



Deutsches Benutzerhandbuch

Teil 1 - Kapitel 1/15 bis 8/15

Eingaben und Berechnungen

Das vollständige englischsprachige Handbuch von ConSteel 12.0 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 8 als Teil 1 freizugeben, damit Ihnen die Einarbeitung in das noch unvertraute Programmhandling - 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	8
1.1 Software-Installation	8
1.2 Benutzer-Oberfläche	9
1.2.1 Start-Fenster	10
1.2.2 Grafikfenster.....	10
1.2.3 Menüs.....	11
1.2.4 Tabulatoren (Karteien)	16
1.2.5 Seitenbalken	20
1.2.6 csPI -Bedienungsfeld	20
1.2.7 Statusbalken	21
1.2.8 Fenster der Objektbäume, Diagnosen und Objekt-Eigenschaften.....	25
1.3 Allgemeine Struktur der Dialogfenster.....	27
1.4 Allgemeine Tabellenfunktionen	28
1.5 Hot Keys.....	29
2 Dateimanagement	31
2.1 Grundlagen	31
2.2 Dateitypen	31
2.3 Tekla Structures modell-import, -export und -update	31
2.3.1 Import eines Strukturmodell von Tekla Structures	32
2.3.1.1 Importprozedur	32
2.3.1.2 Zulässige und unzulässige Importe.....	34
2.3.2 Kompletter Modellexport zu Tekla Structures.....	35
2.3.2.1 Vorgehen	35
2.3.2.2 Exporteinschränkungen bei Strukturelementen/Anschlüssen.....	36
2.3.3 Änderungsmanagement zwischen Tekla und ConSteel: Tekla Update	37
2.4 IFC-Import und –Export	39
2.4.1 Import von IFC-Dateien	39
2.4.1.1 Vorgehen	39
2.4.1.2 Zulässige Objekte des Importprozesses	41
2.4.2 Export zu IFC-Dateien	43

2.4.2.1	Vorgehen	43
2.4.2.2	Zulässige Objekte für den Export	43
2.5	DXF Import.....	44
2.6	Export von Stahlbetonbewehrungen zu DXF.....	44
2.7	Modellimport aus DLUBAL's Rstab und SAP2000 (.xlsx)	46
2.8	Export von Modelldaten aus Rstab ins xlsx-Format	47
3	Modellansichten.....	49
3.1	Grundlagen.....	49
3.2	Modelldarstellungen	49
3.3	Auswahl	52
3.4	Teilmodellmanager.....	54
3.5	Objektnamen und -nummerierung	55
3.5.1	Umbenennung von Objekten	55
3.5.2	Sichtbarkeit der Objektangaben.....	56
3.6	Vermaßung ().....	56
3.7	Messungen	58
3.8	Modellraster	60
4	Geometrische Objekte	62
4.1	Grundlagen.....	62
4.2	Koordinatensysteme ().....	62
4.2.1	Benutzer- Koordinatensystem.....	63
4.2.2	Lokales Koordinatensystem von Balkenelementen	64
4.2.3	Lokales Koordinatensystem von Flächenelementen.....	65
4.3	Fangpunkte ()	65
4.4	Zeichnen grafischer Objekte.....	65
4.5	Objektänderungen.....	66
4.6	Layer	69
5	Strukturerstellung	70
5.1	Grundlagen.....	70
5.2	Linien-Strukturobjekte ().....	70
5.2.1	Erstellung.....	70
5.2.2	Stahlquerschnitte	73
5.2.3	Stahlbetonträger und -stützen	75
5.2.3.1	Querschnitt mit Entwurfparametern.....	75

5.2.3.1.1	Trägerbewehrung.....	76
5.2.3.1.2	Stützenbewehrung.....	77
5.2.3.2	Stahlbetonquerschnitte ohne Entwurfsoptionen	79
5.2.4	Stahlverbundstützen	80
5.2.5	Stahlverbundträger	81
5.2.6	Vouten ()	82
5.2.7	Konische Schweißträger ()	83
5.3	Flächen-Strukturelemente ()	86
5.3.1	Benutzerdialog.....	86
5.3.2	Plattenbewehrung.....	86
5.4	Starrmembran (Diaphragma)	87
5.5	Starrkörper ()	87
5.6	Umwandlung von Balken in Schalenelemente ()	88
5.7	Rahmenecken-Wizard ().....	88
5.8	Material ()	91
5.9	Lager ().....	93
5.9.1	Grundlagen.....	93
5.9.2	Punktlager ()	93
5.9.2.1	Koordinatensysteme	94
5.9.2.2	Lagerungstypen	94
5.9.2.3	Lagerungsexzentrizitäten ()	95
5.9.2.4	Beispiele zu Lagerungen.....	96
5.9.3	Linienlager ()	98
5.9.4	Flächenlager ().....	99
5.10	Koppelemente (Linkelemente)().....	99
5.10.1	Grundlagen.....	99
5.10.2	Verbindung zweier Strukturpunkte ()	99
5.10.3	Kopplung paralleler Kanten exakt gleicher Länge().....	100
5.11	Schubfeldaussteifung ()	100
5.11.1	Definition der Schubsteifigkeit S	101
5.11.2	Berechnungsmodelle der Schubsteifigkeit.....	102
5.11.2.1	Berechnungsmodell der Hoesch-Profile.....	103
5.11.2.2	Berechnungsmodell der Fischer-Profile	103

5.11.2.3	Berechnungsmodell der Arcelor-Profile	104
5.11.2.4	Allgemeine Berechnung nach Eurocode 3.....	104
5.11.3	Schubfeldeingabe	105
5.11.3.1	Benutzerdialog.....	105
5.11.3.2	Automatische Berechnung der Schubfeldsteifigkeit	106
6	Einwirkungen	107
6.1	Grundlagen	107
6.2	Lastfälle und Lastgruppen ().....	108
6.3	Einwirkungskombinationen ( ,  , )	109
6.4	Einwirkungen erstellen und platzieren.....	109
6.4.1	Punktlasten ().....	110
6.4.2	Linienlasten ().....	110
6.4.2.1	Allgemeine Linienlasten	110
6.4.2.2	Linien-Windlast.....	111
6.4.2.3	Schnee-Linienlasten.....	115
6.4.3	Flächenlasten ()	117
6.4.4	Lastübertragungsflächen ().....	117
6.4.4.1	Grundsätzliches	117
6.4.4.2	Erzeugung von Lastübertragungsflächen	117
6.4.4.3	Ändern von Lastübertragungsflächen	120
6.4.5	Temperatur-Einwirkung ( , ).....	120
6.4.6	Zwangsverformungen von Lagern ().....	121
6.4.7	Vorspannwege (), Vorspannkräfte ()	121
6.5	Imperfektionen.....	122
6.5.1	Allgemeines	122
6.5.2	Lokale Imperfektionen	122
6.5.3	Globale Imperfektionen	122
6.5.3.1	Knotenlasten	122
6.5.3.2	Anfangsimperfektion (Stützenschiefstellungen)	123
6.5.3.3	Eigenformbasierte Vorverformungen	123
6.5.3.3.1	Verwendung	123
6.5.3.3.2	Erstellung.....	124
6.5.3.3.3	Automatische Amplitudenberechnung	125

6.5.3.3.4	Anwendung Globaler Imperfektionen.....	127
6.6	Bewegliche Lasten	128
6.6.1	Lastpfade ()	128
6.6.2	Einflusslinien.....	128
6.6.2.1	Erstellung() von Einflusslinien	128
6.6.2.2	Verwaltung von Einflusslinien	129
6.6.2.3	Berechnung der Einflusslinien	129
6.6.3	Kranlasten ()	130
6.6.3.1	Standard	130
6.6.3.2	Normlasten.....	131
6.6.3.3	Benutzerdefiniert	131
6.6.3.4	Platzieren der Kranlasten	131
6.6.3.4.1	Manuelle Platzierung der Kranlast	131
6.6.3.4.2	Platzierung der Kranlast mittels Einflusslinie	132
6.6.4	Zuglasten ()	133
6.7	Meteorologische 3D-Lasterstellung ()	134
6.7.1	Lastgruppen und Lastfälle	135
6.7.2	Meteorologische Oberflächen.....	135
6.7.2.1	Windlastoberflächen	136
6.7.2.1.1	Windgeschwindigkeitsdruck.....	136
6.7.2.1.2	Innendruck	137
6.7.2.1.3	Windreibung.....	138
6.7.2.1.4	Geometrische Parameter (Abmessungen).....	138
6.7.2.2	Schneelastoberflächen	138
6.7.3	Anlage, Kontrolle und Änderung	139
6.7.4	Meteorologischer Lastgenerator.....	140
7	Massen.....	141
7.1	Grundlagen.....	141
7.2	Massenfälle und Massengruppen ().....	141
7.2.1	Konvertierung von Lasten zu Massen	141
7.2.2	Manuelle Definition von Massengruppen und Massenfälle	142
7.2.3	Berücksichtigte Richtungen der Massen	142
7.3	Definition von Massenkombinationen ()	142
7.4	Erzeugung von Punktmassen ()	143

7.5	Seismische Effekte	143
7.6	Erzeugung eines Spektrums ()	143
7.6.1	EC-basierte elastische Antwortspektren	143
7.6.2	Benutzerdefinierte Antwortspektren	145
7.6.2.1	Manuelle Definition von Antwortspektren	145
7.6.2.2	Mit der Kopierfunktion erstellbare Antwortspektren	146
8	Tragwerksberechnungen	147
8.1	Grundlagen	147
8.2	Finite Elemente	148
8.2.1	Grundlagen	148
8.2.2	Linienelemente	148
8.3	Berechnungsparameter	151
8.3.1	Globale Einstellungen (#1)	152
8.3.2	Statische Berechnung (#2)	152
8.3.3	Dynamische Berechnung (#3)	153
8.3.4	Folgeseiten des Parameterdialogs	153
8.3.4.1	Folgeseite der globalen Einstellungen	153
8.3.4.2	Folgeseite der Lastfalleinstellungen	154
8.3.4.3	Folgeseite der Lastfallkombinationen	154
8.3.4.4	Folgeseite der dynamischen Berechnung	156
8.4	Berechnungsarten	157
8.4.1	Elastische Berechnung der Beanspruchungen	157
8.4.1.1	Theorie 1. Ordnung	157
8.4.1.2	Theorie 2. Ordnung	158
8.4.1.3	Statische Eigenanalysen – Elastisches Stabilitätsversagen	159
8.4.1.4	Analyse und Bewertung der Stabilitätsgefährdung	159
8.4.1.5	Dynamische Eigenanalysen – Schwingungsberechnung	161
8.4.2	Plastische Berechnungen der Beanspruchungen	161
8.4.2.1	Grundlagen	161
8.4.2.2	Theorie 1. Ordnung	163
8.4.2.3	Theorie 2. Ordnung	163
8.4.2.4	Statische Eigenanalysen – Stabilitätsberechnungen	163
8.5	Berechnungsergebnisse	164
8.5.1	Visualisierungen	164

8.5.2	Ergebnisarten	165
8.5.2.1	Linienelemente	165
8.5.2.2	Flächenstrukturen	166
8.5.3	Ergebnismarkierungen	168
8.5.4	Extremallinien (Umhüllende Kurven)	169
8.5.4.1	Automatisch Erzeugung.....	169
8.5.4.2	Benutzerdefinierte Erzeugung.....	170
8.5.5	Unverformtes System darstellen ().....	172
8.5.6	Tabelle der maßgebenden Stabendwerte ().....	172
8.5.7	Animation der dynamischen Eigenformen ().....	173

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: ab 16 MB (besser 32 MB)
- ▶ 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.

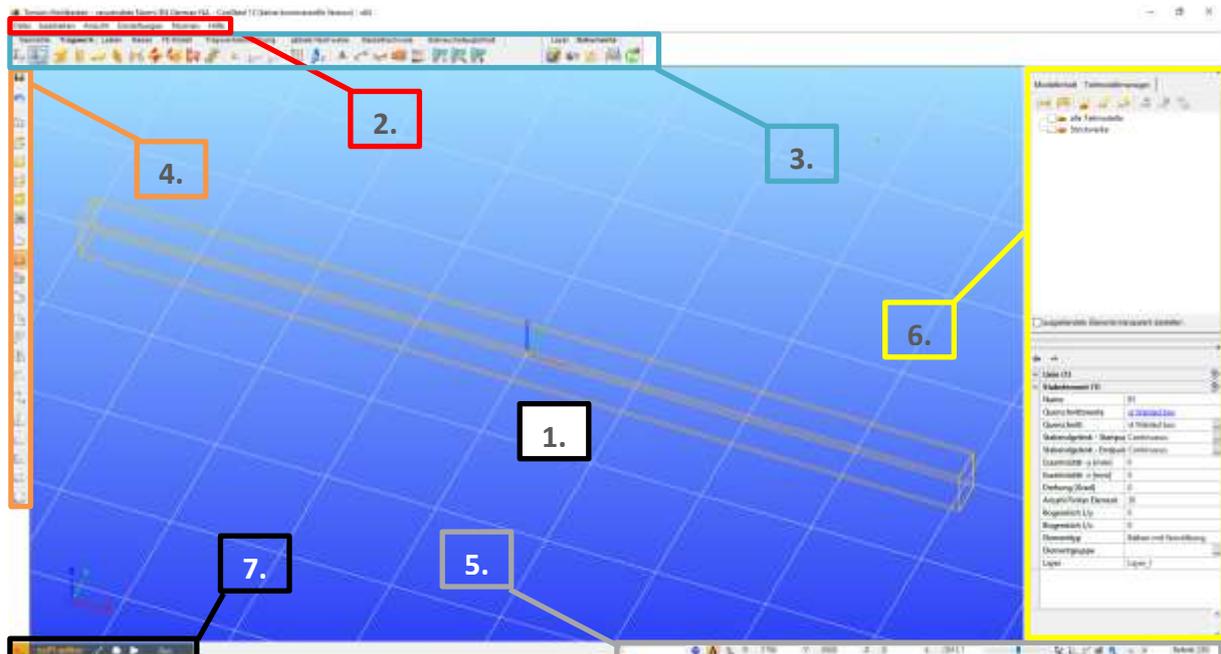
Die *ConSteel*-Software kann von CD oder über das Internet installiert werden. Die Installationspakete können über den Menüpunkt *Downloads/Installationsversionen* der *ConSteel*-Webseite (www.consteelsoftware.com/de/downloads/Installationsversionen).

