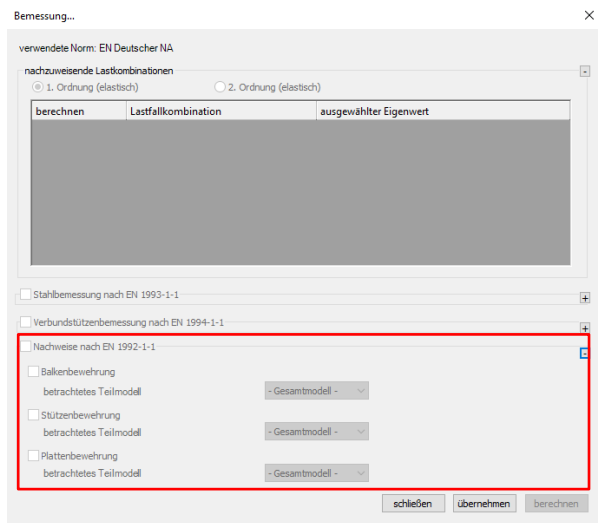
Bei ungleichmäßiger Eindeckung nimmt **CS** an, dass diese an den Flansch geschweißt ist, wobei der Abstand zwischen zwei Rippen (Parameter ,a') angegeben werden kann.

9.3.2.7 SENKRECHT ZUM BALKEN GERIPPT E BLECHEINDECKUNGEN

Die Tragfähigkeit der Bolzen wird unter der Annahme einer massiven Platte und nachfolgend mittels eines Reduktionsfaktors nach 6.2.3 ermittelt. Es werden dabei die Maximalwerte der Tabelle 6.2 eingehalten. Für die Tragfähigkeit der Bolzen bei Annahme einer massiven Platte wird die maximale Zugspannung mit 450 N/mm^2 eingehalten.

9.4 NACHWEISE FÜR STAHLBETONQUERSCHNITTE

Tragfähigkeitsnachweise für Stahlbetonquerschnitte erfolgen über den Reiter „**GLOBALE NACHWEISE**“. Mit Klick auf den Schalter ► öffnet sich der Dialog „**BEMESSUNG...**“.



Im unteren Bereich befindet sich das Panel für „**STAHLBETONNACHWEISE NACH EN 1992-1-1**“. Es werden **BALKEN-**, **STÜTZEN-** und **PLATTENBEWEHRUNG** unterschieden.

Bei Vorhandensein der zur Bemessung notwendigen Parameter (*Querschnitte, Bewehrungsangaben, Nachweisparameter und Schnittgrößen*) sind die entsprechenden Checkboxes aktivierbar. Durch Setzen von Haken und Klicken auf „**BERECHNEN**“ startet man die Bemessung.

Die für die Stahlbetonbemessung notwendigen Eingabeparameter (→ KAP. 5.2.3) sind:

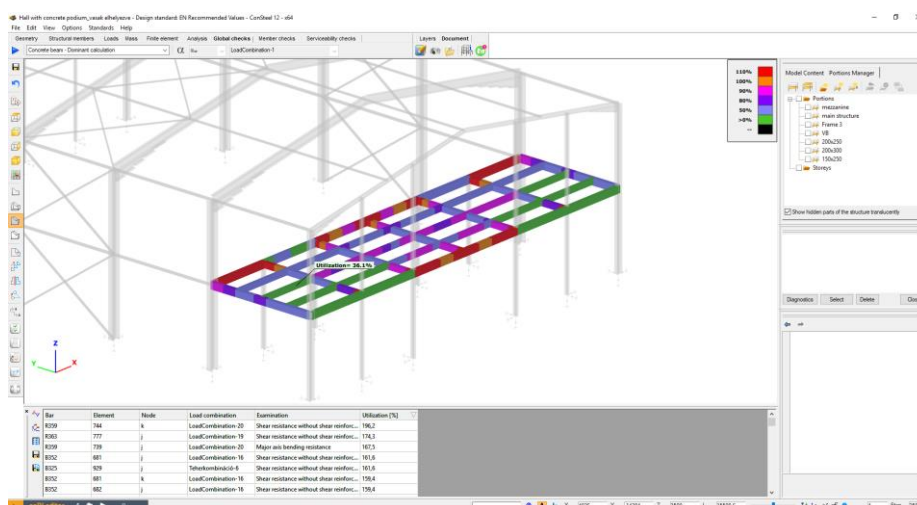
► **für Balken und Stützen:**

- Stahlbetonquerschnitte mit Nachweisoptionen (→ KAP. 5.2.3.1)
- einem Betontragelement zugeordnetes Balken/Stützen-Bewehrungsobjekt (→ KAP. 5.2.3.1 und 5.2.3.1.2)
- Berechnungsergebnisse nach Theorie 1. oder 2. Ordnung (→ KAP. 8.5.1.1 und 8.5.1.2)

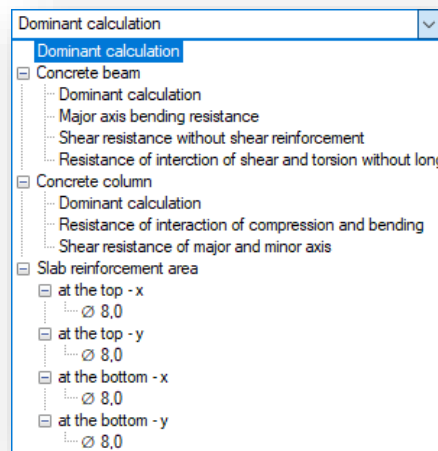
► **für Platten:**

- definierte Bewehrung in den Haupttragrichtungen (→ KAP. 5.3.1)
- Berechnungsergebnisse nach Theorie 1. oder 2. Ordnung (→ KAP. 8.6.1)

Die Tragfähigkeitsnachweise führt ConSteel nach DIN EN 1992-1-1 für alle Querschnitte automatisch. Die Querschnitte mit ihren dominaten Ausnutzungen werden in der Ergebnisgrafik mit Farbabstufungen visualisiert und tabellarisch zusammengefasst.



Einzelergebnisse können mit dem Dropdown-Menü im oberen linken Fenster des Ergebnistabulators ausgewählt werden:



9.4.1 BEWEHRUNGSNACHWEISE FÜR TRÄGER

Es werden die folgenden Nachweise nach **DIN EN 1992-1-1** geführt:

Stablängsbewehrung:	
DIN EN 1992-1-1/9.2.1.1(1),(9.1.n)	Minimale Längsbewehrung
DIN EN 1992-1-1/9.2.1.1(3)	Maximale Längsbewehrung
DIN EN 1992-1-1/6.1	Biegung um Hauptachse
Schubbewehrung:	
DIN EN 1992-1-1/9.2.2.(6),(9.6.N)	Maximaler Bügelabstand
DIN EN 1992-1-1/9.2.2.(5),(9.5.n)	Minimaler Bewehrungsgrad
DIN EN 1992-1-1/6.2.2(1),(6.2.a) und (6.2.b)	Schubtragfähigkeit ohne Schubbewehrung
DIN EN 1992-1-1/6.2.3(3),(6.8) und (6.9)	Schubtragfähigkeit mit Schubbewehrung
Interaktion von Schub und Torsion:	
DIN EN 1992-1-1/6.3.2(4),(6.29)	Tragfähigkeit der geneigten Druckstreben
DIN EN 1992-1-1/6.3.2(5),(6.31)	erforderliche Längsbewehrung für Torsion
DIN EN 1992-1-1/6.3.2(3),(6.28)	benutzte Längsbewehrung für Torsion

9.4.2 BEWEHRUNGSNACHWEISE FÜR STÜTZEN

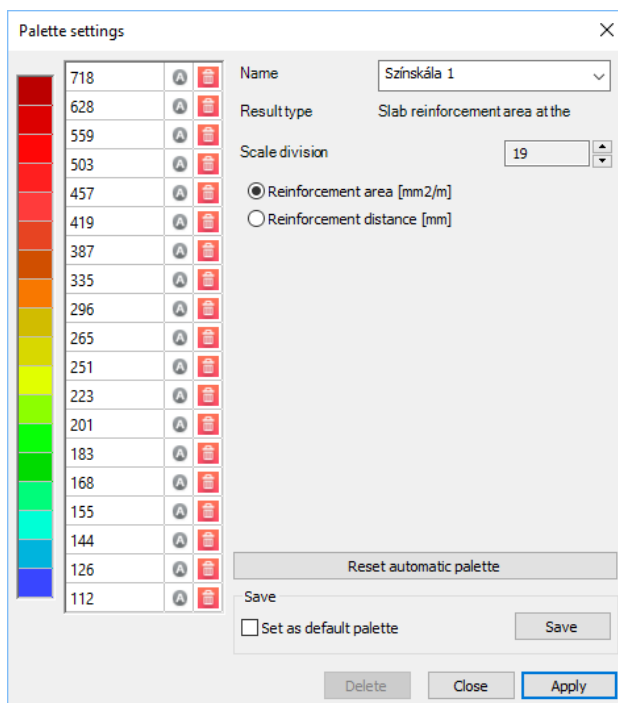
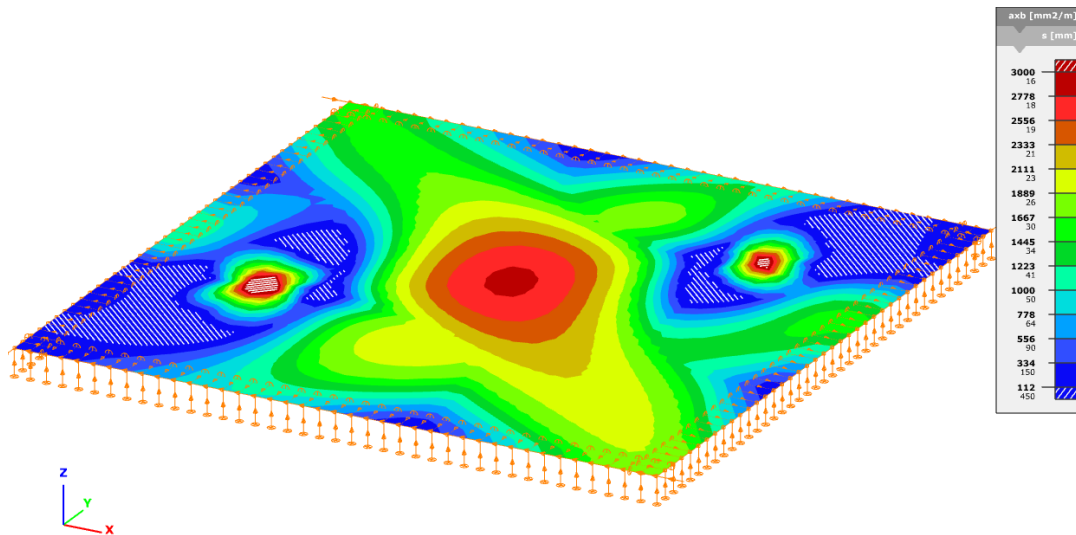
Es werden die folgenden Nachweise nach **DIN EN 1992-1-1** geführt:

Stablängsbewehrung:	
DIN EN 1992-1-1/9.5.2(1)	Längsbewehrung
DIN EN 1992-1-1/9.5.2(2)	Minimale Längsbewehrung
DIN EN 1992-1-1/9.5.2(3)	Maximale Längsbewehrung
Schubbewehrung:	
DIN EN 1992-1-1/9.5.3(1)	Minimaler Bügeldurchmesser
DIN EN 1992-1-1/9.5.3(2)	Maximaler Bügelabstand
DIN EN 1992-1-1/6.2.2(1),(6.2.a) und (6.2.b)	Schubtragfähigkeit ohne Schubbewehrung
DIN EN 1992-1-1/6.2.3(3),(6.8) und (6.9)	Schubtragfähigkeit mit Schubbewehrung

9.4.3 BEWEHRUNGSNACHWEISE FÜR PLATTEN

Falls Stahlbetonplatten mit Bewehrungen in beiden Hauptrichtungen vorhanden sind (→ Kap. 5.3), steht die Option zur bewehrung dieser Bewehrung im Dialog **NACHWEISE...** zur Verfügung.

Als Resultat werden die Bereiche der erforderlichen Bewehrung der oberen und unteren Lage [mm²/m] in beiden Hauptrichtungen angezeigt. Ein Wechsel der Visualisierung der Bewehrungsrichtung ist im Dropdown-Menü in der oberen linken Ecke möglich. Die Resultate sind mit geränderten Farbbereichen dargestellt:

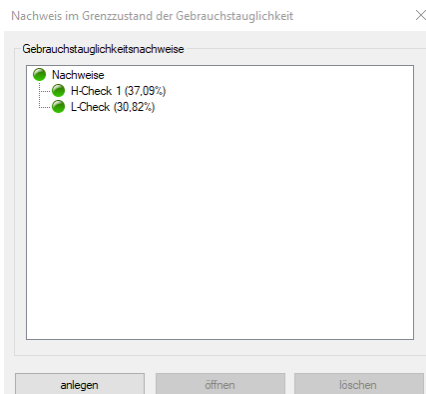


Mit rechtem Mausklick auf die Farbpalette können die Darstellungseigenschaften (wie z.B. Skaleneinteilung, Skalenwerte) verändert werden.