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.

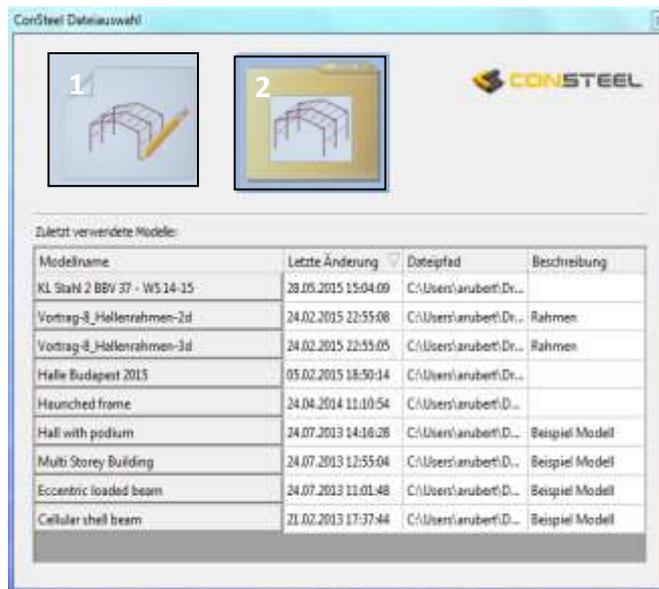
1.2 BENUTZER-OBERFLÄCHE

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

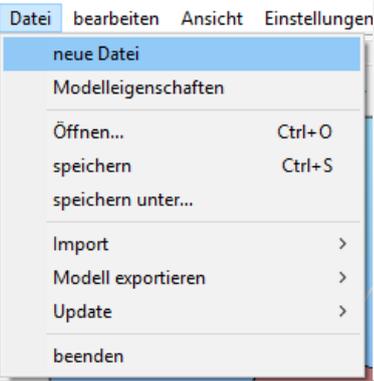
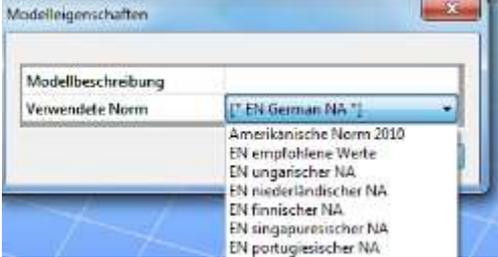
Das Strukturmodell erscheint immer im Grafikfenster. Es stehen zwar keine weiteren Grafikfenster zur Verfügung; dennoch wird in diesem Fenster eine Vielfalt von Ansichtsmöglichkeiten geboten. Das Grafikfenster wird durch das globale Koordinatensystem (*GKS*) und ein bewegliches, rotationsfähiges größenverstellbares 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-Ebenen aufspannt. Die folgenden Hot-Keys zur Modellbewegung und Ansichtsveränderungen können bei der Modellerstellung benutzt werden:

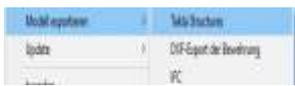
- ▶ **Verschieben:**
drücke und halte die mittleren Maustaste bei der Mausebewegung oder benutze die vier Pfeiltasten der Tastatur zur Lageveränderung des Modells
- ▶ **Rotieren:**
halte die **ALT**-Taste und die linke Maustaste bei der Mausebewegung gedrückt; das Rotationszentrum passt sich dabei der 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 Mausebewegung 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**.

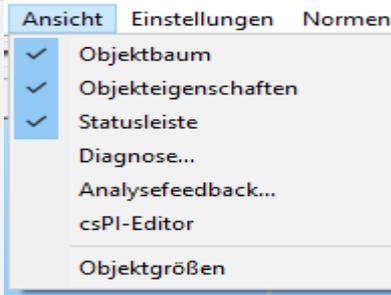
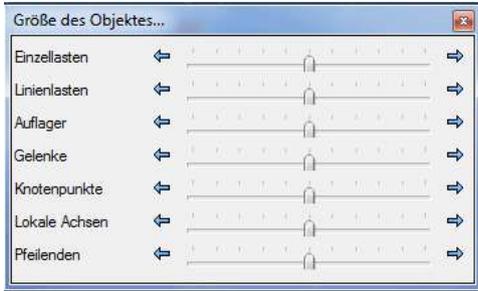
<p>DATEI-MENÜ:</p>	
<p>NEUE DATEI</p>	<p>ein neues Strukturmodell eröffnen</p>
<p>MODELLEIGENSCHAFTEN</p>	<p>Die Modellbeschreibung und der Nationale Anhang zum EC bzw. die nationale Nachweisnorm können verändert werden (dies kann bereits zu Anfang bei einer neuen Datei-/Modellerstellung definiert werden)</p> 
<p>ÖFFNEN SPEICHERN SPEICHERN UNTER...</p>	<p>gemäß ihrer Namen</p>
<p>IMPORT</p>	 <p>Importformate:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 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

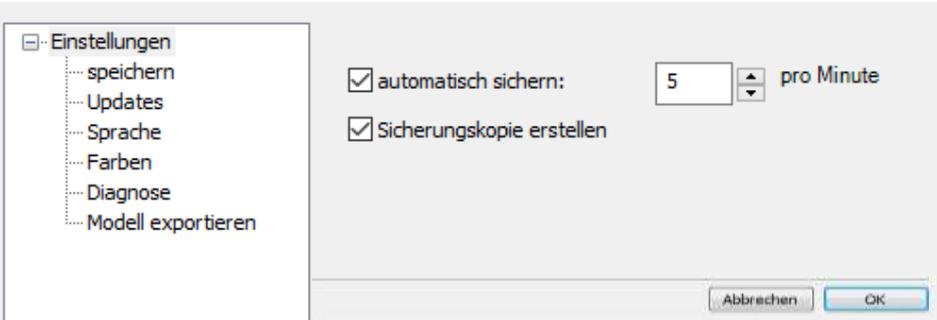
Im **BEARBEITEN**-Menü stehen folgende Kommandos zur Verfügung:

BEARBEITEN-MENÜ	Bearbeiten Ansicht Optionen Nor
	<ul style="list-style-type: none"> Rückgängig Ctrl+Z Wiederherstellen Ctrl+Y Ausschneiden Ctrl+X Kopieren Ctrl+C Einfügen Ctrl+V

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

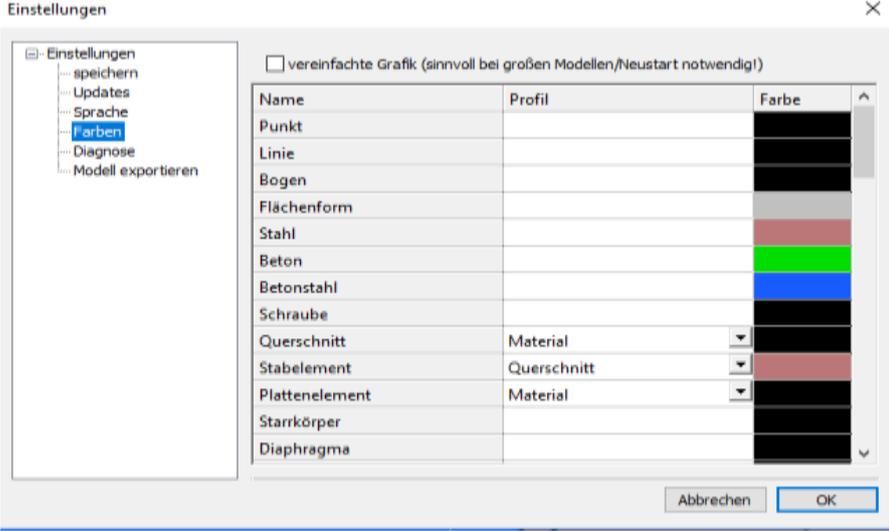
Programmverbesserungen gemäß Benutzerverhalten

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	<p>Die Sprachwahl der Programm-Benutzeroberfläche wird erst nach einem Neustart wirksam!</p>
----------------	----------------------------------------------------------------------------------------------

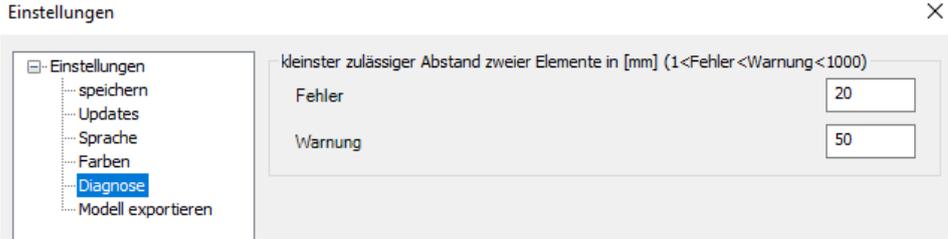
sie können hier unterschiedliche Farben für viele Objekte einstellen, in dem sie in der betreffenden Zeile auf die Farbe doppelt klicken und sie dann neu einstellen

FARBEN



Name	Profil	Farbe
Punkt		Black
Linie		Black
Bogen		Black
Flächenform		Grey
Stahl		Red
Beton		Green
Betonstahl		Blue
Schraube		Black
Querschnitt	Material	Black
Stabelement	Querschnitt	Red
Plattenelement	Material	Black
Starrkörper		Black
Diaphragma		Black

DIAGNOSE



kleinster zulässiger Abstand zweier Elemente in [mm] (1<Fehler<Warnung<1000)

Fehler: 20

Warnung: 50

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 Verbindunginterface 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	ψ0	ψ1	ψ2
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: Verkaufsfächen	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 ≤ 180 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)	0,60	0,20	0,00
Temperatureinwirkungen (ohne Brandeinwirkung) auf Tragwerk...	0,60	0,50	0,00

Die erste Spalte oben zeigt die im Model 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

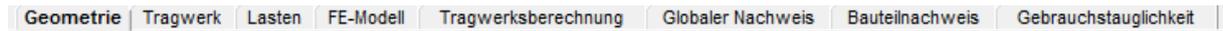
Eingeben oder Löschen von benutzerdefinierten Standardwerten

- ▶ 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

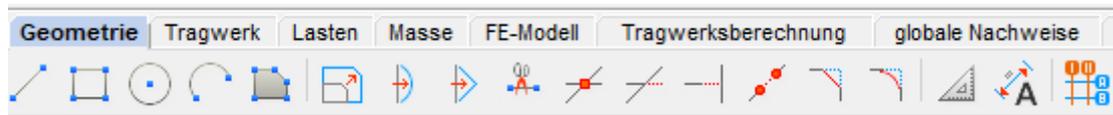
1.2.4 TABULATOREN (KARTEIEN)



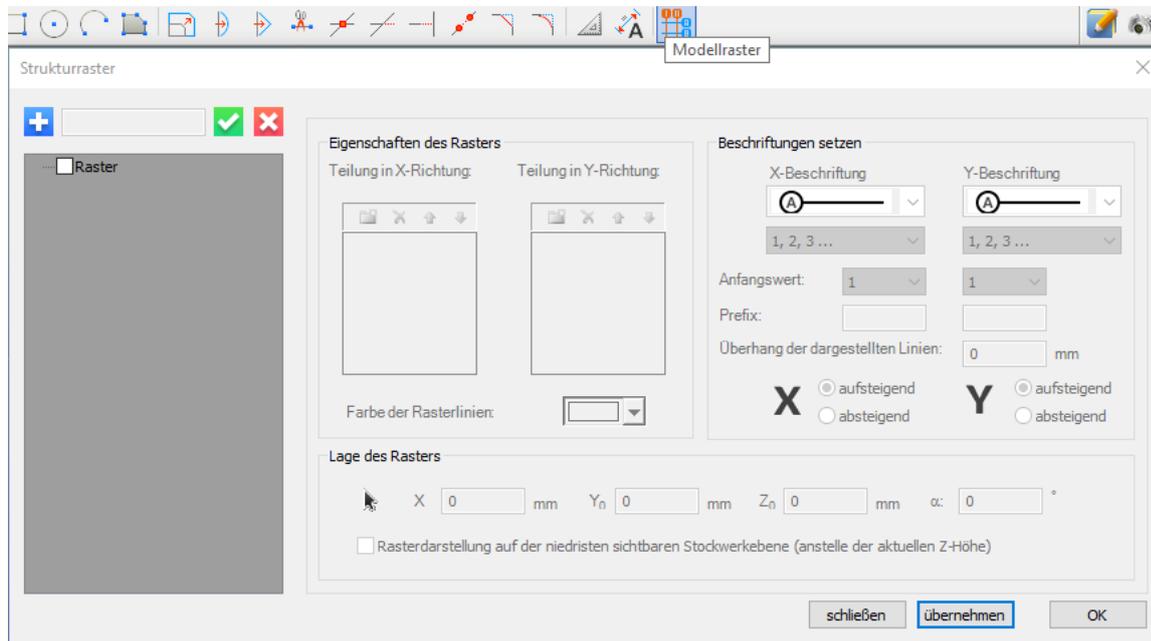
Die Karteien sind systematisch von links nach rechts geordnet und entsprechen auch der logischen Reihenfolge der Strukturerstellung und -berechnung. Der Anwender wird von links nach rechts durch den Planungsprozess geführt. Nach Erstellung des Tragwerks werden die Lasten (und Lastgruppen sowie Einwirkungskombinationen) 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.

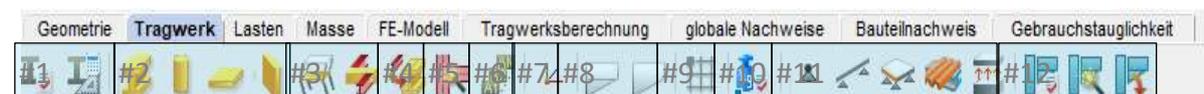
GEOMETRIE-Kartei



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: 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 –verwölbung)
- #7: behandelt Einflusslinien und -auswertung, Kran- und Zuglasten
- #8: zur Definition meteorologischer Flächen und –parameter sowie automatischer Lastgenerator 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

TRAGWERKBERECHNUNG-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

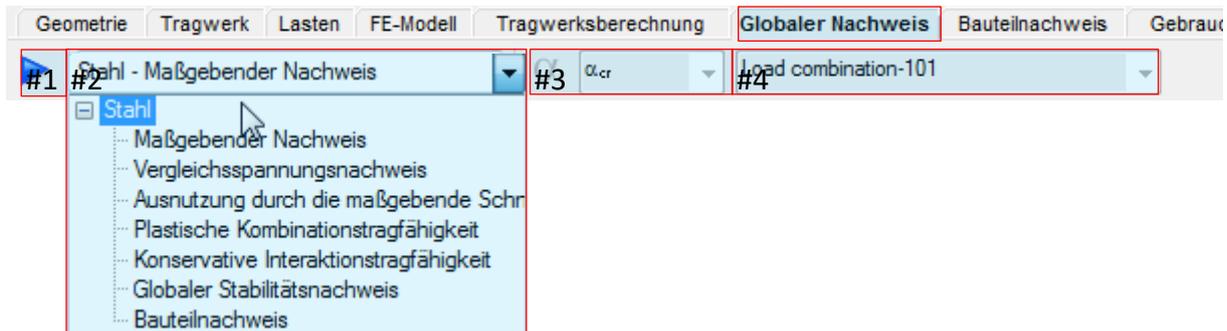
#3: Wahl der darzustellenden Beanspruchung, der Art der Darstellung und des Maßstabes

#4: unverformte Konfiguration zusätzlich darstellen

#5: Einstellungen zur Genauigkeit der Erdbebenberechnungen

#6: maßgebende Ergebniswerte

GLOBALER NACHWEIS-Kartei



Die **GLOBALER 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:

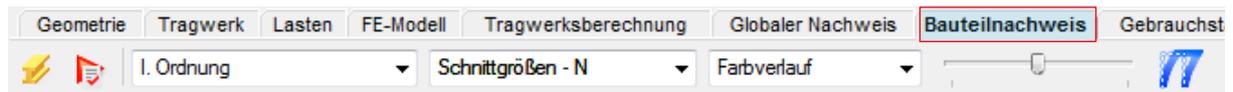
#1: der blaue Pfeil definiert die gewünschten Nachweise und Bauteile

#2: erlaubt die Auswahl einer Ergebnisart aller parallel durchgeführten Nachweise

#3: zeigt die kritischen Laststeigerungsparameter des räumlichen Stabilitätsnachweises

#4: Wahl der Lastfallkombination

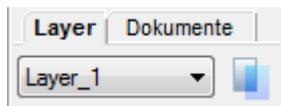
Zusätzlich geführte Bauteilnachweise nach DIN EN 1993-1-1/6.1 bis 6.3.3 tauchen in der Ergebnisliste #2 ebenfalls auf!

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:

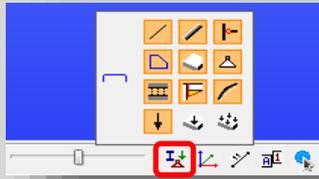
Nach Mausklick auf den ersten Punkt eines stab- oder linienförmigen Strukturelementes zeigen Sie mit dem Mauszeiger in die gewünschte Richtung, drücken "L" (kleiner Buchstabe) und geben schließlich manuell die gewünschte Länge in das Eingabefeld. Das Streckenelement wird durch Betätigen der Enter-Taste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

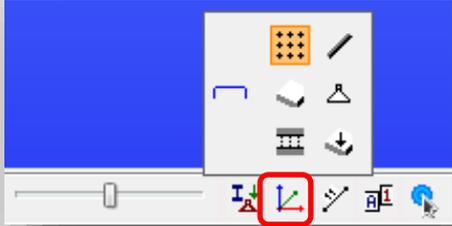
Sichtbarkeitsoptionen der grafischen Symbole ():



	<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>

	Sichtbarkeit der Stabendlagerungen (Gelenke)
	zweidimensionaler Formen; beim Umstellen auf unsichtbar können deren Umrisse sichtbar bleiben, wenn die Sichtbarkeit der Linien (/) wirksam ist
	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
	Sichtbarkeit der Lagerungen
	Sichtbarkeit von Starrkörper- und Koppelverbindungen
	Sichtbarkeit von mittels csJoint angelegten Anschlüssen
	Sichtbarkeit von lokalen Bogen-Imperfektionen
	Punkt-, Linien und Flächenlasten
	Sichtbarkeit von Lastübertragungsflächen; beim Umstellen auf unsichtbar können deren Umrisse sichtbar bleiben, wenn die Sichtbarkeit der Linien (/) wirksam ist
	Sichtbarkeit von Lastübertragungsflächen
	Sichtbarkeit von Massen

Sichtbarkeitsoptionen des Rasters und der lokalen Koordinatensysteme ():



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

Sichtbarkeitsoptionen der Objektnamen ()



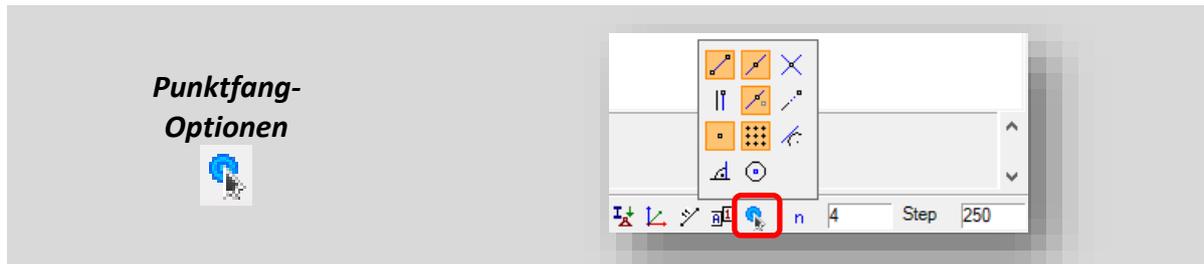
	Sichtbarkeit der FE-Nummerierung (sichtbar nur auf den FE-ELEMENT- und TRAGWERKSBERECHNUNGS- Karteien)
	Sichtbarkeit der Träger- und Stützennamen
	Sichtbarkeit Namen von 3D-Objekten (Platten, Wände)
	Sichtbarkeit der Lagerungsnamen
	Sichtbarkeit der Namen der Starrkörper- und Koppelverbindungen
	Sichtbarkeit 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

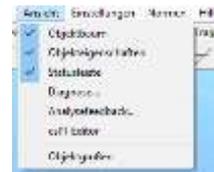
Die **Punktfang-Optionen** bieten umfangreiche Einfang(Snap)-Funktionen von Punkten oder Linien:



	Einfangen der Endpunkte von Linien und Trägern/Stützen
	<p>Teilungsfunktion ein- und ausschalten:</p> <p>➤ 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:</p> <ul style="list-style-type: none"> •  <input type="text" value="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 Mauseinfangpunkt so oft wie möglich angetragen und mit Teilungspunkten gekennzeichnet. Üblicherweise verbleibt eine Restlänge am Elementende •  <input type="text" value="1000"/> : durch Klick auf das Icon  kann eine absolute Distanz in mm eingegeben werden. Diese Länge wird vom Mauseinfangpunkt so oft wie möglich angetragen und mit Teilungspunkten gekennzeichnet. Üblicherweise verbleibt eine Restlänge am Elementende •  <input type="text" value="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 <p>➤ AUS: Das Teilungsfeld im Statusbalken verschwindet</p>
	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:



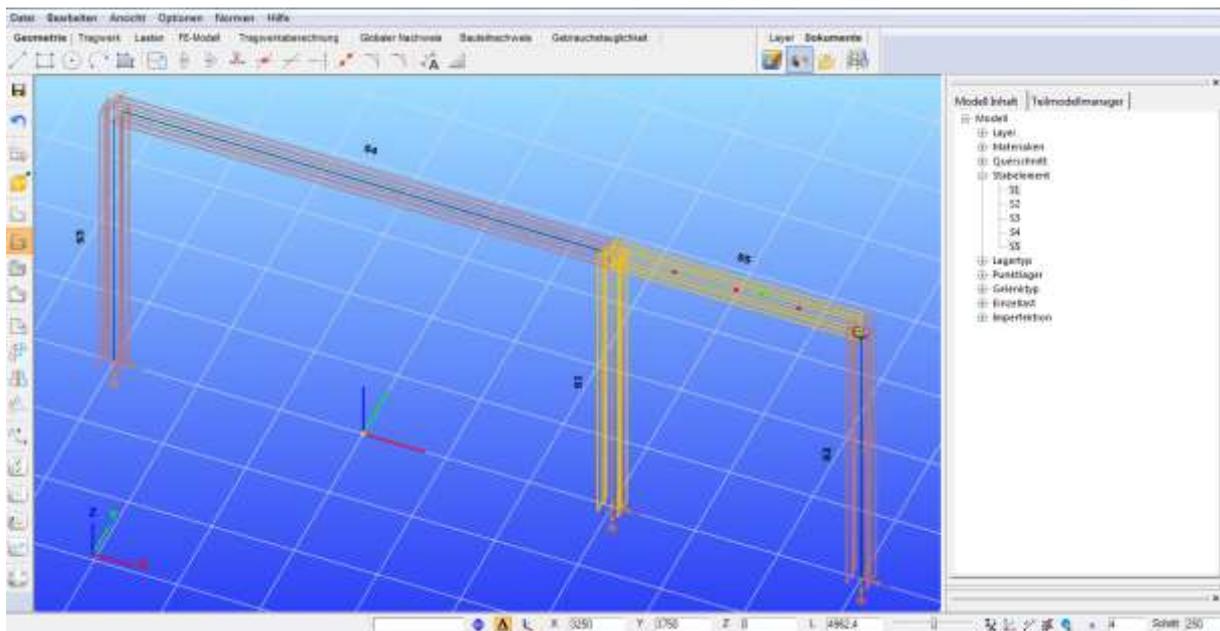
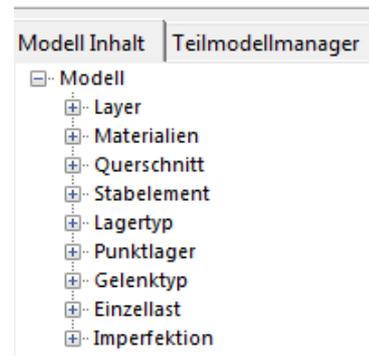
Objektbaum-Fenster

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.

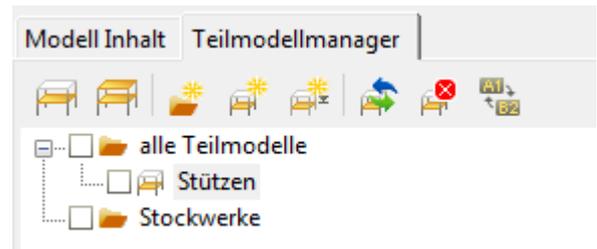
Während der Modellerstellung erscheint jedes neue Objekt (z.B. Material, Querschnitt, Lasten, Stabelemente, Lager, usw.) in der passenden Gruppe des Objektbaumes.