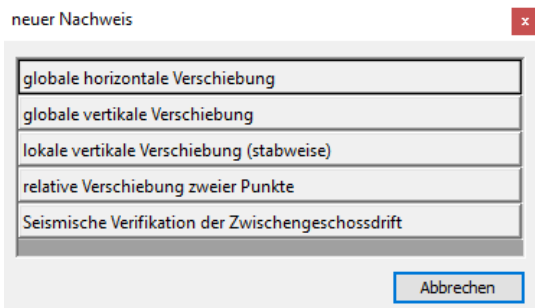
Die Berechnungsergebnisse der Konturoberfläche mit der Farbpalette können im dxf-Format über **DATEI/EXPORT** (→ Kap. 2.6) exportiert werden.

9.5 GEBRAUCHSTAULICHKEITSNACHWEISE (Gebrauchstauglichkeit)

9.5.1 GRUNDLAGEN



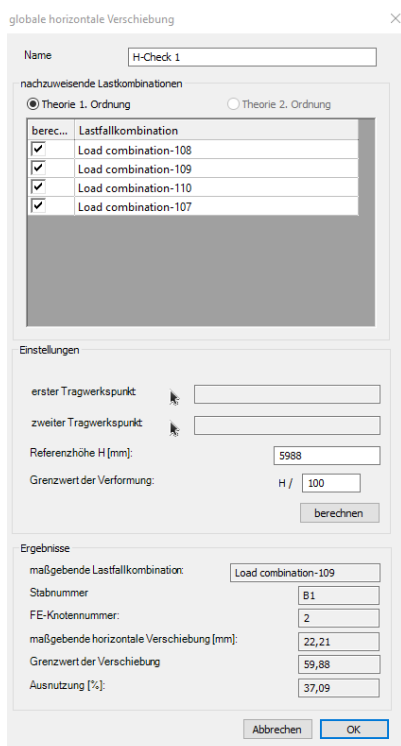
Die Funktionen für die Gebrauchstauglichkeitsnachweise sind unter dem Tabulator **“GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT”** zu finden. Der Mausklick auf das blaue Dreieck (▶) öffnet einen neuen Dialog. Die bereits definierten Gebrauchstauglichkeitsnachweise werden angezeigt und es ist möglich, diese mit Doppelklick oder Button zu öffnen oder zu löschen.



Mit **“ANLEGEN”** wird ein Nachweis definiert. Es öffnet sich eine Auswahlbox mit fünf möglichen Verformungsnachweisen.

- ▶ globale horizontale Verschiebung
- ▶ globale vertikale Verschiebung
- ▶ lokale vertikale Verschiebung
- ▶ Relativverschiebung zweier Punkte
- ▶ seismische Zwischengeschosdrift

9.5.2 GLOBALE HORIZONTALE VERSCHIEBUNG



Der Nachweis **“globale horizontale Verschiebung”** findet die maximale horizontale Verschiebung des (Teil-)Modells. Man kann die Berechnungstheorie sowie die zu berücksichtigen Einwirkungskombinationen wählen.

Es kann eine Referenzhöhe oder zwei Punkte des Modells, aus deren Koordinaten die Höhendifferenz berechnet wird, angegeben werden. Durch Mausklick auf **“BERECHNEN”** button. Es werden sofort die Berechnungsergebnisse unten im Dialog angezeigt und der maßgebende Stab wird im Modell selektiert.

9.5.3 GLOBALE VERTIKALE VERSCHIEBUNG

globale vertikale Verschiebung

Name: V-Check 1

nachzuweisende Lastkombinationen

☒ Theorie 1. Ordnung ☐ Theorie 2. Ordnung

berec...	Lastfallkombination
☒	Load combination-108
☒	Load combination-109
☒	Load combination-110
☒	Load combination-107

Einstellungen

erster Tragwerkspunkt:

zweiter Tragwerkspunkt:

Referenzlänge L [mm]:

Grenzwert der Verformung: L /

Ergebnisse

maßgebende Lastfallkombination: Load combination-107

Stabnummer:

FE-Knotennummer:

maßgebende vertikale Verschiebung [mm]:

Grenzwert der Verschiebung:

Ausnutzung [%]:

Der Nachweis **“globale vertikale Verschiebung”** arbeitet analog zu Kap. 9.5.2 mit dem einzigen Unterschied, dass eine Referenzlänge anstatt –höhe verwendet wird.

9.5.4 LOKALE STABWEISE VERTIKALVERFORMUNG

lokale vertikale Verschiebung (stabweise)

Name: max z-Verschiebung je Stab

nachzuweisende Lastkombinationen

☒ Theorie 1. Ordnung ☐ Theorie 2. Ordnung

berec...	Lastfallkombination
☒	Load combination-108
☒	Load combination-109
☒	Load combination-110
☒	Load combination-107

Einstellungen

benutztes Teilmodell:

Grenzwert der Verformung: L /

Ergebnisse

maßgebende Lastfallkombination: Load combination-107

Stabnummer:

FE-Knotennummer:

maßgebende vertikale Relativverschiebung [mm]:

Grenzwert der Verschiebung:

Ausnutzung [%]:

Hier werden die lokalen stabbezogenen Verschiebungen für alle Stäbe verglichen und das Maximum ermittelt.

Dies ist nur für horizontal angeordnete Stäbe (z.B. in der XY-Ebene liegend) sinnvoll.

Auch müssen die beiden Stabenden durch andere Stäbe und/oder Lager gestützt sein, sodass dieser Nachweis für Kragarme nicht möglich ist.

9.5.5 RELATIVE VERSCHIEBUNG ZWEIER PUNKTE

relative Verschiebung zweier Punkte

Name:

nachzuweisende Lastkombinationen

☒ Theorie 1. Ordnung ☐ Theorie 2. Ordnung

berec...	Lastfallkombination
☒	Load combination-108
☒	Load combination-109
☒	Load combination-110
☒	Load combination-107

Einstellungen

erster Tragwerkspunkt:

zweiter Tragwerkspunkt:

☒ relative Horizontalverschiebung

Verformungsgrenze [mm]:

maßgebende Lastfallkombination:

maßgebende horizontale Verschiebung [mm]:

Ausnutzung [%]:

☒ relative Vertikalverschiebung

Grenzwert [mm]:

maßgebende Lastkombination:

maßgebende vertikale Verschiebung [mm]:

Ausnutzung [%]:

Mit der Definition zweier Punkte im Tragwerk lassen sich die relativen horizontalen und/oder vertikalen Verschiebungen bestimmen und mit vorgegebenen Maximalwerten vergleichen.

10 BRANDSCHUTZNACHWEISE

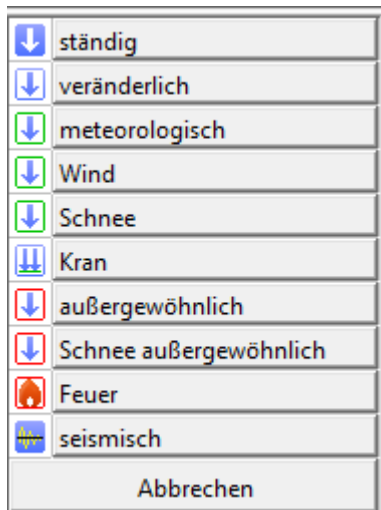
Brandschutznachweise, manchmal auch als Heißbemessung bezeichnet, sind voll in ConSteel integriert und bieten ein automatisches und effizientes Nachweiskonzept, dass nicht nur für Querschnitte sondern auch für (Teil-)Tragwerke zur Verfügung steht. ConSteel benutzt für die Brandeinwirkungen, die thermischen Berechnungen der Baustähle und die Tragfähigkeitsnachweise die Regeln des EuroCodes (nur) für Stahlelemente.

Dieses Kapitel beschreibt die Vorgehensweise von ConSteel und zeigt auch die Unterschiede zur Kaltbemessung auf.

Die erforderlichen Brandschutznachweise für Querschnitte und Stäbe folgen der folgenden Vorschrift:

- DIN EN 1993-1-2: Allgemeine Regeln. Tragwerksbemessung für den Brandfall

10.1 BRANDLASTGRUPPEN UND -LASTFÄLLE

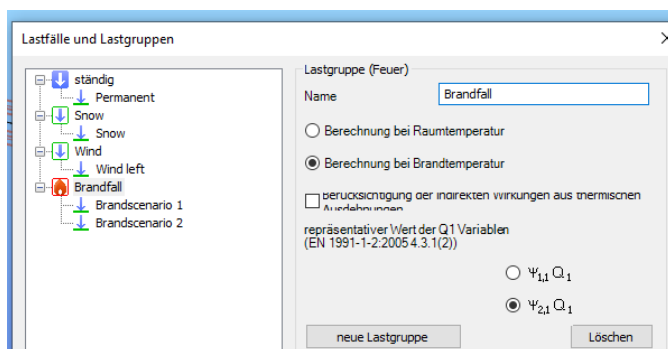


Für die Tragwerksbemessung im Brandfall stellt ConSteel die spezielle Lastgruppe **“Feuer”** zur Verfügung.

Durch Klick auf die Lastgruppe **“Feuer”** Fire öffnet sich ein weiterer Dialog:

ab V14: Bemessung für Raum- oder Brandtemperatur

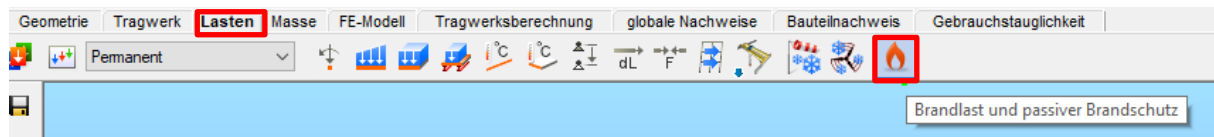
- Standardmäßig berücksichtigt ConSteel bei der Brandbemessung nicht die thermischen Verformungen der Stäbe; durch Klick auf die Checkbox kann dies aber aktiviert werden
- es kann mit dem runden Wahlschalter der Kombinationsbeiwert für die Hauptveränderliche Q_1 vom Standardwert $\Psi_{2,1}$ auf den Wert $\Psi_{1,1}$ gewechselt werden



Es muss mindestens ein Lastfall in der Lastgruppe **“Feuer”** eingefügt werden, damit eine Brandbemessung statt finden kann.

10.2 BRANDEINWIRKUNGEN UND PASSIVER BRANDSCHUTZ

Die Brandeinwirkung und die passiven Brandschutzmaßnahmen werden über das Icon **“BRANDLAST UND PASSIVER BRANDSCHUTZ”** (🔥) im Tabulator **“LASTEN”** definiert.



Brandeinwirkung und -schutz festlegen

Parameter

Temperatur-Zeitkurve: Standard

Dauer (min): 15

Brandschutz: ...

$\Psi_1 + Q_{s1}$ $\Psi_2 + Q_{s2}$

Ψ_1 : 1 Ψ_2 : 1

Bemessungsparameter - EN 1993-1-2 4.2.3.3 (7)-(8)

K_1 : 1 K_2 : 1

Brandschutzdaten sind nicht festgelegt!

Durch Klick auf das Icon öffnet sich ein Dialog mit Wahlmöglichkeiten:

Zunächst besteht für der Temperatur-Zeitkurve die Wahl zwischen drei Aufheizarten:

ETK nach DIN/ISO, externer Brand, Hydrocarbon

Anschließend bestimmen Sie die erforderliche Brandwiderstandsdauer in min, wobei die Zeit zwischen 15 und 200 min variieren kan.

Im Bereich Brandschutz wird durch Klick auf ... der passive Brandschutz festgelegt:

Brandschutzbekleidung festlegen

Name: Schutz 1

☐ ungeschützt

☒ geschützt (EN 13381-1,2 und 4)

☒ passiver Brandschutz

- Isoliermaterial: Board Fiber Cement

- Dicke: 10 mm

☐ reaktiver Brandschutz

- aufschäumender Anstrich

Einstufung nach DIN EN 1993-1-2/4.2.5, Tabellen 4.2 u.4.3

profilförmige Verkleidung konstanter Dicke unter allseitiger Brandeinwirkung

neu Löschen schließen übernehmen

Im sich öffnenden Dialog benennen Sie die Maßnahme und wählen Sie, ob der Träger ungeschützt oder brandgeschützt ausgeführt wird.

Im zweiten Fall kann zwischen konventionellem oder reaktivem (Dämmschichtbildner) Schutz gewählt werden.