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.

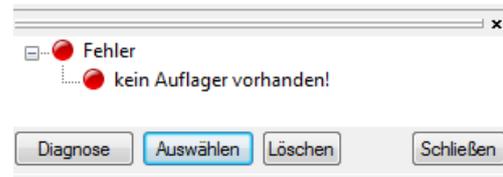
TEILMODELLMANAGER-Register

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.

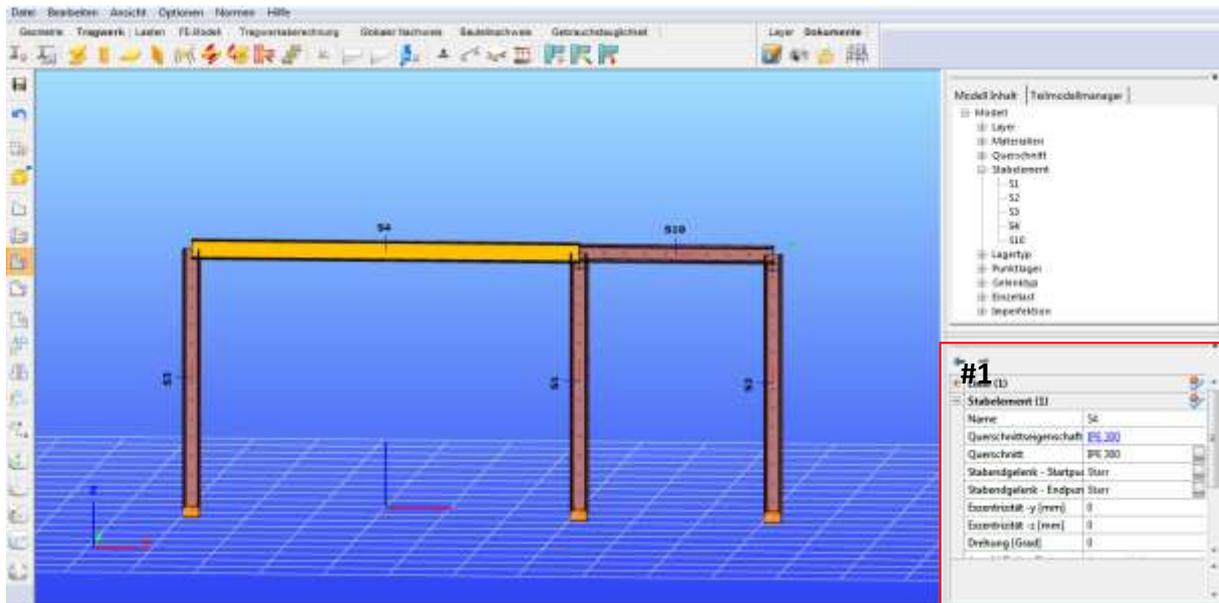


Durch Anklicken eines der Objektamen und Betätigung des **AUSWÄHLEN**-Schalters wird das betreffende Element auch in der Modellgrafik hervorgehoben. Durch gleichzeitiges Drücken der **SHIFT** oder **STRG**-Taste und Anklicken von Objektamen können mehrere Objekte hervorgehoben werden.

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.

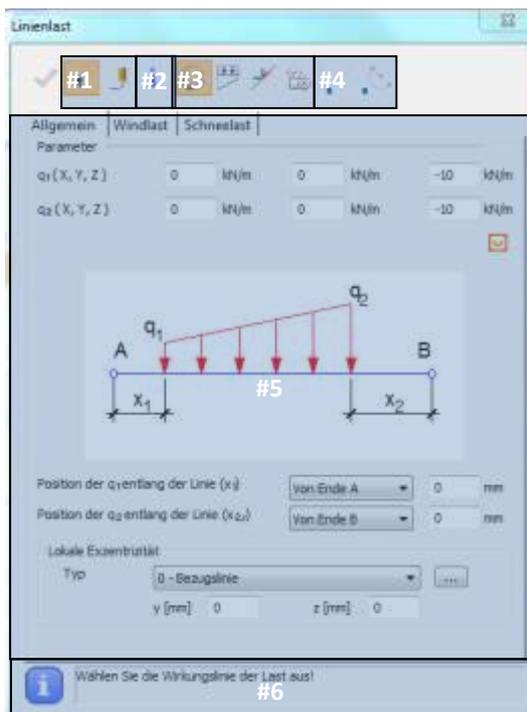


Alle markierten Objekte (und Unter-Objekte) erscheinen in der Tabelle. Durch Vergrößerung der Tabelle und/oder Nutzung des seitlichen vertikalen Schiebebalkens können alle Parameter sichtbar gemacht werden. Bei gleichzeitiger Wahl mehrerer Objekte werden nur identische Parameter aller Objekte angezeigt; 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

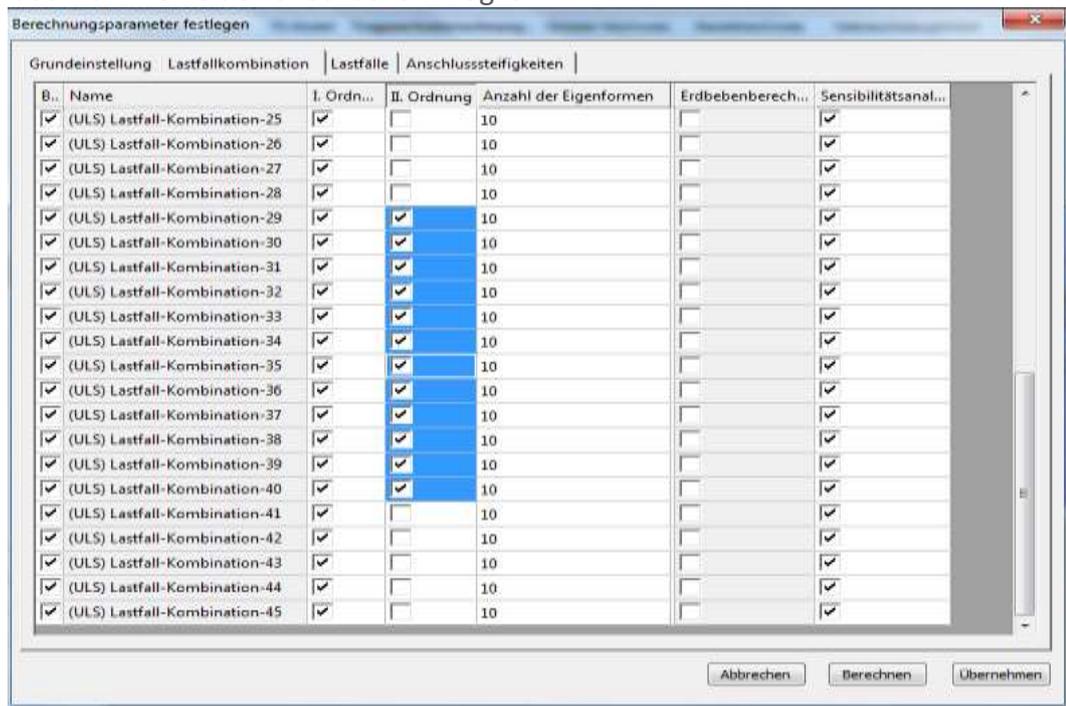
Alle Icons zeigen Kurzinformationen bei Annäherung des Mauszeigers.

1.4 ALLGEMEINE TABELLENFUNKTIONEN

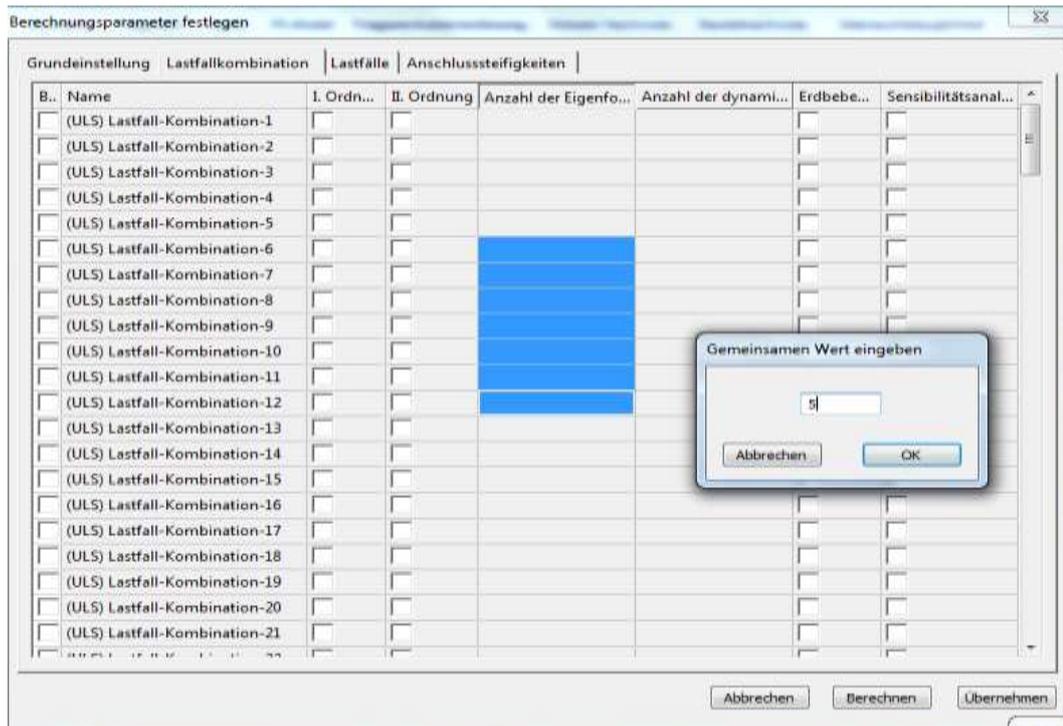
Im Grunde gibt es in **CS** zwei Tabellentypen: Eingabetabellen und Ausgabetablen. Um mit großen Mengen an Daten einfach umgehen zu können, gibt es für beide Typen komfortable Managementtools.

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

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



- ▶ bei editierbaren Tabellen mit möglichen Zelleneingaben kann gleichzeitig in vorher mit der Maus markierten Spaltenfeldern durch rechten Mausclick 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

Ausgabetabellen (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 (→ **KAPITEL 13**)

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:** wechsele 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
 - ▶ EINGF: aktuelle Koordinaten zu null setzen
-
- ▶ **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

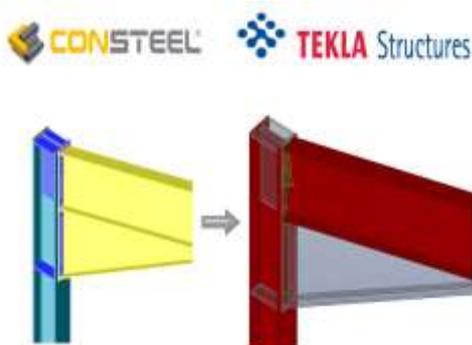
Das Datei-Management von **CS** folgt dem MS Windows-Standard. Abgespeicherte Dateien enthalten alle Modellinformationen. Sie können auch in andere Verzeichnisse verschoben und von dort geöffnet werden. Die **CS**-Dateiendung ist **.csm** und Dateien mit dieser Endung können durch Doppelklick geöffnet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

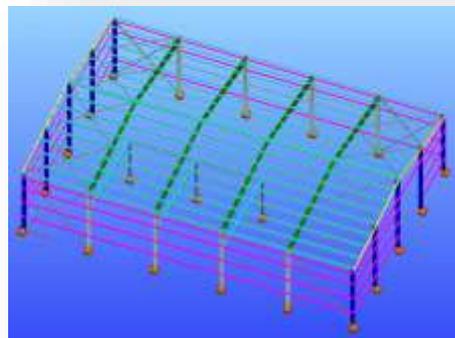
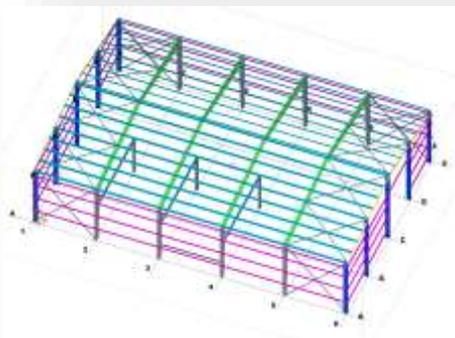


CS bietet ein High-Level-Interface zu *Tekla Structures 64-bit*. Neben dem Export des kompletten Strukturmodells (z.B. Träger, Stützen, Platten, Wände) werden insbesondere die **CS-Anschlüsse** zu den korrespondierenden *Tekla*-Komponenten überführt. Die übergebene Modellstruktur und alle angelegten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

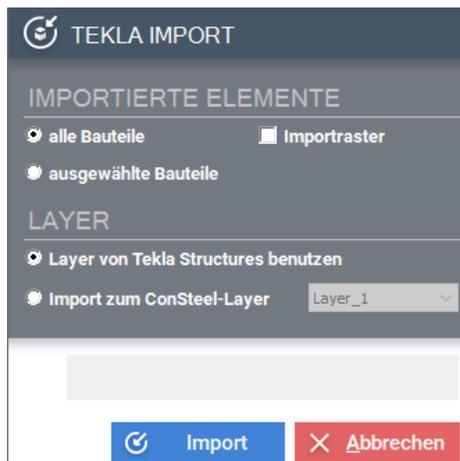
- ▶ 19.0, 19.1 64 Bit
- ▶ 20.0, 20.1 64 Bit
- ▶ 21.0, 21.1 64 Bit
- ▶ 2016, 2016i 64 Bit
- ▶ 2017, 2017i

2.3.1.1 IMPORTPROZEDUR

Für den Import aus Tekla Structures müssen unbedingt sowohl Tekla als auch **CS** parallel geöffnet sein. Innerhalb von Tekla Structure 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**.