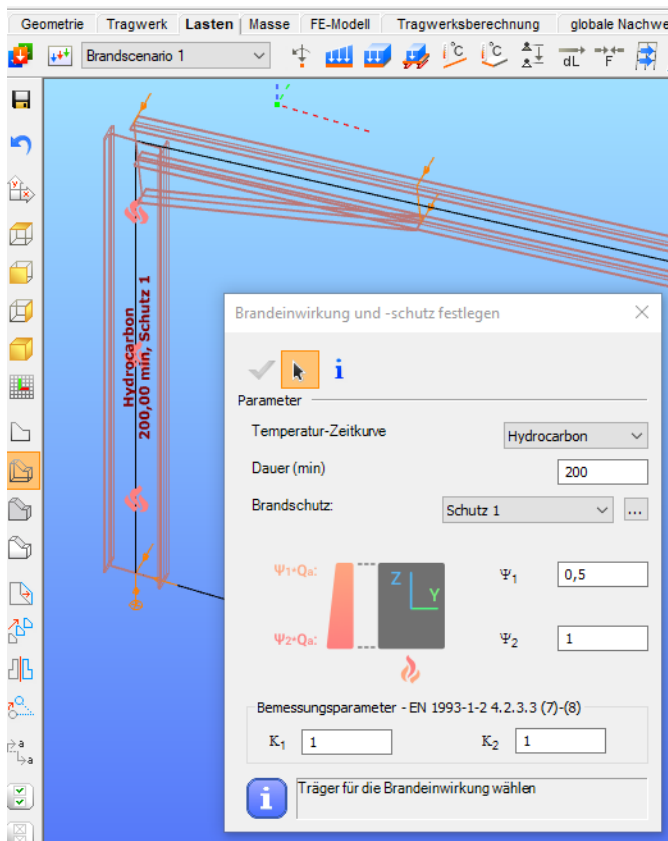
Sie müssen durch Klick auf ... das Isoliermaterial festlegen und dann dessen Dicke festlegen.

Zum Schluss hat eine Einstufung nach DIN EN 1993-1-2/4.2.5, Tabellen 4.2 und 4.3 zu erfolgen, wobei sich bei passivem und aktivem Brandschutz unterschiedliche Wahlmöglichkeiten ergeben. Die Einstufung hat über die Profilwerte A_m/V und A_p/V Einfluss auf die Berechnung der Temperaturentwicklung im Stahlquerschnitt.

Durch Setzen der Parameter ψ_1 und ψ_2 besteht auch die Möglichkeit, einen vertikalen Temperaturgradienten im Querschnitt einzuführen. Dazu ist DIN EN 1993-1-2/4.2.3.3, (7)-(8) nützlich.

Mit den Anpassungsfaktoren κ_1 und κ_2 lassen sich nach DIN EN 1993-1-2/4.2.3.3 (7) und (8) ungleichmäßige Temperaturentwicklungen im Querschnitt (κ_1) und entlang des Stahlprofils (κ_2) berücksichtigen.

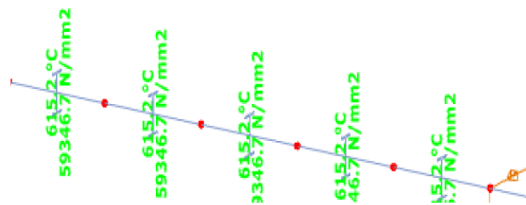
Mit Klick auf **“ÜBERNEHMEN”** wird der gesamte Dialog gespeichert. Weitere Schutzmaßnahmen können mit dem Schalter **“NEU”** zusätzlich erstellt werden. Mit **“LÖSCHEN”** wird die aktuell gewählte Schutzmaßnahme gelöscht.



Durch Mausklick auf ein Bauteil wird das definierte Brandszenario auf ein Bauteil aktiviert. Wenn mehrere Bauteile gleichzeitig mit dem Brandszenario beaufschlagt werden sollen, müssen diese vor Benutzung des Brandicons  markiert worden sein.

Ist im Tabulator **“LASTEN”** ein Brandlastfall (hier: Brandszenario 1) ausgewählt, dann erscheint das Feuersymbol sowie die Brandlast, erforderliche Branddauer und der passive Brandschutz auf den beaufschlagten Stahlbauteilen.

10.3 BERECHNUNGEN



Während der automatischen Drstellung des FE-Modells berechnet *ConSteel* die Stahltemperaturen der Bauteile und den abgeminderten Elastizitätsmodul. Diese Werte können im Tabulator ***“FE-MODELL”*** durch Anwahl des passenden Lastfalls sichtbar gemacht werden.

Die Berechnung der Beanspruchungen des Brandlastfalls erfolgt am Gesamt- oder Teilmodell und berücksichtigt damit auch die Bauteilinteraktionen sowie die durch den E-Modul reduzierten Trägersteifigkeiten sowie (falls gewünscht) auch die Bauteilzwängungen infolge der thermischen Expansionen.

10.4 NACHWEISE

ConSteel berechnet die Querschnittstragfähigkeiten und den globalen Stabilitätsnachweise für alle brandbeanspruchten stählernden Tragglieder mit den Formeln von DIN EN 1993-1-2.

► Querschnittsklassifikation nach EN 1993-1-2/4.2.2

Die Klassifikation erfolgt analog zur Kaltbemessung nach DIN EN 1993-1-1 mit reduzierten ε :

$$\varepsilon = 0,85 \cdot \left[\frac{235}{f_y} \right]^{0,5}$$

► Zugkraftnachweis nach DIN EN 1993-1-2/4.2.3.1

(1) konstante Temperatur über den Querschnitt:

$$N_{t,\bar{f},\theta,Rd} = k_{y,\theta} \cdot \frac{\gamma_{M,\theta}}{\gamma_{M,\bar{f}}} \cdot N_{pl,Rd} \quad (\text{Querschnittsklassen 1-4})$$

mit:

$k_{y,\theta}$	temperaturabhängiger Abminderungsfaktor der Streckgrenze nach DIN EN 1993-1-2, Table 3.1 und Bilder 3.1 und 3.2
$N_{pl,Rd}$	Zugtragfähigkeit im Kaltzustand

(2) variable Temperatur über den Querschnitt:

$$N_{t,\bar{f},t,Rd} = A_{non,t} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M,\bar{f}}} \quad (\text{Querschnittsklassen 1-4})$$

mit:

$A_{non,t}$	siehe Formel (4.4) von DIN EN 1993-1-2
-------------	--

► Druckkraftnachweis

Querschnittsklassen 1-3: DIN EN 1993-1-2/4.2.3.2

Querschnittsklasse 4: + Anhang E.2

(1) konstante Temperatur über den Querschnitt:

$$N_{c,\bar{f},t,Rd} = A \cdot \frac{k_{y,\theta} \cdot f_y}{\gamma_{M,\bar{f}}} \quad (\text{Querschnittsklassen 1-3})$$

$$N_{c,\bar{f},t,Rd} = A_{eff} \cdot \frac{k_{p0.2,\theta} \cdot f_y}{\gamma_{M,\bar{f}}} \quad (\text{Querschnittsklasse 4})$$

mit:

$k_{y,\theta}$	temperaturabhängiger Abminderungsfaktor der Streckgrenze nach DIN EN 1993-1-2, Table 3.1 und Bilder 3.1 und 3.2
$k_{p0.2,\theta}$	temperaturabhängiger Abminderungsfaktor der Proportionalitätsgrenze nach DIN EN 1993-1-2, Table 3.1 und Bilder 3.1 und 3.2

(2) variable Temperatur über den Querschnitt:

konservativer Ansatz: wie Fall (1), mit

$$\theta_a = \theta_{a,max}$$

► **Biegemomentennachweis**

Querschnittsklassen 1-2: DIN EN 1993-1-2/4.2.3.3

Querschnittsklasse 3: DIN EN 1993-1-2/4.2.3.4

Querschnittsklasse 4: + Anhang E.2

(1) konstante Temperatur über den Querschnitt:

$$M_{fi,\theta,Rd} = k_{y,\theta} \cdot \frac{\gamma_{M,\theta}}{\gamma_{M,fi}} \cdot M_{Rd}$$

mit:

$k_{y,\theta}$	QKL	temperaturabhängiger Abminderungsfaktor der Streckgrenze nach DIN EN 1993-1-2, Tab. 3.1 / Bilder 3.1 und 3.2
$M_{Rd} = M_{pl,Rd}$	1-2	bzw. $M_{Rd} = M_{V,Rd}$ bei zusätzlicher Schubbeanspruchung
$M_{Rd} = M_{el,Rd}$	3	
$M_{Rd} = M_{eff,Rd}$	4	

(2) variable Temperatur über den Querschnitt:

$$M_{fi,t,Rd} = W_{pl,non,t} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}} \quad (\text{Querschnittsklassen 1-2})$$

$$M_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta,max} \cdot \frac{\gamma_{M,\theta}}{\gamma_{M,fi}} \cdot \frac{1}{\kappa_1 \cdot \kappa_2} M_{el,Rd} \quad (\text{Querschnittsklasse 3})$$

$$M_{fi,t,Rd} = k_{p0.2,\theta,max} \cdot \frac{\gamma_{M,\theta}}{\gamma_{M,fi}} \cdot \frac{1}{\kappa_1 \cdot \kappa_2} M_{eff,Rd} \quad (\text{Querschnittsklasse 4})$$

mit:

$k_{y,\theta}$	temperaturabhängiger Abminderungsfaktor der Streckgrenze nach DIN EN 1993-1-2, Table 3.1 und Bilder 3.1 und 3.2
$k_{p0.2,\theta}$	temperaturabhängiger Abminderungsfaktor der Proportionalitätsgrenze nach DIN EN 1993-1-2, Table 3.1 und Bilder 3.1 und 3.2
$W_{pl,non,t}$	siehe Formel (4.9) von DIN EN 1993-1-2
κ_1 / κ_2	DIN EN 1993-1-2/4.2.3.3 (7) und (8)

► **Schubnachweis**

Querschnittsklassen 1-2: DIN EN 1993-1-2/4.2.3.3(6)

Querschnittsklasse 3: DIN EN 1993-1-2/4.2.3.4(4)

Querschnittsklasse 4: + Anhang E.2

konstante Temperatur im Querschnitt

$$V_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta,web} \cdot \frac{\gamma_{M,\theta}}{\gamma_{M,fi}} \cdot V_{Rd} \quad (\text{Querschnittsklassen 1-4})$$

variable Temperatur im Querschnitt:

$k_{y,\theta,web}$ mit der höchsten Temperatur im Steg

► **Interaktion der Schnittgrößen:**

$$\frac{N_{fi,Ed}}{N_{fi,\theta,Rd}} + \frac{M_{y,fi,Ed}}{M_{y,fi,\theta,Rd}} + \frac{M_{z,fi,Ed}}{M_{z,fi,\theta,Rd}} \leq 1$$

► **Globaler Stabilitätsnachweis:**

Für den globalen Stabilitätsnachweis der gesamten Struktur oder eines Teilmodells benutzt *ConSteel* analog zur Kaltbemessung die allgemeine Methode nach DIN EN 1993-1-1/6.3.4) unter Verwendung der Knicklinien nach DIN EN 1993-1-2/4.2.3.2, 4.2.3.3:

für Biegeknicken:

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\varphi_{\theta} + \sqrt{\varphi_{\theta}^2 - \bar{\lambda}_{\theta}^2}}$$

für Biegedrillknicken:

$$\chi_{LT,fi} = \frac{1}{\phi_{LT,\theta,com} + \sqrt{\phi_{LT,\theta,com}^2 - \bar{\lambda}_{LT,\theta,com}^2}}$$

11 QUERSCHNITTS-MODULE

11.1 GRUNDLAGEN

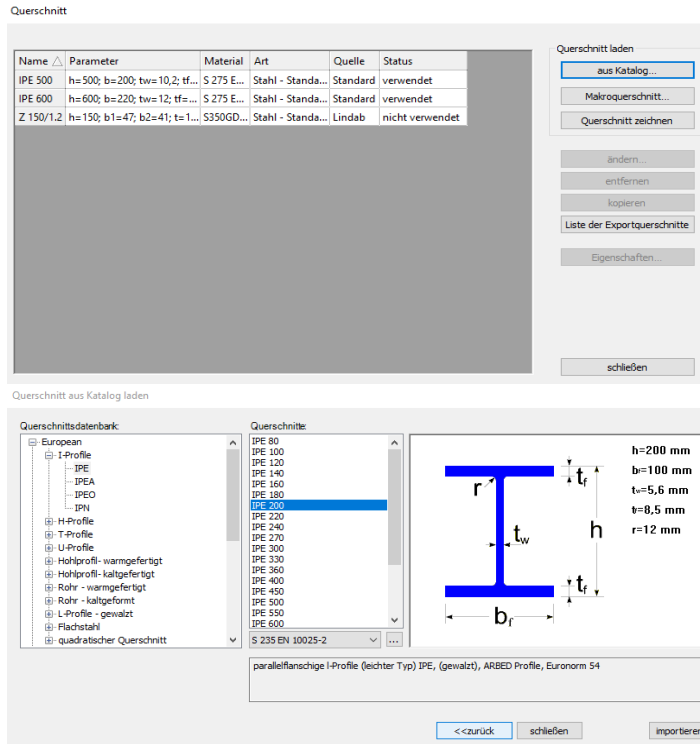
Da *ConSteel* viele Funktionalitäten von z.T. umfangreichen Querschnittinformationen der zu berechnenden Bauteile benötigt, gibt es den separaten Querschnittsmodul **CSSECTION**. Dieser Modul bietet alle relevanten Tools zur Querschnittserstellung und -verwaltung, Berechnung elastischer und plastischer Querschnittswerte, zur Spannungsermittlung und für die Tragfähigkeitsnachweise der Querschnitte. Dazu stehen zwei Methoden zur Verfügung:

- ▶ **General Solid Section (GSS):**
ein sehr genaues FE-basiertes Oberflächenmodell für alle Querschnittsarten
- ▶ **Elastic Plate Segment (EPS):**
ein Modell speziell für dünnwandige Stahlprofile;
die EC-basierten Nachweisformate können mit dem *EPS*-Modell einfach durchgeführt werden inklusive der effektiven Querschnittswerte von Querschnitten der Klasse 4, die von den Teilschnittgrößen der Querschnitte aus der Berechnungen der Beanspruchungen abhängen.