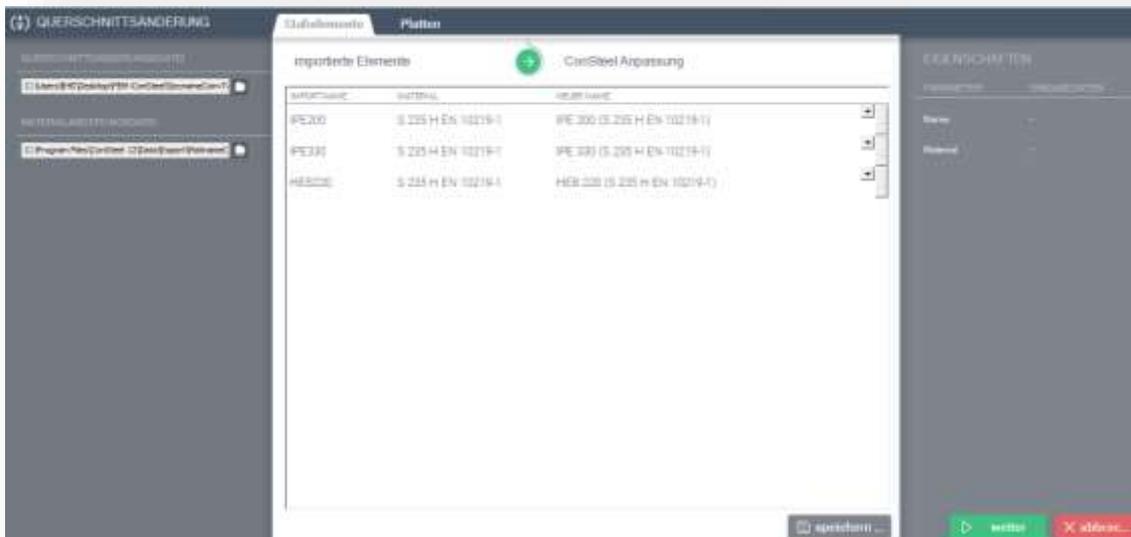


Mit dem **IMPORT**-Schalter wird der Prozess gestartet. In der sich öffnenden Dialogbox kann gewählt werden, ob das komplette Modell oder nur spezielle Teile aus Tekla Structure zu **CS** importiert werden sollen. Diese Auswahl muss aber bereits in Tekla Structure gemacht worden sein.

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 Tekla Structure Klassen zu einem neuen **CS**-Layer unter Beibehaltung der Farben aus Tekla importiert.

Im nächsten Schritt muss bei Tekla Structure 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-Querschnittsübertragungstabelle:**
basierend auf der *Standard-Querschnittsübertragungstabelle* 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-Querschnittsübertragungstabelle* 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

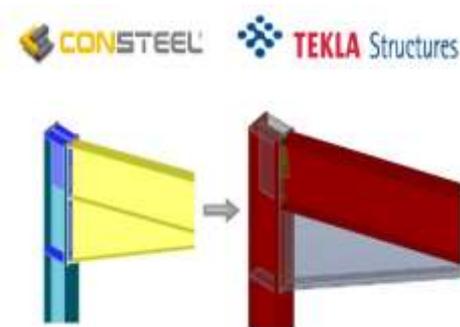
- ▶ Kontour-Platten sind nicht importierbar

Anschlüsse

- ▶ in Tekla Structures definierte Makros sind nicht importierbar

2.3.2 KOMPLETTER MODELLEXPORT ZU TEKLA STRUCTURES

2.3.2.1 VORGEHEN



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-Model 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 Structure ist ein Modell zu öffnen. Dann wählen Sie aus dem **DATEI**-Menü **MODELL EXPORTIEREN** und anschließend **TEKLA STRUCTURES**.

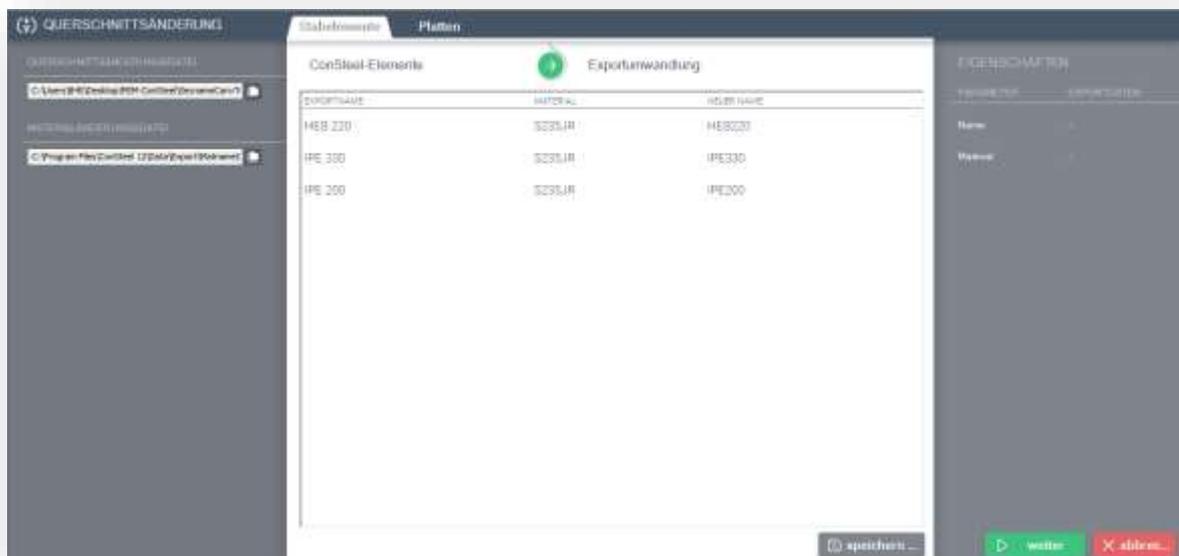
Es öffnet sich ein Dialogfenster zur Auswahlspezifizierung:



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.

2.3.2.2 EXPORTEINSCHRÄNKUNGEN BEI STRUKTURELEMENTEN/ANSCHLÜSSEN

Hinweis: Die Zahlenwerte in Klammern sind Tekla Kennziffern!

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)

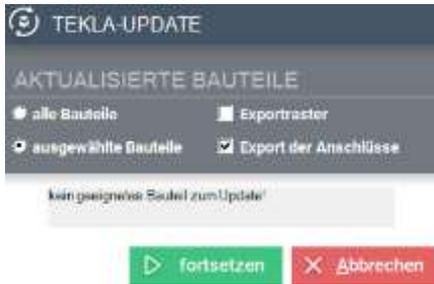
2.3.3 ÄNDERUNGSMANAGEMENT ZWISCHEN TEKLA UND CONSTEEL: TEKLA UPDATE

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.

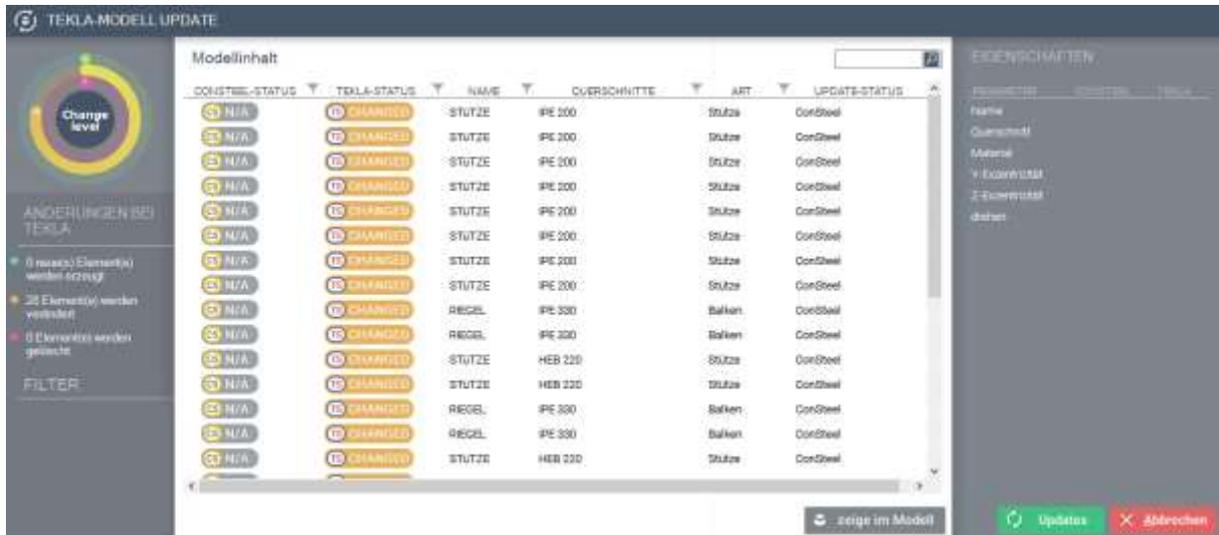
Für die Aktualisierung eines Tekla-Modells müssen unbedingt sowohl Tekla als auch **CS** parallel geöffnet sein. Innerhalb von Tekla Structure ist das Modell zuvor zu öffnen. Im **DATEI**-Menü wählen Sie **EXPORT** und anschließend **TEKLA STRUCTURES UPDATE**.



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.

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

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

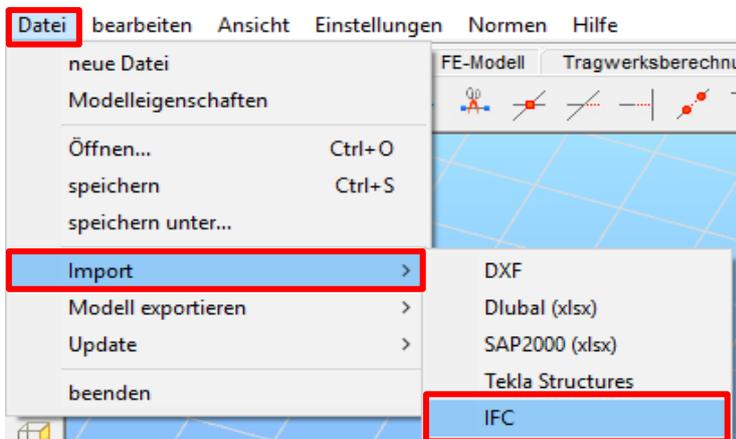
Vorgehen

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

2.4.1.1 VORGEHEN



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

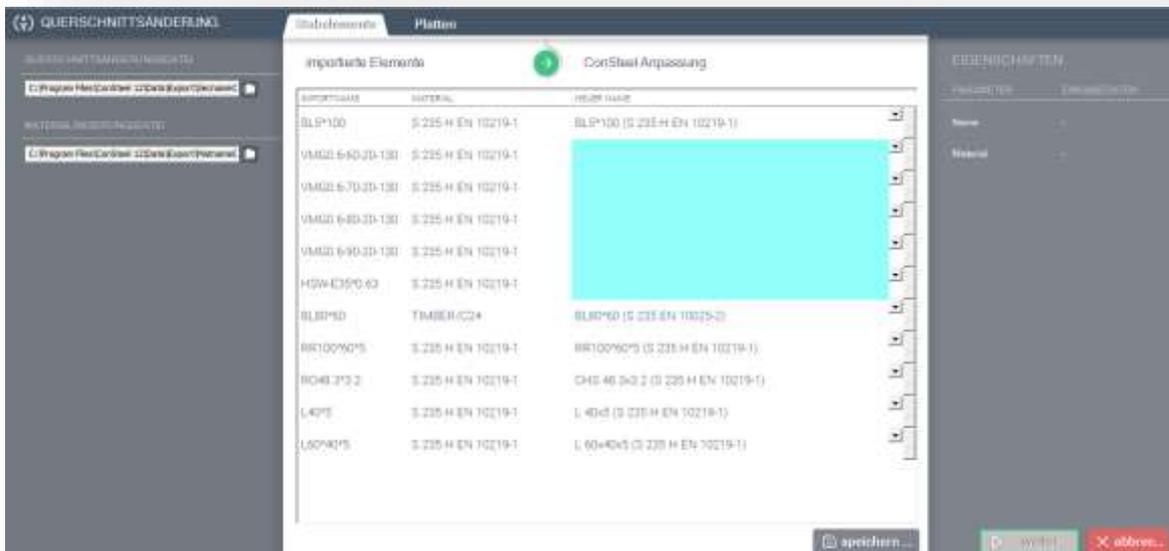
IFC 2x3

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.