Die Querschnittsverwaltung und die Querschnittsmodule können mit Mausklick auf die Icons  gestartet werden, die sich links in der Kartei „**TRAGWERK**“ befinden (→ Kap.1.2.4).

11.2 VERWALTUNG DER QUERSCHNITTE

Da die Querschnittsbibliotheken von den Berechnungsmodulen separat gespeichert sind, müssen die in einem Tragmodul zur Verwendung geplanten Querschnitte zunächst in die Modelldatenbank geladen werden.



Dies erfolgt im Dialog der **Querschnittsverwaltung**.

Zunächst werden alle bereits in Modell geladenen Querschnitte und zugehörigen Parameter angezeigt. Neue oder weitere Querschnitte können mit den oberen drei Schaltern geladen oder neu erzeugt werden.

Querschnitte können in das Strukturmodell geladen werden. Die Querschnittsbibliothek enthält nahezu alle genormten Europäischen Stahlquerschnitte in einer Baumstruktur. Bei Klick auf einen Querschnitt werden in einer Grafik dessen Abmessungen gezeigt.

Mit dem Schalter „**IMPORTIEREN**“ wird der markierte Querschnitt in das geöffnete Strukturmodell geladen.

Mehre Querschnitte können mit den bekannten Windows-Auswahltools **STRG** oder **SHIFT** gleichzeitig geladen werden.



Das Material muss bereits bei der Querschnittswahl definiert werden, weil es bei ConSteel zu den Querschnittsparametern gehört!

Mittels des Icons „**MAKROQUERSCHNITT...**“ können auch auf der Basis vorgegebener Grundformen eigene Querschnitte angefertigt werden. Die folgenden Makro-Querschnittstypen stehen zur Verfügung:

► **Stahl:**

- geschweißte Querschnitte
- kalt geformte Querschnitte
- warm gewalzte Querschnitte
- zusammengesetzte Querschnitte

► **Stahlbeton**

► **Verbundquerschnitte**

► **dynamik-/erdbebenresistente Knickaussteifung („Star Seismic Powercat“)**

11.3 MODELLIERUNG VON QUERSCHNITTEN

11.3.1 DAS EPS-MODELL



Das **dünnwandige Querschnittsmodell** (*Elastic Plate Segment (EPS)*) ist eine vereinfachte Modellierung geschweißter, warm gewalzter und kalt geformter dünnwandiger Querschnitte.

Mit dieser Art der Querschnittsmodellierung können die Querschnittswerte - verglichen mit dem GSS-Modell - schnell, auf einfache Weise und nahezu exakt berechnet werden. Für symmetrische und unsymmetrische Querschnitte werden Hauptachsen, Lage von Schwer- und Schubmittelpunkt, die Querschnittswerte zur Berechnung der Normal- und Schubspannungen sowie die Querschnittsklassifikation nach EC zur Verfügung gestellt. Damit können dann die Tragsicherheitsnachweise nach EC sehr effektiv geführt werden. Für Querschnitte der Klasse 4 werden auch für die zuvor berechneten Beanspruchungen die effektiven (reduzierten) Querschnitte generiert und die Nachweise nach DIN EN 1993-1-3 geführt.



Walzprofilquerschnitt (Ansicht mit):

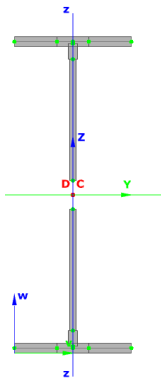
- grüne Punkte: Segmentendpunkte
- Zahlen: schnittgrößenabhängige Querschnittsklassen der Segmente (z.B.:  reine Druckkraftbeanspruchung)

Die Ausrundungen zwischen Steg und Flansch sind durch geeignete rechteckige Ersatzquerschnitte simuliert.

+	Plattenelement 1
+	Plattenelement 2
-	Plattenelement 3
	Querschnittsklasse 4
	c 514,00
	t 12,00
	ε 0,92
	α 1,00
	ψ 1,00
	c/t 42,83
	Klassengrenze 1 30,51
	Klassengrenze 2 35,13
	Klassengrenze 3 38,83
+	Plattenelement 4
+	Plattenelement 5

In der rechts oben befindlichen Objekttabelle sind die Segmente aufgeführt. Der Mausklick auf einen Namen zeigt das Segment in der Grafik und der Klick auf den davor stehenden Marker (+) zeigt die zur Querschnittsklassifikation relevanten Parameter.

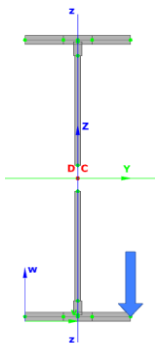
(-) schließt die Parametertafel



Plattenelement	
Plattenelement 1	Brutto
Plattenelement 2	Brutto
Plattenelement 3	reduziert
b_p	514,00 mm
t	12,00 mm
b_{eff1}	230,08 mm
t_{eff1}	12,00 mm
λ_{p1}	0,8158
ρ_1	0,8952
b_{eff2}	230,08 mm
t_{eff2}	12,00 mm
λ_{p2}	0,8158
ρ_2	0,8952
Plattenelement 4	Brutto
Plattenelement 3	

Mit dem Icon lassen sich die Segmentreduktionen der Klasse 4 (hier: Segment 3) und die zugehörigen Parameter darstellen.

Bei diesem Beispiel entsteht in der Stegmitte infolge Normalkraft ein Loch (ausgefallener Querschnittsbereich).



Punkt	y [mm]	z [mm]	Y [mm]	Z [mm]	t [mm]	w [mm²]
1	-110,0	290,5	-110,0	290,5	19,00	31 955,0
2	-30,0	290,5	-30,0	290,5	19,00	8 715,0
3	0,0	290,5	0,0	290,5	19,00	0,0
4	30,0	290,5	30,0	290,5	19,00	-8 715,0
5	110,0	290,5	110,0	290,5	0,00	-31 955,0
6	0,0	290,5	0,0	290,5	0,00	0,0
7	0,0	287,1	0,0	287,1	17,76	0,0
8	0,0	257,0	0,0	257,0	12,00	0,0
9	0,0	26,9	0,0	26,9	0,00	0,0
10	0,0	-26,9	0,0	-26,9	12,00	0,0
11	0,0	-257,0	0,0	-257,0	17,76	0,0
12	0,0	-287,1	0,0	-287,1	0,00	0,0
13	0,0	-290,5	0,0	-290,5	0,00	0,0
14	110,0	-290,5	110,0	-290,5	19,00	31 955,0
15	30,0	-290,5	30,0	-290,5	19,00	8 715,0
16	0,0	-290,5	0,0	-290,5	19,00	0,0
17	-30,0	-290,5	-30,0	-290,5	19,00	-8 715,0
18	-110,0	-290,5	-110,0	-290,5	0,00	-31 955,0

Mit dem Icon werden die Koordinaten der Querschnittspunkte erläutert.

Ein Klick auf einen Punkt lokalisiert diesen in der Grafik.

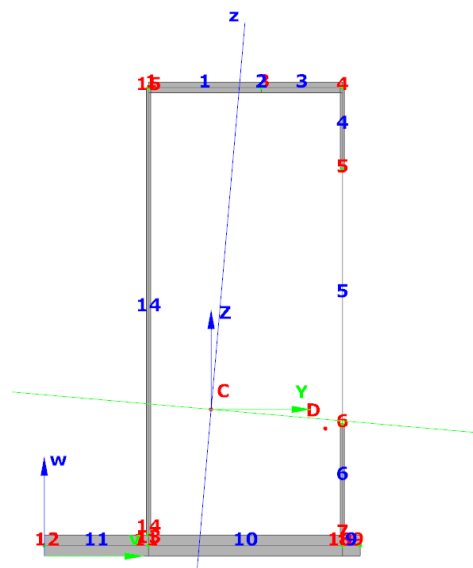
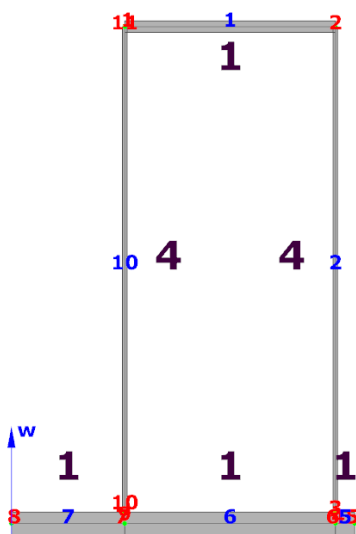
D: Schubmittelpunkt

C: Schwerpunkt

Haupteigenschaften
allgemeine Querschnittswerte bezogen auf das Hauptachsensystem (y,z)
Hauptquerschnittswerte bezogen auf den Schwerpunkt (Y,Z)
Querschnittswerte der Torsion
Schubquerschnittswerte

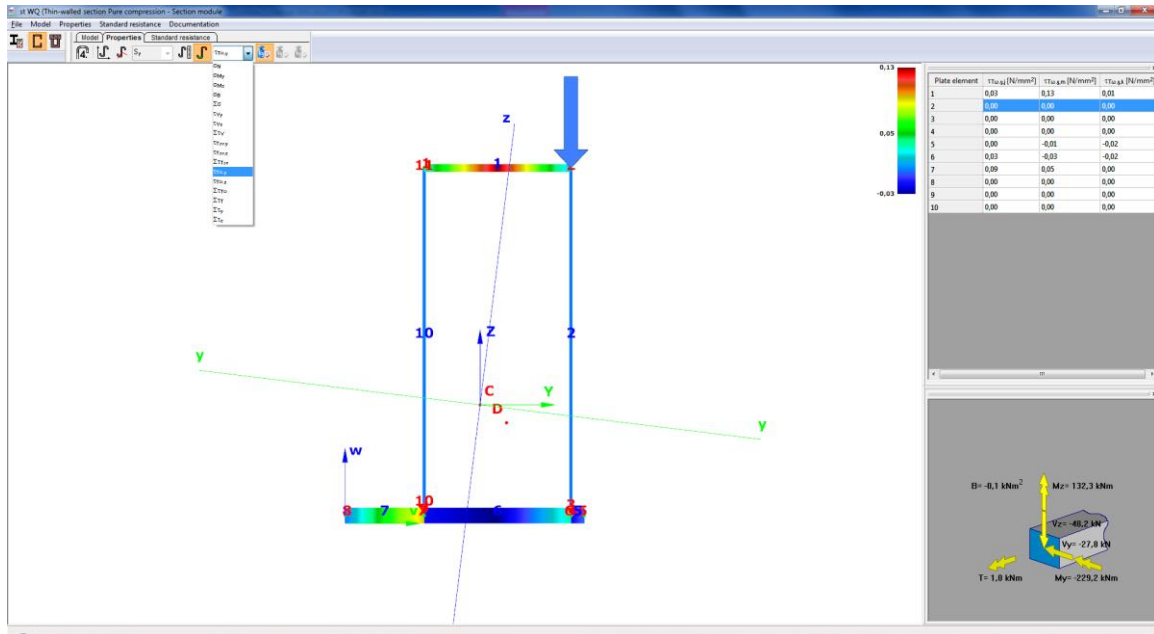
Das Icon öffnet eine umfangreiche Tabelle der elastischen Querschnittswerte.

Der Klick auf einen Marker (+) zeigt die zur Einzelwerte jeder Abteilung.