2.4.1.2 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:

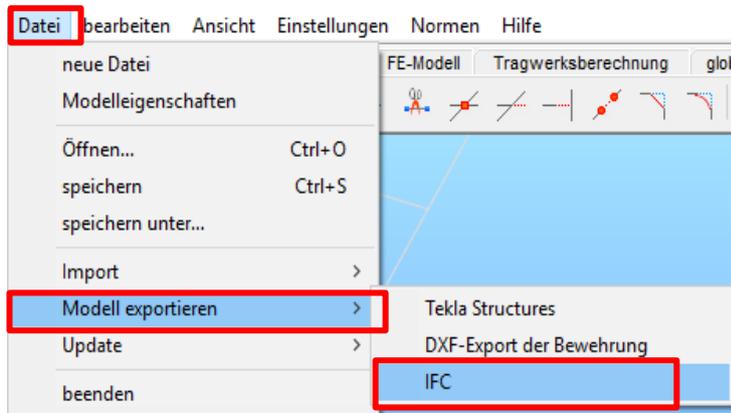
- ▶ horizontal positionierte rechteckige Platten ohne Löcher, mit oder ohne Abkantungen oder Rundungen
- ▶ horizontal positionierte polygonale Platten ohne Löcher, mit oder ohne Abkantungen oder Rundungen
- ▶ horizontal positionierte Kreisplatten ohne Löcher, mit oder ohne Abkantungen oder Rundungen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

2.4.2.1 VORGEHEN



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

IFC 2x3

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



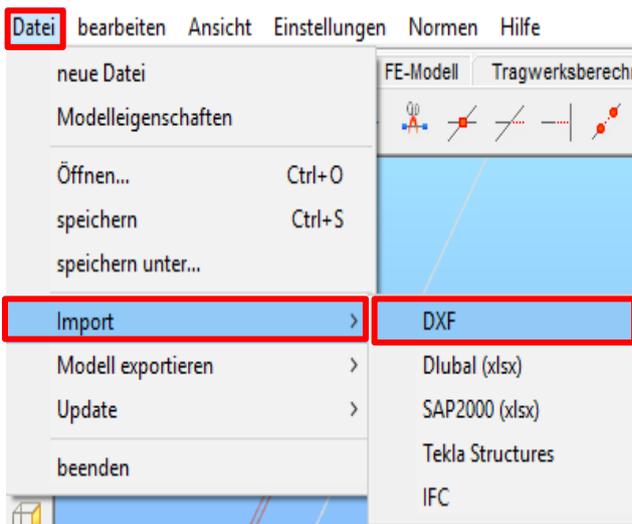
Es erscheint der **IFC-EXPORT DIALOG** mit Möglichkeiten der Pfadangabe, zum Setzen der Maßstabsparameter und der Exportebene.

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

2.4.2.2 ZULÄSSIGE OBJEKTE FÜR DEN EXPORT

Es sind die gleichen Objekte exportierbar wie beim IFC-Import (→ Kap. 2.4.1.2).

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.

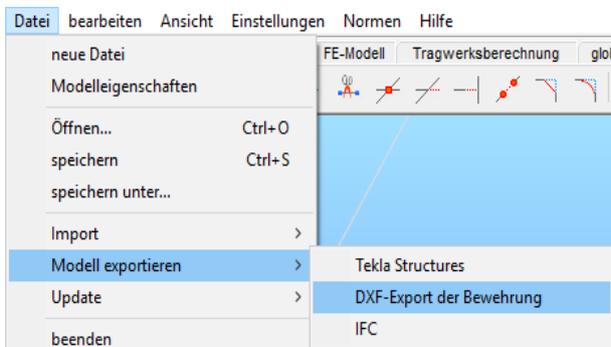
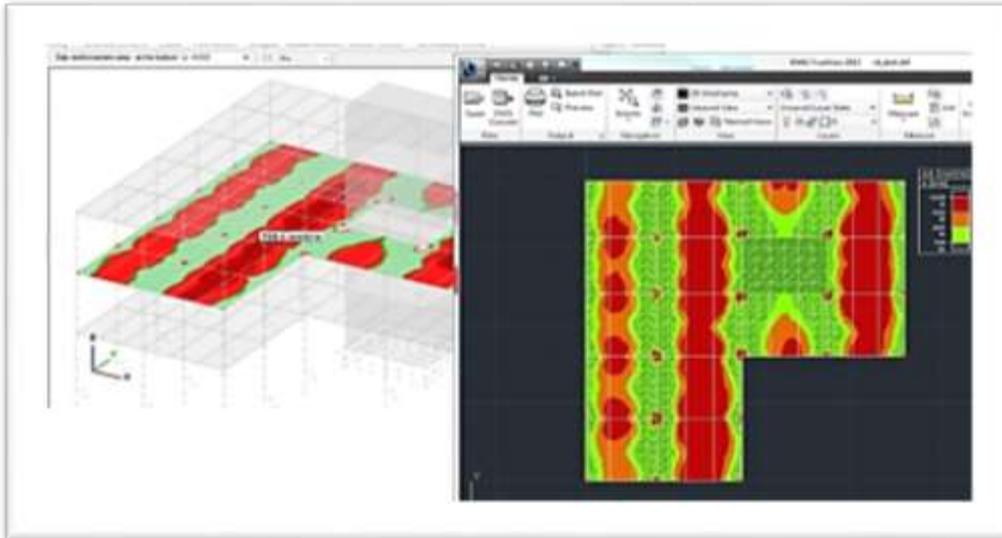
Mit **OK** werden die Modifikationen aktiv und die DXF-Zeichnung wird im Zeichnungsbereich von **CS** dargestellt.

2.6 EXPORT VON STAHLBETONBEWEHRUNGEN ZU DXF

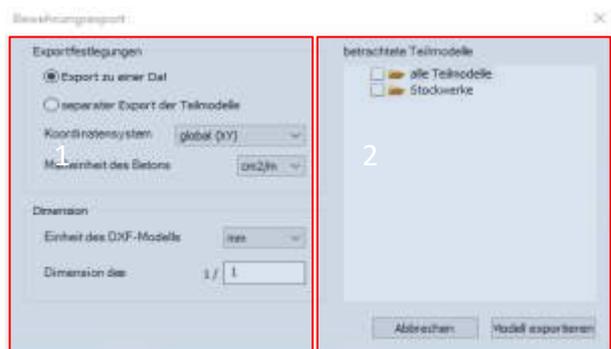
Mit der (weiter unten beschriebenen) Exportfunktion können Konturoberflächen von Bewehrungen mit ihren korrespondierenden Farbpaletten einfach in das DXF-Dateiformat überführt werden. Die Bewehrungen und Farbpaletten werden für die verschiedenen Richtungen (+x, -x, +y, -y) in unterschiedlichen Layern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

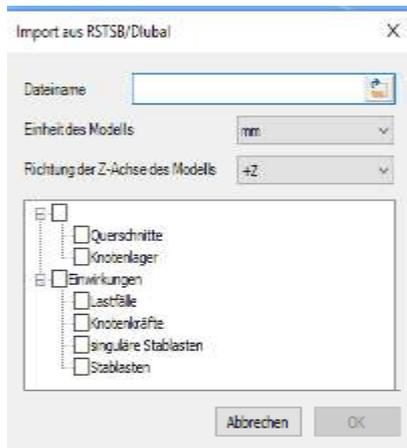
- ▶ Export-Einstellungen:
 - ✓ Export in eine Datei
 - ✓ separater Export der Teilmodelle in verschiedene DXF-Dateien
- ▶ Koordinatensystem:
 - ✓ globales Koordinatensystem
 - ✓ benutzerdefiniert
- ▶ Maßeinheit der DXF-Datei [mm, cm, m]
- ▶ Einheit der Farbpalette [cm^2/m , mm^2/m]
- ▶ Skalierung des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

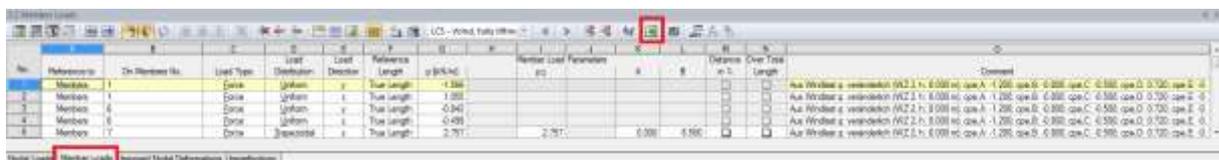


Nach Klick auf **OK** erscheint der Export-Dialog. Im **EXPORT OF TABLES** Bereich sind Daten zum Export zu bestimmen. Im Bereich **TABLES** sind unbedingt die Checkboxes "**With table headers**" and "**Only filled rows**" zu aktivieren. Im Bereich **EXPORT TYPE**, sollte auch "**rewrite existing worksheet**"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

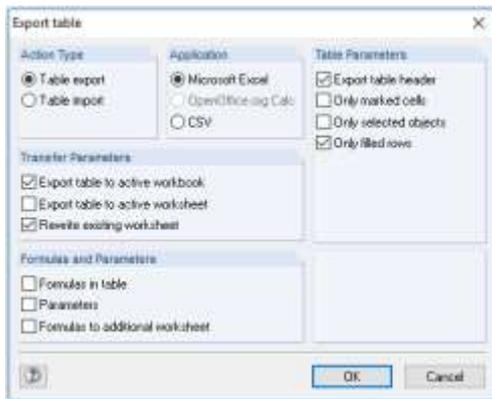
Mit Klick auf **EXPORT** wird die Excel (xlsx)-Datei erzeugt und geöffnet.

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 Anzahl 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.

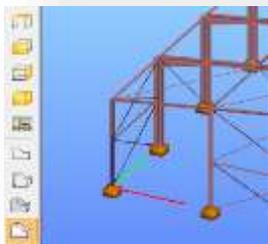
Mit Klick auf **OK** kann nun die xlsx-Datei in C **CS** importiert werden (→ Kap. 2.7).

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.

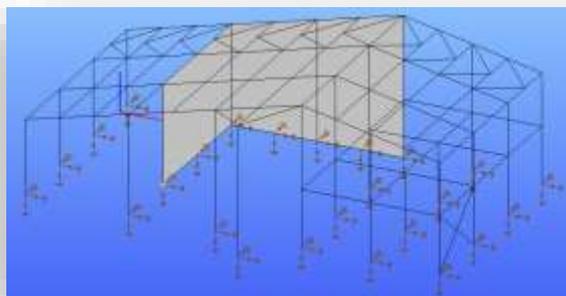
Zusätzlich zu den üblichen Ansichten (Draufsicht, Vorder- und Seitenansichten, axonometrischen Ansicht, rechtwinklig zum Raster) werden die folgenden vier Arten der Objektdarstellung:

► **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.