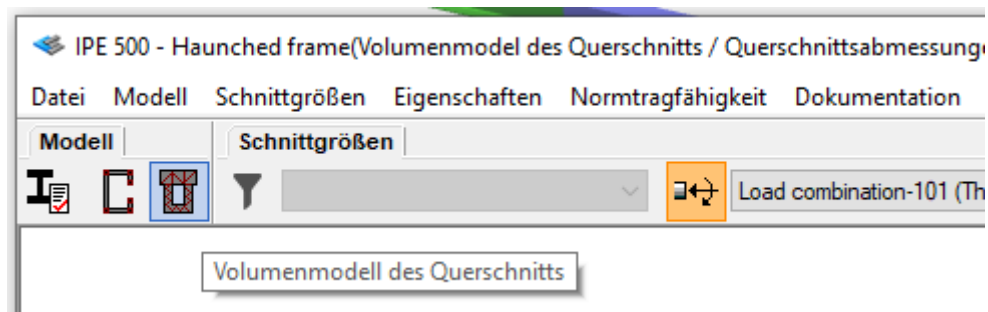
*unsymmetrischer geschlossener
Schweißquerschnitt*

*unsymmetrischer offener
Schweißquerschnitt*

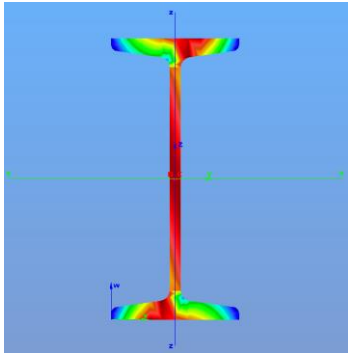


Lage von Schwerpunkt (C), Schubmittelpunkt (D), Hauptachsen (y,z) und Spannungsauswertung infolge mehrachsialer Beanspruchung

11.3.2 DAS GSS-MODELL



Das Querschnittstool **Volumenmodell (General Solid Section, GSS)** dient der möglichst genauen Berechnung beliebiger, vorzugsweise dick- und vollwandiger Querschnittsarten. Zur Berechnung wird die Querschnittsfläche in finite Dreieckselemente unterteilt und die Querschnittswerte werden mit der FE-Methode berechnet. Der Querschnitt kann aus einer beliebigen Anzahl unterschiedlicher Materialien bestehen, die bei der finite Elementierung berücksichtigt werden. Neben den üblichen Querschnittswerten (Fläche, Trägheitsmomente 2.Ordnung, etc.) berechnet das the GSS model auch die Torsions- und Schubkennwerte wie z.B. die St. Venant- und Wölblflächenmomente, Schubflächen und - faktoren, etc. nahezu exakt. Diese Kennwerte werden bei den Strukturberechnungen verwendet.



Die mit diesem Modell berechneten elastischen Normal-, Torsions- und Schubspannungen werden mit einer eindrucksvollen Farbdarstellung sichtbar gemacht.

11.4 QUERSCHNITTSTOOLS

11.4.1 GEOMETRISCHE BERECHNUNGEN

Es werden drei Koordinatensysteme in den Querschnittsmodulen benötigt:

- Das Hauptachsensystem (y,z)
- Das Editier-/Anfangsberechnungssystem (v,w)
- Das in den Schwerpunkt (C) verschobene Editier-/Anfangsberechnungssystem (Y,Z)
 Der Punkt (D) ist Schubmittel-/Drehpunkt des Querschnitts

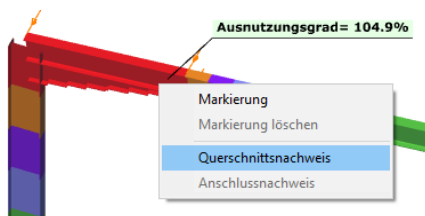
Die Querschnittswerte werden in Bezug zu den Koordinatensystemen angegeben.

11.4.2 BEANSPRUCHUNGEN

Bei Nutzung eines Querschnittsmoduls bei der Strukturberechnung werden automatisch alle berechneten Beanspruchungen der Einwirkungskombinationen importiert. Die relevante wird zur Spannungsberechnung benutzt, aber jede andere kann ebenfalls verwendet werden. Auch können manuell zusätzliche Kombinationen mit Klick auf den Schalter „**NEUE LASTKOMBINATION**“ (+) hinzugefügt werden.

Lcomb.	Current	NEd [kN]	MyEd [kNm]	MzEd [kNm]	VyEd [kN]	VzEd [kN]	BEd [kNm ²]	TxEd [kNm]	TyEd [kNm]	TEd [kNm]	Bor.op [-]	Buk [-]
Load Combination 1 (first order)	☐	0,0	-162,3	0,0	-0,0	93,8	-0,1	-0,1	0,1	0,0	1,370	0,937
Load Combination 1 (second order)	☒	-0,5	-162,3	-0,0	-0,2	93,8	-0,1	-0,0	0,0	0,0	1,370	0,937

CSSECTION kann aus dem Strukturmodell gestartet werden, wenn zuvor mit „**TRAGWERKSBERECHNUNG**“ eine Berechnung nach Theorie 1. oder 2. Order erfolgt ist und „**GLOBALE NACHWEISE**“ durchgeführt wurde. Für einen beliebigen Querschnitt kann **CSSECTION** nach zwei Arten direkt gestartet werden:



Entweder mit rechtem Mausklick über einem Querschnitt in der Grafik der Auslastung und Wahl des Menüpunktes **QUERSCHNITTSNACHWEIS** oder mit rechtem Mausklick auf **QUERSCHNITTSNACHWEIS** über einem Element der Ergebnistabelle.

Stab	Element	Knoten	Lastfall-Kombination	maßgebender Nachweis	Ausnutzung [%]
B4	51	j	Load combination-101	globaler Stabilitätsnachweis	135,6
B4	50	j	Load combination-101	globaler Stabilitätsnachweis	135,6
B3	14	j	Load combination-101	globaler Stabilitätsnachweis	124,0
B3	13	j	Load combination-101	globaler Stabilitätsnachweis	124,0
B3	13	k	Load combination-101	globaler Stabilitätsnachweis	124,0
B3	14	k	Load combination-101	globaler Stabilitätsnachweis	123,9

11.4.3 SPANNUNGEN

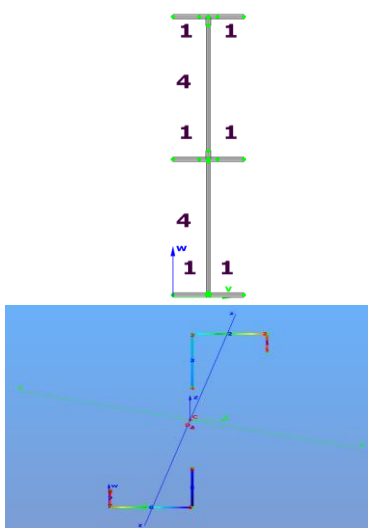


Die elastischen Spannungen können mittels Tabulator **“EIGENSCHAFTEN”** und dort durch Mausklick auf das Icon **“SPANNUNGEN”** (📊) sowohl im EPS- als auch GSS-Modell dargestellt und beziffert werden.

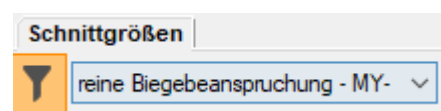
Folgende Spannungen werden aus den Beanspruchungen berechnet und können einzeln mit einer Farbgrafik und in Tabellenform dargestellt werden:

Spannungs-symbol	SPANNUNG
σ_N	Normalspannung infolge Normalkraft
σ_{My}	Normalspannung infolge M_y (starke Achse)
σ_{Mz}	Normalspannung infolge M_z (schwache Achse)
σ_B	Normalspannung infolge Bimoment B
$\Sigma \sigma$	resultierende Normalspannung
τ_{Vy}	Schubspannung infolge V_y
τ_{Vz}	Schubspannung infolge V_z
$\Sigma \tau_V$	resultierende Schubspannung infolge Querkraften
$\tau_{Tsv.y}$	Schubsspannung in y-Richtung infolge St. Venant Torsion
$\tau_{Tsv.z}$	Schubsspannung in z-Richtung infolge St. Venant Torsion
$\Sigma \tau_{Tsv}$	resultierende Schubsspannung infolge St. Venant Torsionsmoment M_{sv}
$\tau_{Tw.y} *)$	sekundäre Schubspannung in y-Richtung aus Wölbmoment M_w
$\tau_{Tw.z} *)$	sekundäre Schubspannung in z-Richtung aus Wölbmoment M_w
$\Sigma \tau_{Tw} *)$	resultierende Wölbschubspannung
$\Sigma \tau_T$	resultierende Schubspannung infolge M_{sv} und M_w
$\Sigma \tau_y$	resultierende Schubspannung in y-Richtung
$\Sigma \tau_z$	resultierende Schubspannung in z-Richtung
Bemerkung:	*) i.d.R. vernachlässigbar klein gegenüber anderen Schubspannungen

11.4.4 QUERSCHNITTSKLASSEN UND EFFEKTIVER QUERSCHNITT

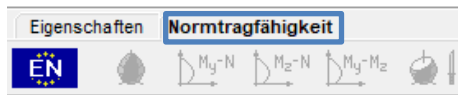


Bei aktivem EPS-Modul wird mit Klick auf das Icon  die Querschnittsklassen der Plattensegmente infolge einer gewählten Beanspruchung(skombination) dargestellt.



Bei aktivem EPS-Modul wird mit Klick auf das Icon  der effektive Querschnitt der effektive Querschnitt dargestellt.

11.4.5 TRAGFÄHIGKEITEN NACH EUROCODES



Für eine gewählte Lastkombination führt das Modul die möglichen und notwendigen Nachweise durch, macht alle Berechnungen und filtert den dominanten bemessungsrelevanten Fall (z.B. plastische Querschnittsinteraktion) heraus.

11.4.5.1 STAHLQUERSCHNITTE

Die auf dem EPS-Modell basierenden EC-Nachweise für Stahlquerschnitte berücksichtigen alle notwendigen Vorschriften von DIN EN 1993-1-1 und in Teilen von DIN EN 1993-1-5) wie die allgemeine elastische Querschnittstragfähigkeit beliebiger Querschnittsformen, Analyse der Wirkung einzelner Beanspruchungen, plastische und lineare (konservative) Interaktionen ausgewählter Querschnittstypen sowie das Stegbeulen.

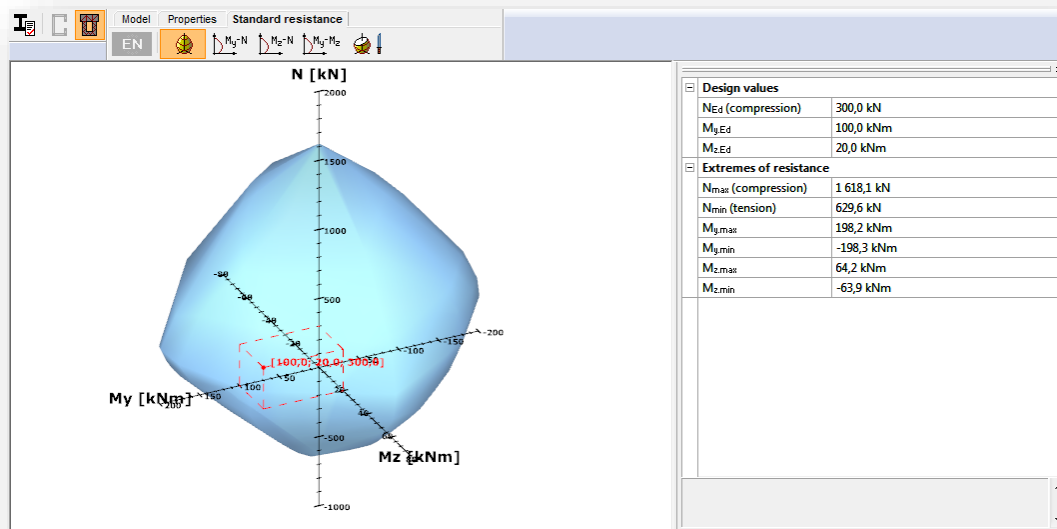
Die folgenden Nachweise werden je nach Einwirkungen und Querschnittstyp durchgeführt:

Nachweisformate	Querschnittsklasse				Querschnittstyp					
	1	2	3	4	I	U	O	□	■	sonst
einzelne Beanspruchungen										
6.2.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
6.2.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
6.2.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
6.2.6(2-3)	•	•			•	•	•	•	•	•
6.2.6(4-5)			•	•	•	•	•	•	•	•
6.2.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
EN 1993-1-5	•	•	•	•	•	•		•		
plastische Interaktionen										
V + T										
6.2.7(6.26)	•	•			•					
6.2.7(6.27)	•	•				•				
6.2.7(6.28)	•	•					•	•		
M + V (+ T)										
6.2.8	•	•			•	•	•	•	•	•
My + N (+ V + T)										
6.2.9(6.32)	•	•							•	
6.2.9(6.33 - 6.34, 6.36)	•	•			•					
6.2.9(6.39)	•	•						•		
ENV 1993-1-1:1995 (E) 5.4.8.1(5.34)	•	•					•			
Mz + N (+ V + T)										
6.2.9(6.32)	•	•							•	
6.2.9(6.35, 6.37 - 6.38)	•	•			•					
6.2.9(6.40)	•	•						•		
ENV 1993-1-1:1995 (E) 5.4.8.1(5.34)	•	•					•			
My + Mz + N (+ V + T)										
6.2.9(6.41)	•	•			•		•	•		
allgemeine Interaktionen										
My + Mz + N (+ V + T)										
6.2.1 (6.2)	•	•	•		•	•	•	•	•	•
6.2.9.3(6.44)				•	•	•	•	•	•	•
elastische Spannungsnachweise										

My + Mz + N (+ V + T)										
6.2.1 (6.1)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Biegeknick- und Biegedrillknicknachweise										
6.3.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

11.4.5.2 STAHLVERBUND- UND STAHLBETONQUERSCHNITTE

Für **Stahlbetonquerschnitte** kann **CSSECTION** die Interaktion der Grenztragfähigkeiten berechnen (im Bild blau) und mit den aktuellen Beanspruchungen (im Bild rot) abgleichen. Es können auch mit den weiteren Icons Schnitte durch die räumliche Interaktion entlang zweier Achsen oder beliebig geführt und die grenztragfähigkeiten dargestellt werden.



Bei **Verbundquerschnitten** kann –analog zu den Stahlbetonquerschnitten– die Interaktion der Grenztragfähigkeiten berechnen und dargestellt werden.

Weiterhin führt **CSSECTION** folgende Nachweise nach EC 4:

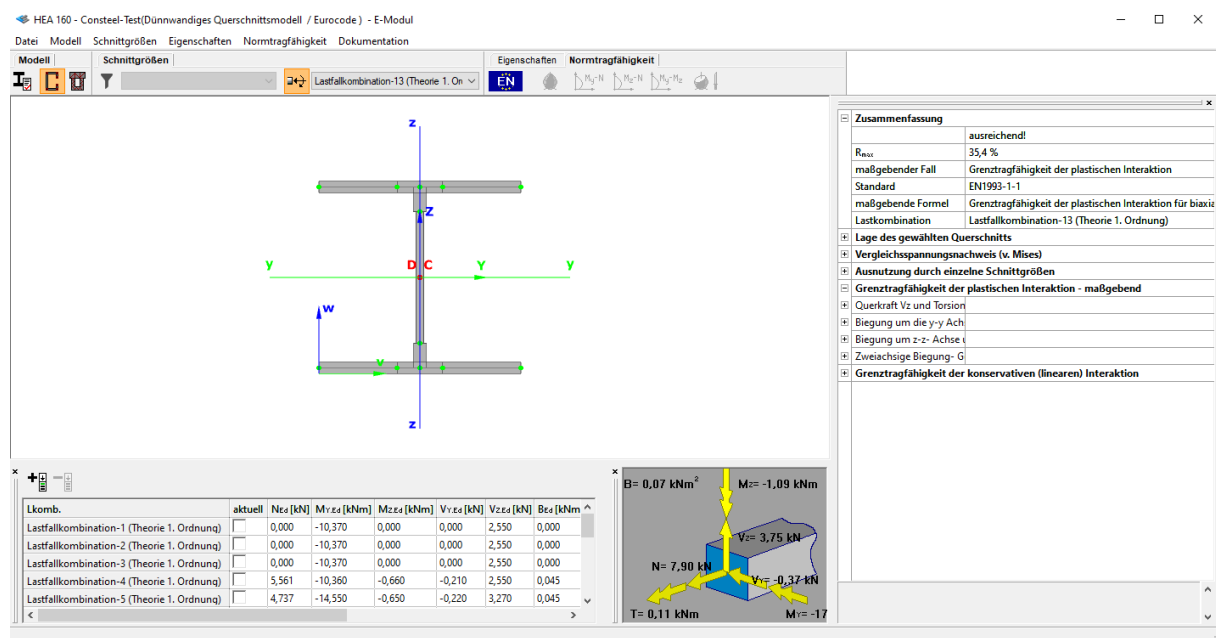
Nachweisformate	Querschnittstypen				
					
für Einzelne Schnittgrößen					
6.7	•	•	•	•	•
6.7.3.2 (6.30)	•	•	•	•	•
6.7.3.2 (figure 6.19), 6.7.3.4	•	•	•	•	•
6.7.1 (9), table 6.3		•	•	•	•
Interaktionen					
6.7.3.6 (6.45)	•	•	•	•	•
6.7.3.7 (6.46-6.47)	•	•	•	•	•

11.4.5.3 ERGEBNISSE

Mit Öffnung der Funktionen der Querschnittsnachweise (→ Kap. 11.4.2) eines ausgewählten Querschnitts wird in der rechten Tabelle eine Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse mit den folgenden Informationen gegeben:

Ergebnis: (nicht) ausreichend
maximale Ausnutzung: in %
maßgebender Fall: das Nachweisformat
Standard: verwendete Norm
maßgebende Formel: je nach Beanspruchung
Lastfallkombination: die zum Tragfähigkeitsnachweis maßgebene (mit der größten Ausnutzung)

In der grau unterlegten Grafik sind die zu den einzelnen Nachweisen benutzten Beanspruchungen des Querschnitts dargestellt.



Zusammenfassung	
Lage des gewählten Querschnitts	
Vergleichsspannungsnachweis (v. Mises)	
Ausnutzung durch einzelne Schnittgrößen	
Grenztragfähigkeit der plastischen Interaktion - maßgebend	
Querkraft Vz und Torsion	
Biegung um die y-y Achse	
Biegung um z-z Achse	
Zweiachsiges Biegung- G	
Grenztragfähigkeit der konservativen (linearen) Interaktion	
Anmerkung	Das Bimoment ist zu berücksichtigen und ist der Gleichung hinzugefügt.
Ausnutzungsgrad	20,9 %
Querschnittsklasse	1
Normabschnitte	6.2.1(7) - Gl. (6.2)
N _{Ed}	-5,640 kN
N _{Rd}	828,298 kN
M _{y,Ed}	-7,730 kNm
M _{y,Rd}	52,372 kNm
Anmerkung	Torsions- und Querkraftbeanspruchung vernachlässigt!
M _{z,Ed}	-0,620 kNm
M _{z,Rd}	25,004 kNm
Anmerkung	Torsions- und Querkraftbeanspruchung vernachlässigt!
B _{Ed}	0,061 kNm ²
B _{p,Rd}	2,057 kNm ²

Für Detailinformationen klickt man auf einen der (+) Marker in der ersten Tabellenspalte (Grenztragfähigkeit der konservativen (plastischen Interaktion)). Man erhält alle zahlenmäßigen Informationen, um z.B. die Berechnungen per Hand nachzuvollziehen. Mit dem (-)-Marker schließt man einen Detailtabellenbereich wieder.

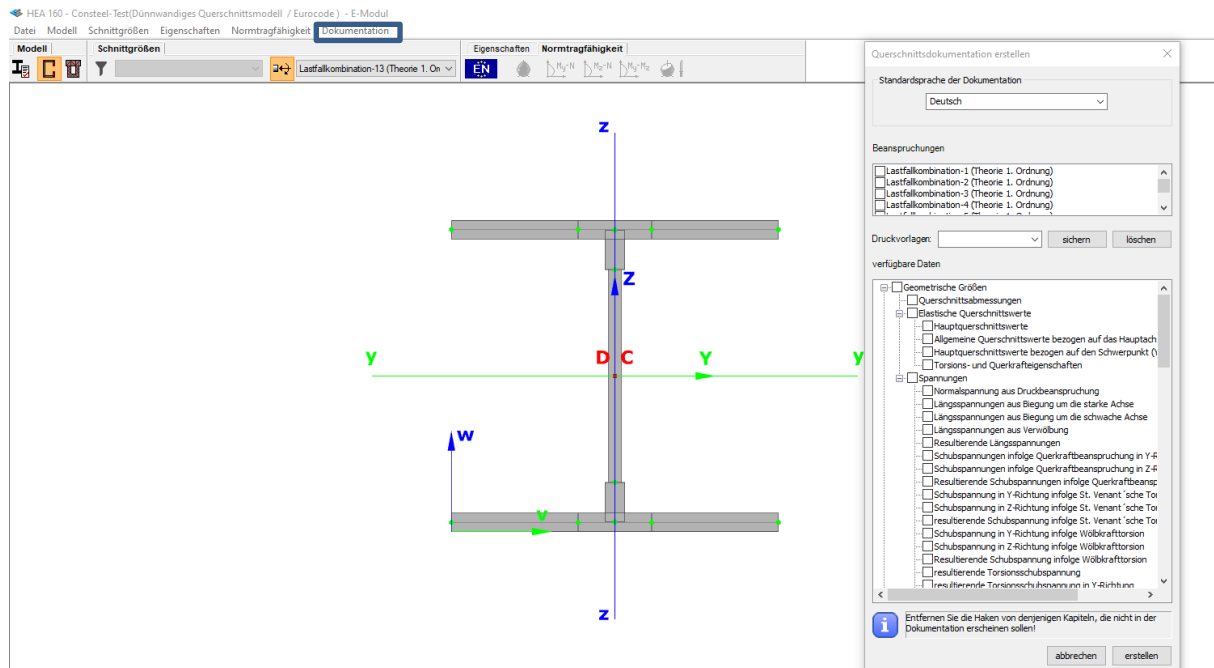
Die Informationstabelle kann am linken Rand vergrößert werden, um die Zellinhalte vollständiger lesen zu können.

11.5 DOKUMENTATION EINES QUERSCHNITTES

Für jeden Nachweisquerschnitt kann ein separates Druckdokument in verschiedener vom Benutzer zu wählenden Detailierung erstellt werden. Zu den Informationen gehören z.B. die geometrischen und mechanischen Querschnittsparameter sowie die Nachweisergebnisse.

Das Dokument kann dann an das Hauptdokument der global Struktur angefügt werden.

Durch Mausklick auf die in der Menüzeile befindlichen Option **“Dokumentation”** öffnet sich ein Auswahlménú zur Spezifikation der gewünschten Informationsgenauigkeit. Die Erstellung des Dokumentes erfolgt genauso wie die des Hauptdokumentes (→ Kap. 12.2.2.4).



12 DOKUMENTATION

12.1 GRUNDLAGEN

ConSteel besitzt eine leistungsstarke und einfach zu bedienende Dokumentationsmethodik zur Erstellung präziser und einfach zu editierender baustatischer Unterlagen, die auch einer Überprüfung durch Kontrollinstanzen genügen.

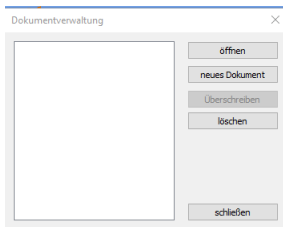
Das Hauptdokument der baustatischen Berechnungen enthält die vollständige Beschreibung des Strukturmodells und auch die Ergebnisse der globalen sowie lokalen Tragwerksberechnung und -nachweise.

Jede Seite des Dokumentes besitzt eine Kopf- und Fußzeile mit Grafiken (z.B. Firmenlogo). Sie können die voreingestellten Kopf- und Fußgrafiken ersetzen, die sich im Installationsverzeichnis befinden (standardmäßig in: C:\Program Files\ConSteelversion\Pic). Die Dateien "**Header_pic.png**" und "**Footer_pic.png**" sind mit gleichem Namen durch Ihre eigenen Bilder zu ersetzen.

12.2 DOKUMENTE-TABULATOR



Die für die Erstellung der Hauptdokumente befindlichen Funktionen (Icons) finden sich im Register "**DOKUMENTE**" auf dem Hauptbildschirm. Der Start der Dokumentation erfolgt durch Mausklick auf das linke Icon "**Dokument erstellen**" (📄).



Es öffnet sich das Menü der Dokumentenverwaltung. Dort können Sie vorhandene Dokumente öffnen, überschreiben oder löschen und ein neues eröffnen.



SIE KÖNNEN DIE INHALTE EIN ERSTELLTES DOKUMENT BELIEBIG VERÄNDERN, ABER ALLE ÄNDERUNGEN AM STRUKTURMODEL (z.B. PROFILE, LAGERUNGEN, EINWIRKUNGEN, ETC.) UND DIE BERECHNUNGS- UND NACHWEISERESULTATE WERDEN NICHT IN DAS ALTE DOKUMENT ÜBERNOMMEN! INFOLGEDESSEN IST DAS ALTE DOKUMENT UNGÜLTIG ZU MACHEN UND EIN NEUES ZU ERZEUGEN!

12.2.1 DOKUMENT-ERSTELLUNG (📄)

Die Erstellung eines neuen Dokumentes erfolgt in drei Menüschritten:

neue Dokumentation erstellen... (3/1)

Dokumentname	Dokument 1
Projektname	
Namen der Sachbearbeiter:	
Erstellungsdatum	20.01.2021.
Standardsprache der Dokumentation	Englisch

 klicken Sie zur Eingabe in das gewünschte Feld.
Es ist ein Dokumentenname einzugeben! Die Namen der Bearbeiter sind durch Semikolons zu trennen.

abbrechen weiter >

neue Dokumentation erstellen... (3/2)

Berechnungsergebnisse

☐ 1. Ordnung

☒ 2. Ordnung

☐ 1. und 2. Ordnung

abbrechen < zurück weiter >

neue Dokumentation erstellen... (3/3)

Druckvorlagen: alles auswählen sichern löschen

- ☒ Strukturmodell
 - ☒ Hauptdaten
 - ☒ Punkte
 - ☒ Linie
 - ☒ Material
 - ☒ Stabelemente
 - ☒ Parameter der Stabelemente
 - ☒ Querschnitte
 - ☒ Parameter der Stabelemente mit veränderlichem Querschnitt
 - ☒ Parameter der Voute
 - ☒ Stabengelenke
 - ☒ Wölbübertragung
 - ☒ Flächenelemente
 - ☒ Flächenelemente
 - ☒ Öffnungen
 - ☒ Lastübertragungsfläche
 - ☒ Lastübertragungsfläche
 - ☒ Öffnungen
 - ☒ Diaphragma
 - ☒ Punktlager
 - ☒ Typen
 - ☒ Daten der Position
 - ☒ Linienlager
 - ☒ Typen

Nachweisparameter im GZT

Zusammenfassung der Normnachweise nach Bauteilnamen

☒ sortiert nach Bauteilnamen 10 %

☒ sortiert nach Ausnutzungsgrad 10 %

summarische Ergebnisse

Ausnutzungsgrenze 50 %

 Entfernen Sie die Haken von denjenigen Kapiteln, die nicht in der Dokumentation erscheinen sollen!

abbrechen < zurück erstellen

In der ersten Zeile des ersten Menüs geben Sie den Projektnamen an, der auf jeder Seite des Dokumentes erscheint. Die weiteren Eingabefelder können Sie ebenfalls füllen, deren Inhalte aber nur auf der Titelseite erscheinen.

Die Dokumentation ist mittels Sprachwahl in der letzten Menüzeile in ca. 20 Sprachen (unabhängig von der Sprache der Bildschirmkommunikation) erstellbar.

Das zweite Menü erscheint nur, wenn zuvor sowohl Berechnungen nach den Theorien 1. und 2. Ordnung durchgeführt wurden.

Sie können dann eine der drei Möglichkeiten auswählen.

Das dritte Menü enthält die Namen der erstellbaren Kapitel, die die zum Hsuptdokument hinzugefügt oder werden können.

Zunächst sind zunächst alle Kapitel mit Haken versehen. Im Klappmenü der Druckvorlagen oben können Sie alle Haken entfernen oder die Einstellung **Standard** wählen, die eine Unterauswahl der Kapitel enthält und sogar löschar ist.

Eine selbsterstellte Dokumentationsstruktur kann auch als Vorlage (Template) unter einem eigenen Namen (einzutragen im Feld der Druckvorlagen) mit dem Schalter **"SICHERN"** abgespeichert und mit einem Klick wieder verwendet werden.

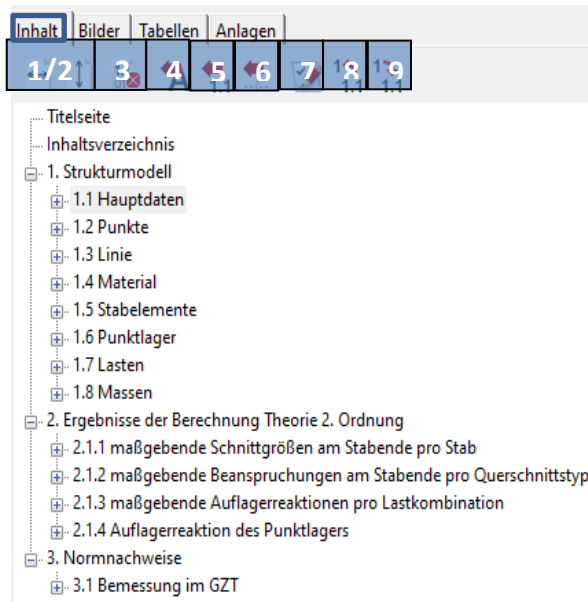
Wenn zuvor globale Nachweise geführt wurden, können im unteren Bereich für die GZT-Nachweise Grenzweite der unteren Ausnutzung zur Dokumentationsrelevanz eingetragen werden:

Es werden nur die Bauteile mit einer Ausnutzung größer oder gleich der Grenzwerte in die Dokumentation aufgenommen.

Mit Klick auf den Schalter **"ERSTELLEN"** unten rechts im Menü startet die Erzeugung des Dokumentes.

12.2.2 BEARBEITUNG DES DOKUMENTES

12.2.2.1 DOKUMENTINHALT



Im Anschluss der Dokumentationserstellung öffnet sich ein Dokumentenfenster. Links wird das fertige Dokument in der vorgeingestellten Sprache dargestellt. Im Register der oberen Zeile kann diese über den Punkt **“Sprache der Dokumentation”** geändert werden und das Dokument wird umgehend geändert.

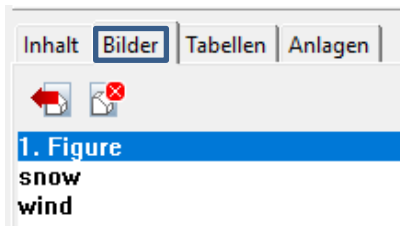
Im rechten Fensterbereich erscheint ein Objektbaum im automatisch geöffneten Tabulator **“Inhalt”** mit den Kapitelüberschriften des Dokumentes. Ein Mausklick auf eine Überschrift blättert das Dokument zu dieser Stelle. Der Mausklick auf das (+) zeigt die Unterkapitel. Die Kapitel können mit der Methode Drag- and Drop verschoben werden.

Oberhalb des Objektbaums befinden sich sieben (elf) Funktionsicons, wobei die Icons #8 und #9 erst durch Mausklick auf eine Kapitelüberschrift, #10 mit Klick auf einen zuvor eingefügten Text (Icon #4) sowie #11 mit Klick auf ein Kapitel mit eingefügter Tabelle scheinen.

Nr.	Icon	Funktion
1		vergrößert das Dokument auf Seitenbreite
2		passt die Darstellung des Dokument auf Seitenhöhe an
3		löscht das im Baum markierte (Unter-)Kapitel
4		fügt zu dem markierten Kapitel einen freiem Text ein
5		fügt unter dem markierten Kapitel ein weiteres Kapitel mit freiem Namen ein
6		fügt im Text an der markierten Überschrift einen Seitenumbruch ein
7		Bearbeitung der Titelseite mit einem Untermenü
8		Ebene der Überschrift erhöhen
9		Ebene der Überschrift reduzieren
10		aktiviert ein Untermenü zur Absatzbearbeitung eines freien Textes
11		zur Löschung einer beliebigen Tabellenspalte

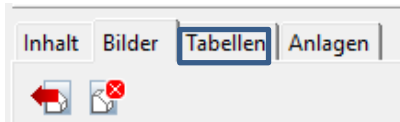
: die letzte Aktion kann über das Register **“Bearbeitung”** rückgängig gemacht werden.

12.2.2.2 EINFÜGEN VON BILDERN



Mit Klick auf den Tabulator **“Bilder”** und anschließend auf den Namen eines zuvor erstellen Bildes (→ Kap.) werden zwei zugehörige Icons, mit denen das Bild in das Dokument am Anfang des im Tabulator **Inhalt** markierten Kapitels eingefügt oder dort gelöscht wird.

12.2.2.3 EINFÜGEN VON TABELLEN

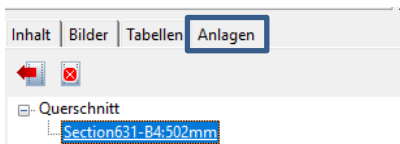


Mit Klick auf den Tabulator **“Tabellen”** und anschließend auf den Namen einer zuvor erstellen Tabelle (→ Kap. 1.4) werden zwei zugehörige Icons, mit denen die Tabelle in das Dokument am Anfang des im Tabulator **Inhalt** markierten Kapitels eingefügt oder dort gelöscht wird.

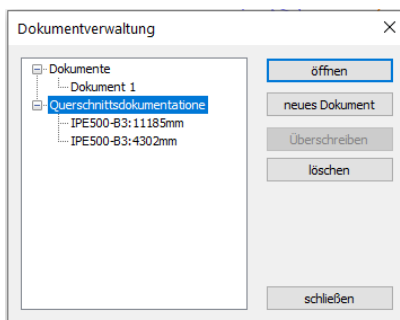
In *ConSteel* können Siedort, wo Tabellen bei den Tragwerksberechnungen und –nachweisen erstellt werden, diese mit dem Icon  speichern. Jede dieser so gespeicherten Tabelle kann in das Dokument aufgenommen oder wieder gelöscht werden. Tabellen werden unterhalb dem markierten Kapitel eingestellt.

12.2.2.4 EINFÜGEN VON ANLAGEN

Als Anlagen werden zusätzliche von ConSteel im Rahmen der Tragfähigkeitsnachweise erstellte Dokumentationen verstanden.



Diese konnten dann über **Anlagen** dem Hauptdokument angefügt werden.



In den neuen Versionen werden die zusätzlichen Dokumente automatisch bei der Erstellung (→ Kap. 11.5) an das Hauptdokument angefügt, sodass hier der **Tabulator Anlagen** nicht mehr notwendig ist.

Wenn aber das Hauptdokument gelöscht wird, bleiben die Anlagen separat bestehen und können dann in ein neu erstelltes Hauptdokument über **Anlagen** wieder angefügt werden.

12.2.3 BILDERSTELLUNG ()



Mit dem zweiten Icon in **“DOKUMENTE”** () können Bilder einer im Grafikbereich befindlichen Darstellung erzeugt und abgespeichert werden.

Die Bilder stehen dann zur Einfügung in das Hauptdokument zur Verfügung (→Kap. 12.2.2.2).

Momentaufnahme m... X

Bildname
 2. Bild (Normalkräfte) ▼

Bildgröße
 A4 Hochformat ▼

Höhe [mm] 247

Breite [mm] 180

Textgröße 7 ▼

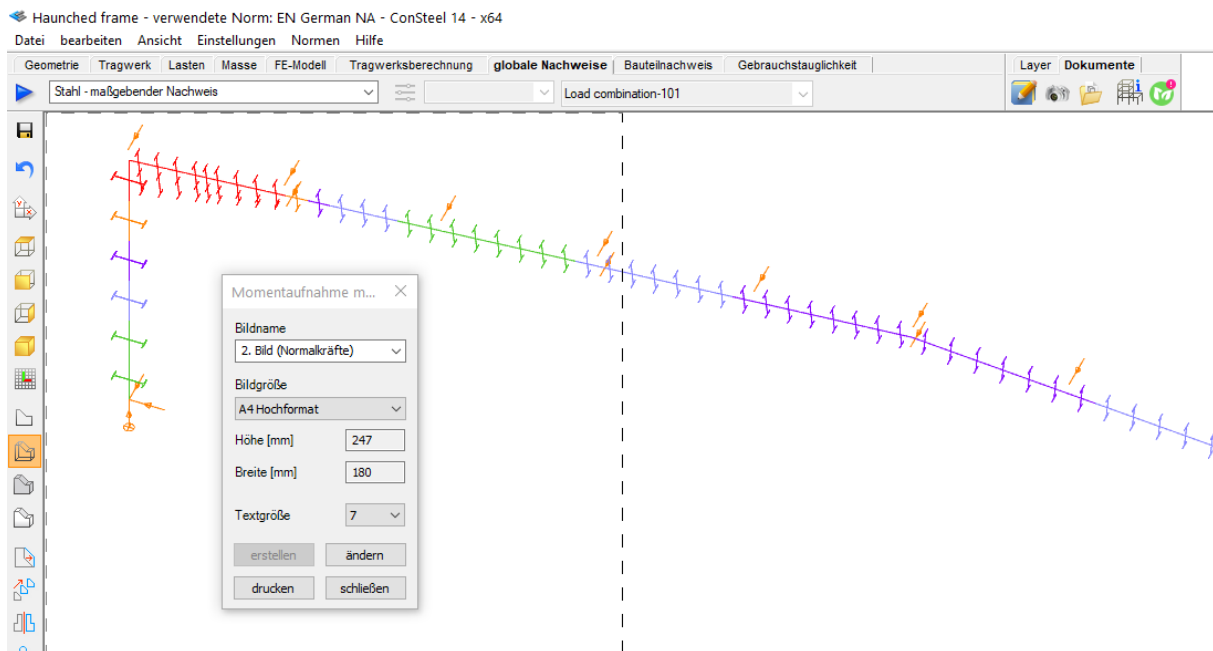
erstellen ändern

drucken schließen

Das geplante Bild kann benannt und in der Größe als Normmaß oder durch individuelle Festlegung bestimmt werden. Das daraufhin erscheinende gestrichelte Rechteck zeigt den geplanten Bildausschnitt. Das Modell kann nun verschoben/rotiert und/oder verkleinert/vergrößert werden. Natürlich kann auch noch die Bildgröße angepasst werden.

Bei der Wahl der Textgröße sollte experimentiert werden, welche Größe optimal im gesamten Bild erscheint.

„**erstellen**“ speichert das Bild ab und „**drucken**“ fügt das Bild direkt als Inhalt in das Hauptdokument ein.



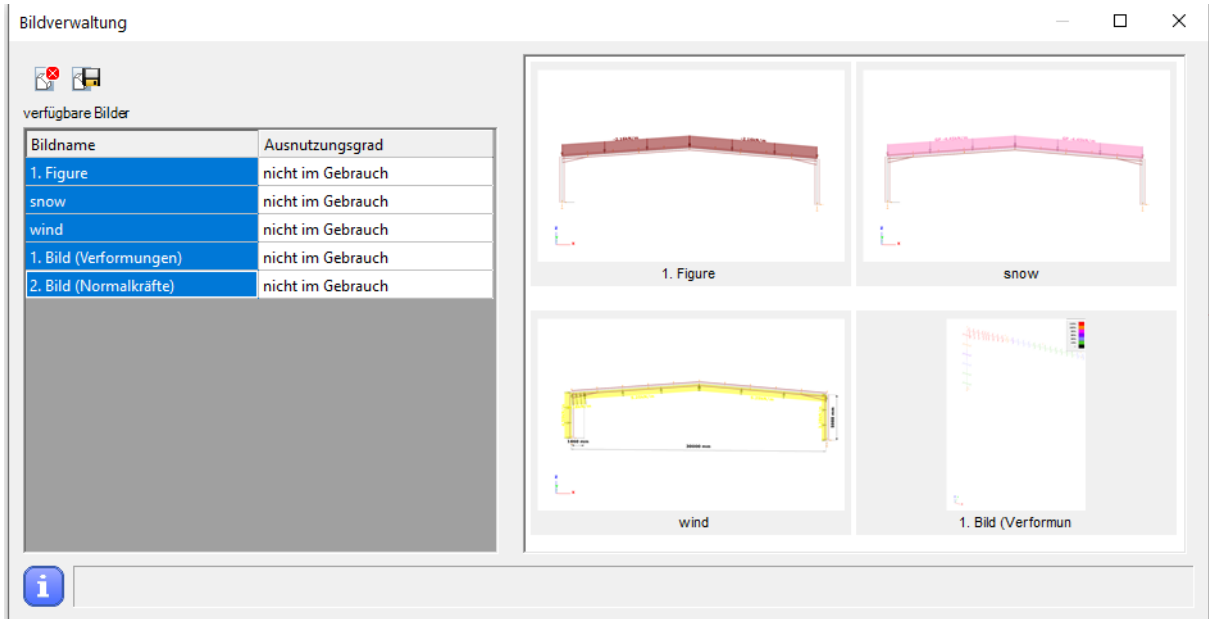
12.2.4 BILDERVERWALTUNG (📁)



Das dritte Icon in „**DOKUMENTE**“ (📁) öffnet die Bildverwaltung bereits erstellter Bilder.

Mit (🗑️) können in der Tabelle die blau markierten Bilder aus dem Modell gelöscht gelöscht (nur für nicht im Hauptdokument benutzte) oder mit (💾) als externe Grafikdateien gespeichert werden.

Die Namen der Bilder können mit einem doppelten Mausklick editiert werden.



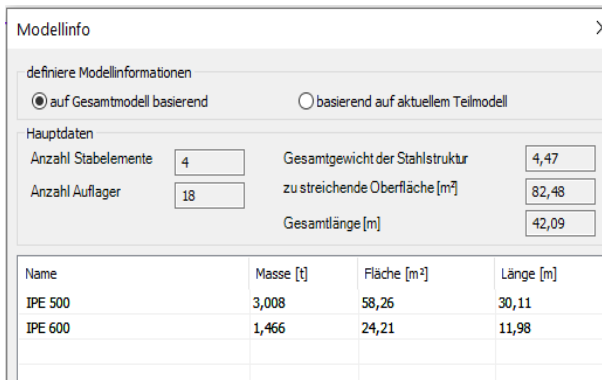
Hinweis:

Durch die Vergrößerung des Gesamtfensters der Bildverwaltung gelingt es, mehrere Einzelbilder im Grafikbereich darzustellen.

12.2.5 MODELL-INFORMATIONEN ()



Das vierte Icon in "**DOKUMENTE**" () öffnet das Datenblatt der Modellinformationen.



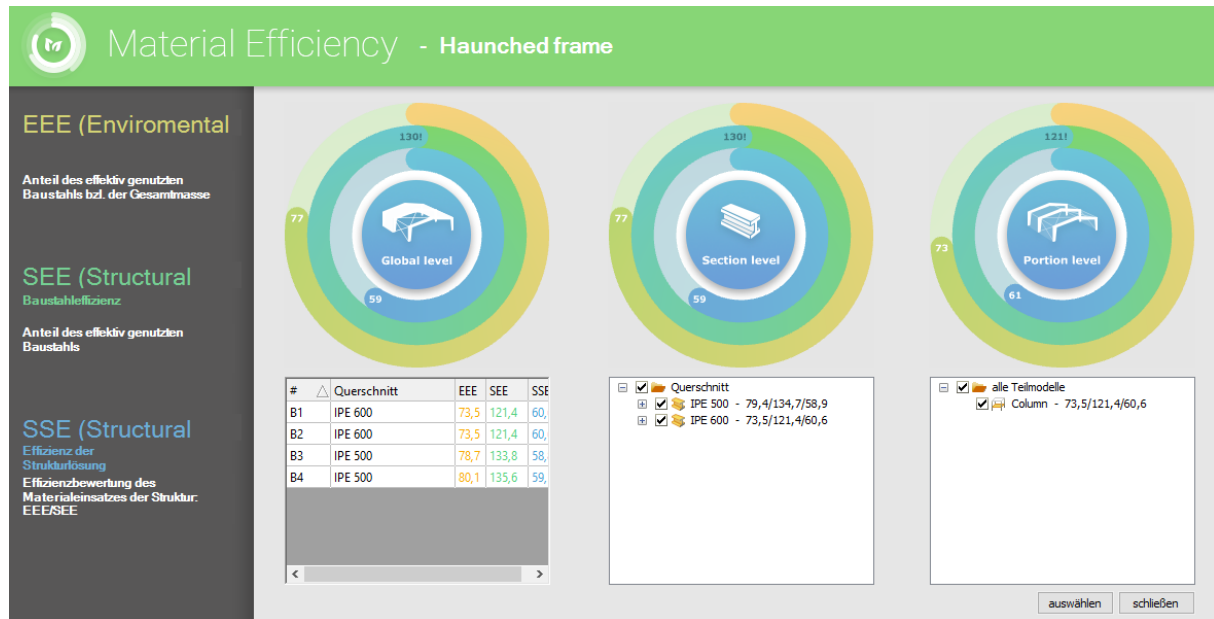
Die Modellinformationen können sich auf das gesamte Strukturmodell oder nur auf ein gerade aktives Teilmodell beziehen. Die aufgeführten Hauptdaten sind die Anzahl Stäbe, und Lager, das Gesamtgewicht der Stahlstruktur, deren Gesamtlänge und -oberfläche. Gewicht, Oberfläche und Länge werden für jeden Querschnittstyp auch getrennt aufgeführt

Mit den Icons können die Werte in eine Excel-Tabelle überführt oder im Dokument als Tabelle abgelegt werden, die mittels des Tabulators **Tabelle** (→ Kap. 12.2.2.4) in das Dokument eingefügt werden kann.

12.2.6 STRUKTUR-EFFIZIENZ ()



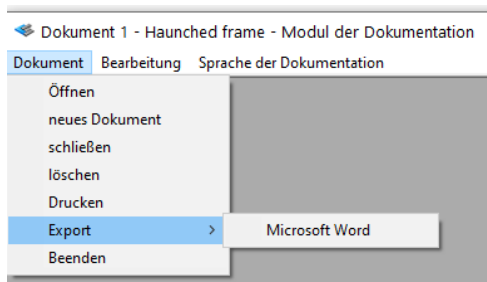
Das fünfte Icon in "**DOKUMENTE**" () öffnet eine Übersicht der Materialeffektivität unter verschiedenen zu wählenden Aspekten.



12.3 DOKUMENT-EXPORT ZU MS-WORD

12.3.1 EXPORTPROZEDUR

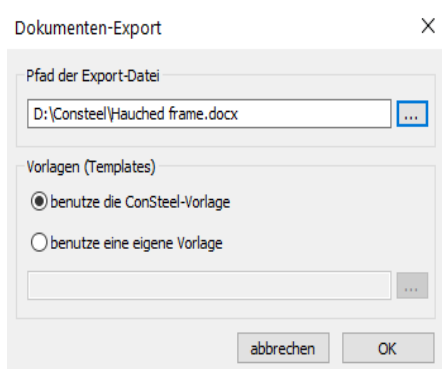
Geöffnete Documentations können in das editierbare Format **.docx** von **MS-WORD** exportiert werden. Der Exportprozess ist komplex, da jede Tabelle, jedes Bild und die Anhänge exportiert werden.



Die Exportfunktion zu **MS-WORD** befindet sich im Dokumentationsmenü im Menüpunkt:

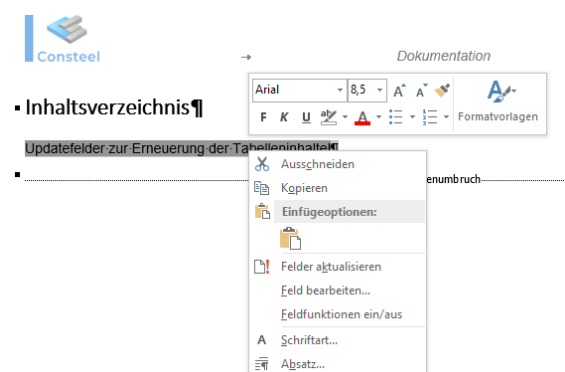
Dokumentation/Export/Microsoft Word

Mit Mausklick auf **"MICROSOFT WORD"** öffnet sich ein kleiner Exportdialog:



Zunächst ist ein Pfad zur Ablage der Exportdatei und dessen Name zu bestimmen, indem mit dem Schalter **...** durch die Dateistruktur geblättert und ausgewählt wird. Sie können die Formatierungsvorlage von ConSteel oder eine eigene Vorlage benutzen. Formatvorlagen enthalten eine Sammlung von Formatierungsvorschriften für das Word-Format. Die ConSteel Formatvorlage wird mit der Software geliefert und enthält diesselben Stilformate wie die der ConSteel-Dokumentation.

Mit dem Schalter **OK** wird die Word-datei erzeugt. Mit der ConSteel-Formatvorlage ergibt sich eine Worddatei, die ähnlich dem von ConSteel selbst erstellten Hauptdokument ist.



Bei der ersten Öffnung der neu erstellen Word-Datei, muss die Inhaltsangabe neu erstellt werden.

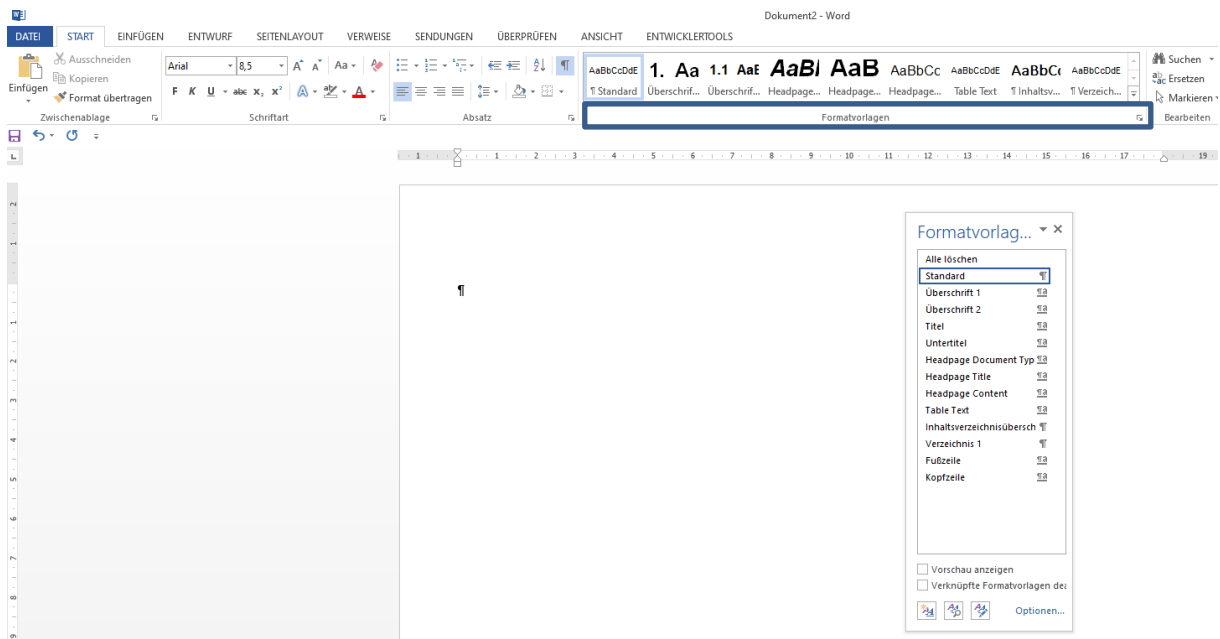
Klicken Sie dazu mit der rechten Mausaste auf die grau unterlegte Zeile und anschließend auf den Menüpunkt **Felder aktualisieren**.

12.3.2 EIGENE FORMATVORLAGE FÜR DEN EXPORT ZU MS-WORD

Die mit der Software gelieferte Formatvorlage zum Export nach Word finden Sie folgendermaßen:

“C:\Program Files\ConSteel xx\Data\Export\ConSteel.dotx”

Zur Erstellung einer eigenen Vorlagendatei kopieren Sie zunächst **ConSteel.dotx**. Anschließend öffnen Sie mit Word diese Kopie und benutzen den **FORMATVORLAGEN**-Dialog:



Zum Schluss speichern Sie die Vorlage mit eigenem Namen im **dotx**-Format. Beim nächsten Export erkennt ConSteel diese Datei als mögliche Formatvorlage.