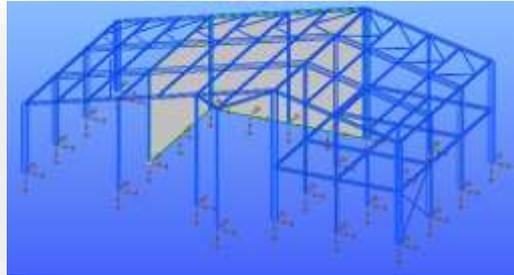
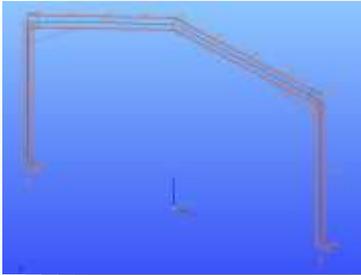


*diese Darstellung ist bei der ersten Modellerstellung sehr von Vorteil und empfohlen, da eine klare Visualisierung der **Objektfangpunkte** den Zusammenbau der Einzelobjekte, des Setzens der Auflagerpunkte und der mechanischen Einwirkungen sehr erleichtert*



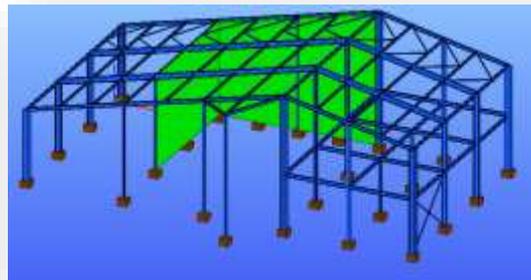
► **Drahtgittermodell (📄):**

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



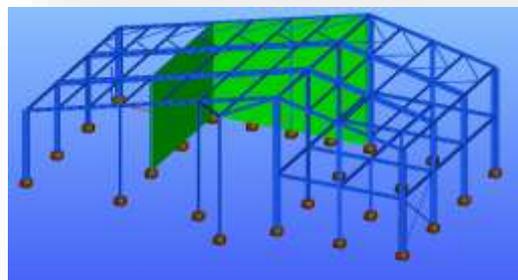
► **Darstellung ohne versteckte Linien (📄):**

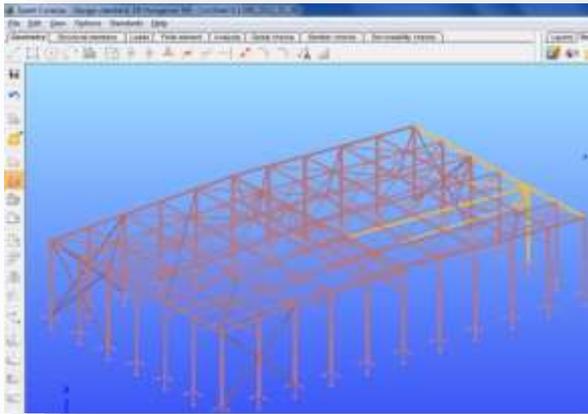
die Querschnittslinien erscheinen im mit Ausblendung der versteckten Kanten; die Oberflächen besitzen keine Schatten- und Aufhelleffekte; die Lager werden mit Volumenmodellen abgebildet



► **Volumenmodell (📄):**

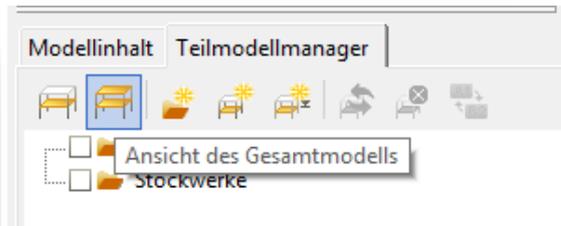
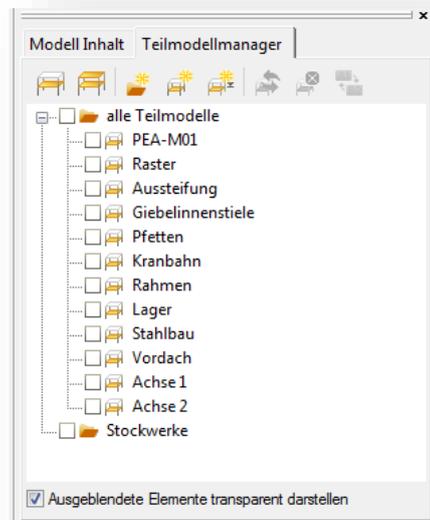
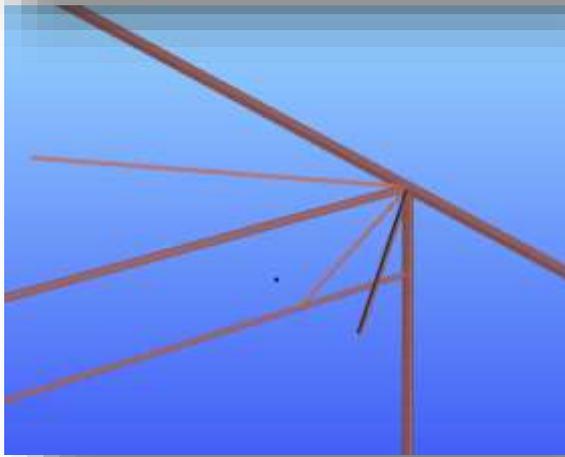
im Volumenmodell werden die Querschnitts- und Plattenaußenkanten nicht hervorgehoben; die Oberflächen besitzen aber Schatten- und Aufhelleffekte; die Lager werden mit Volumenmodellen abgebildet





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:

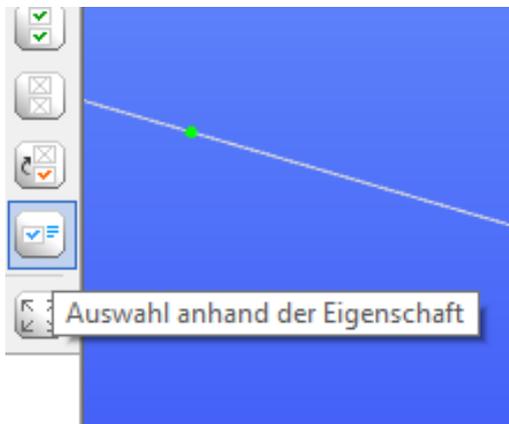
► **einfache grafische Auswahl:**

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:**

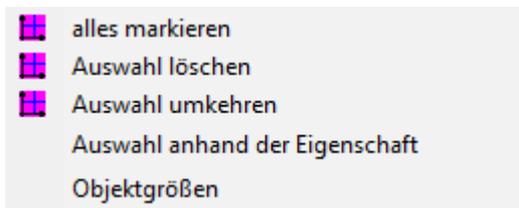
bei Bewegungen der Maus mit gedrückter linker Maustaste entsteht ein Fenster, das bei Loslassen der Taste fixiert wird. Die aktuelle Größe des sich bildenden Fensters wird am Bildschirm kontinuierlich angezeigt. Beim Aufziehen des Fensters von links nach rechts werden nur Objekte markiert, die sich komplett 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 ▼

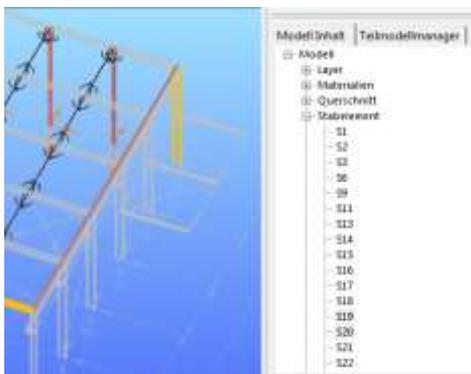
<input type="checkbox"/>	Stabelement	
	Elementgruppe	
	Position des Stabes	
	Form des Stabes	
	Name	
<input checked="" type="checkbox"/>	Querschnitt	
	Stabendgelenk - Startpunkt	
	Stabendgelenk - Endpunkt	
	Exzentrizität -y [mm]	
	Exzentrizität -z [mm]	
	Drehung [Grad]	
	Anzahl Finiter Element	
	Bogenstich L/y	
	Bogenstich L/z	
	Elementtyp	
	Material	

genaue Auswahl
 zur Auswahl hinzufügen
 aus der Auswahl löschen

schließen übernehmen OK

► **Auswahl mittels Objektbaum:**

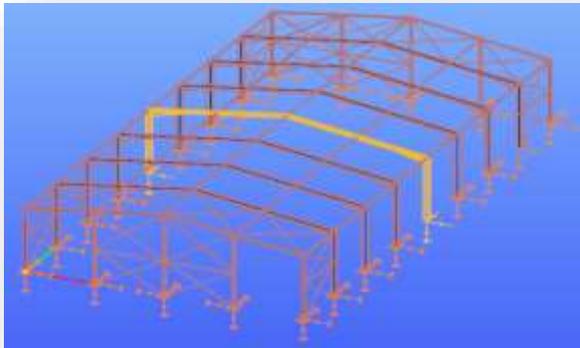
Objektauswahl durch Mausmarkierung der Objektamen im Objektbaum



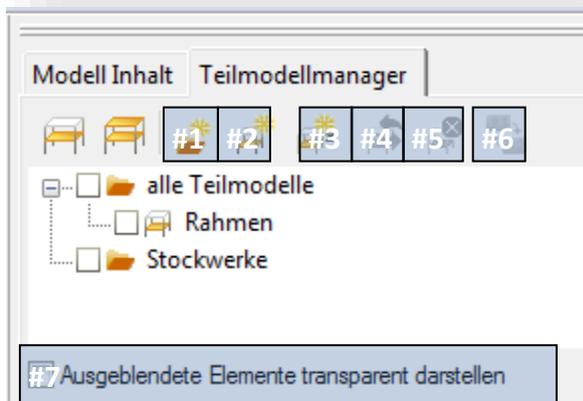
mit gedrückter „**STRG**“- oder „**SHIFT**“-Taste können mehrere Objekte ausgewählt werden. Um ein Objekt aus der Auswahl zu entfernen, hält man die „**STRG**“-Taste gedrückt und klickt nochmal auf den betreffenden Objektamen. Die weiteren allgemeineren Auswahltools (volle Wahl, alles rückgängig, Auswahlinvertierung) 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.



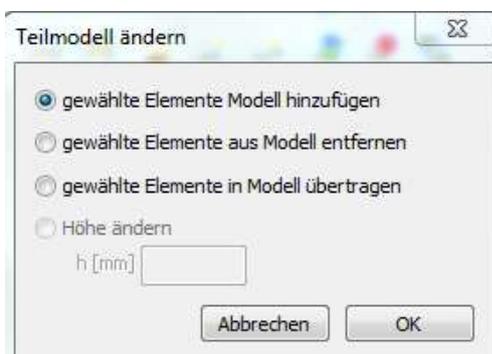
Teilmodelle können in eigenen Verzeichnissen geordnet werden. Neue Verzeichnisse werden mittels des Icons „**NEUE GRUPPE**“ (#1) definiert werden. Teilmodelle werden durch Aktivierung der vorstehenden Wahlboxen aktiv, wobei Mehrfachwahl möglich ist. Wenn die Box „*Ausgeblendete Elemente transparent darstellen*“ (#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

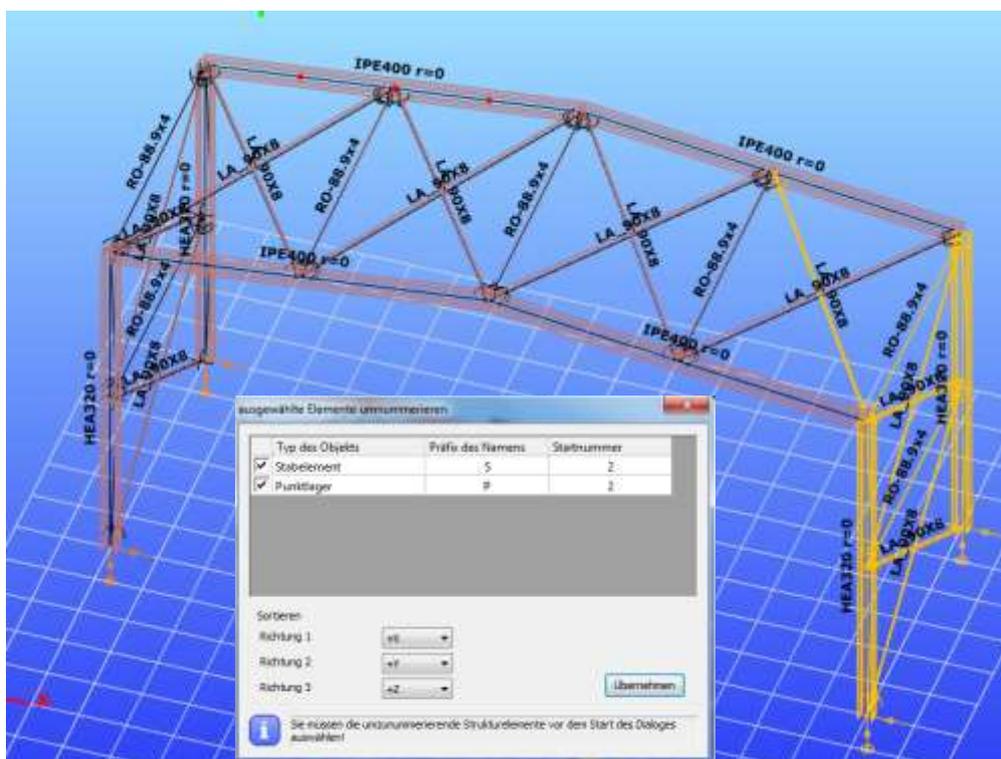
Die Namen und Objektsnummerierung erfolgt während der Modellerstellung automatisch. Beides kann zur besseren Organisation im Modell und zur Erstellung einer transparenten Dokumentation vom Benutzer verändert werden. In einigen Fällen (z.B. bei der Erstellung von Anschlüssen) hat der Benutzer von vorn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

Die folgenden Änderungsmöglichkeiten stehen zur Verfügung:

- ▶ **Numerierung 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

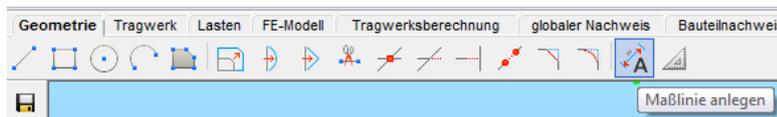
Die Sichtbarkeit der Objektangaben wird im unteren Statusbalken (→ Kap. 1.2.7 / Statusbalken) festgelegt. Die folgenden Objektangaben sind darstellbar:

- ▶ **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:

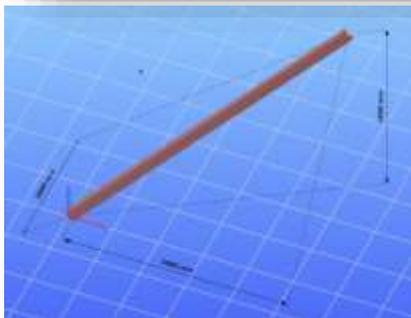


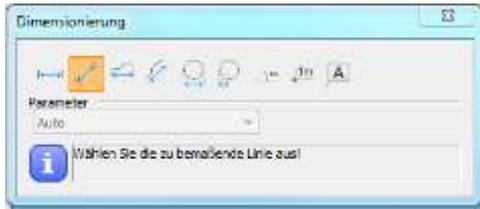
Projizierte Länge eines linearen Objekts () :

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

Parameter:

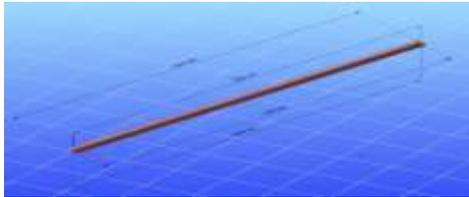
- ▶ Auto: durch Mausbewegungen werden verschiedene Möglichkeiten angeboten
- ▶ Projektion parallel zur globalen X-Achse
- ▶ Projektion parallel zur globalen Y-Achse
- ▶ Projektion parallel zur globalen Z-Achse





objektparallele Länge eines linearen Objekts :

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



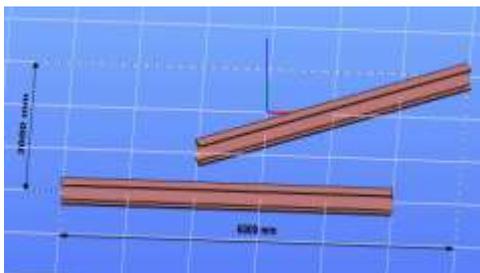
Parameter:

- ▶ Auto: durch Mausbewegungen werden verschiedene Projektionsebenen angeboten



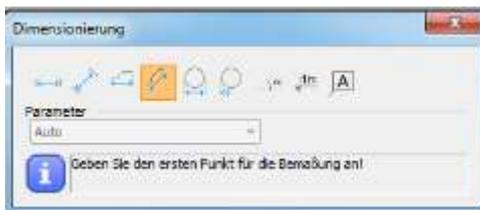
Projizierte Länge zwischen zwei Punkten :

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

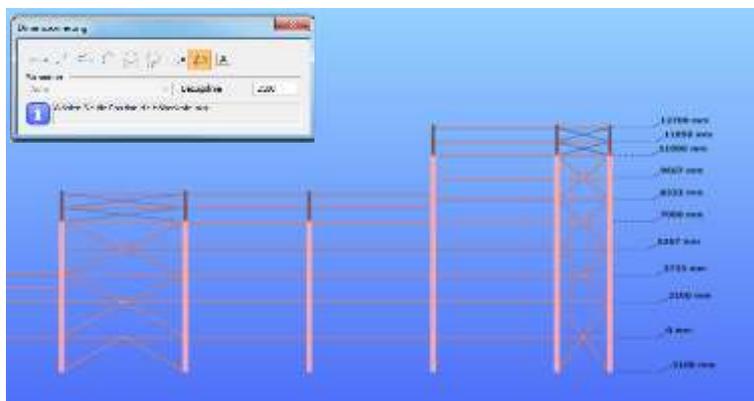
Weitere Vermaßungsmöglichkeiten sind:

- ▶ **Durchmesser eines Kreises**
- ▶ **Radius eines Kreises**
- ▶ **Winkel zwischen zwei Linien**

nach Markierung zweier sich schneidender Linien werden vier mögliche Winkel angeboten

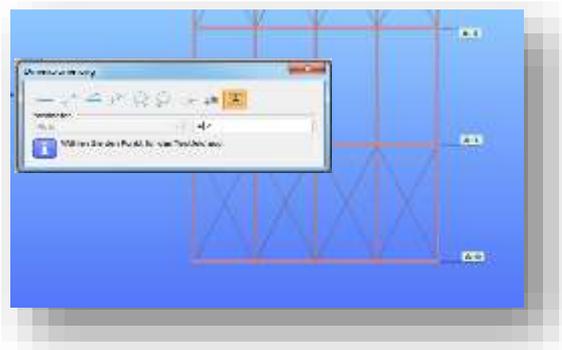
- ▶ **Höhenkote**

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.



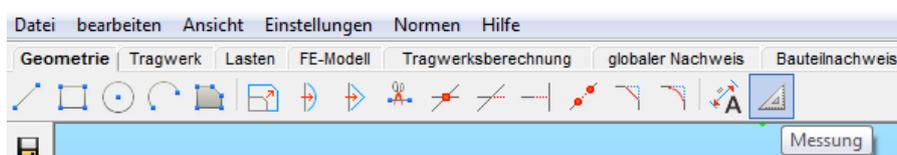
- ▶ **Textmarkierung an einer Linie**

er ins Textfeld eingegebene 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.

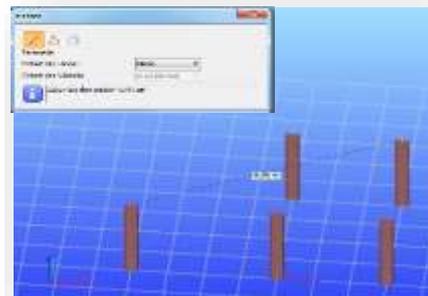
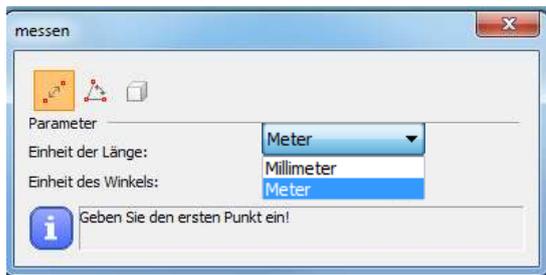




Das sich öffnende Dialogfenster bietet drei Messmöglichkeiten:

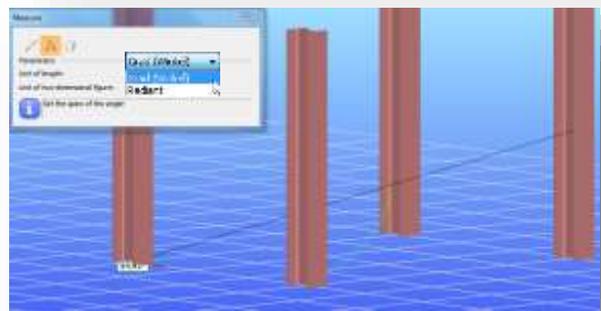
► **Abstandsmessung**

Es wird im Grafikfenster der Abstand zwischen zwei Punkten in der gewählten Einheit der Wahlbox.



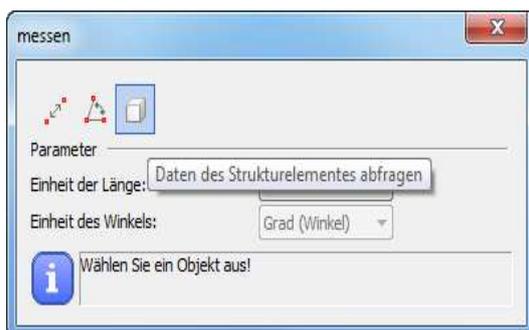
► **Winkelmessung**

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.

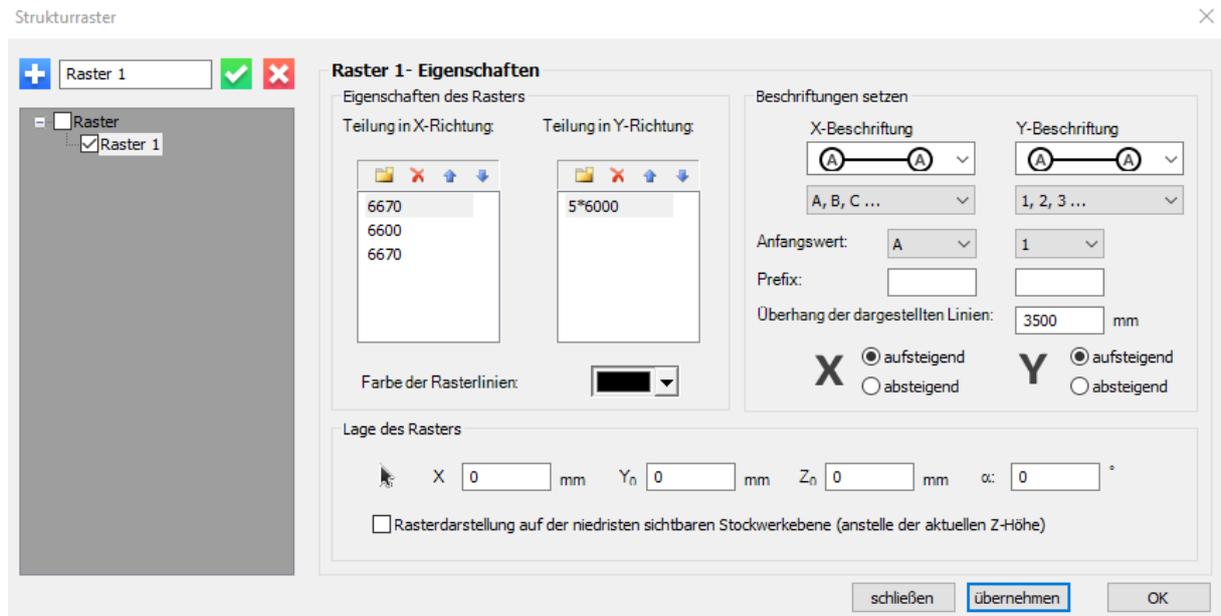


3.8 MODELLRASTER

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

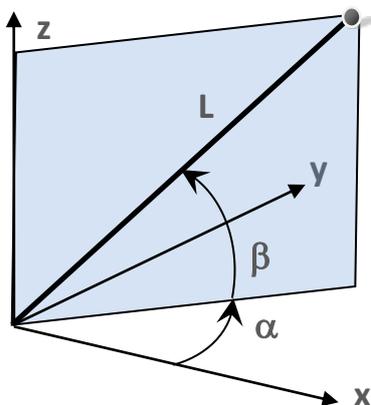
Der erste Schritt zur Erstellung von Modellstrukturen sollte (muss aber nicht!) eine geometrisch exakte Skizze der Hilfslinien für die Struktur sein, etwa das Zeichnen von Rastern, gekrümmte Grundrisslinien, etc. Diese Hilfslinien können zweckmäßig auf eigenen Layern angeordnet werden (→4.6Layer). Alle 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 ()

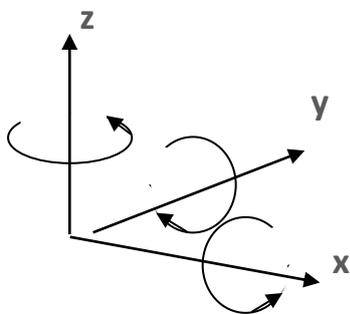
Sowohl zur Systemerstellung als auch der Interpretation der Berechnungs- und Nachweisergebnisse ist es außerordentlich wichtig, dass man immer weiß, auf welches Koordinatensystem die Informationen beziehen. Im Folgenden werden die von **CS** bereitgestellten bzw. benutzen Systeme erläutert.



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):

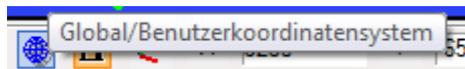
- ▶ **X, Y, Z:** globales Koordinatensystem (GKS)
- ▶ **x, y, z:** lokales Koordinatensystem (LKS)

Darstellung der Querschnitte (2D Querschnitte):

- ▶ **v, w:** Anfangsrechen-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.

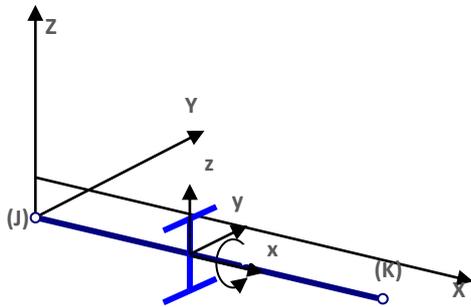
Das BKS kann im unteren Statusbalken eingeschaltet (oder zurück zum GKS) ausgeschaltet werden.

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

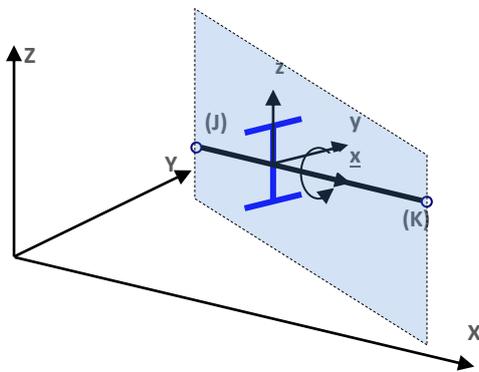
-  zum GKS wechseln
-  neuen Ursprung des BKS's setzen
-  die X-Y-Ebene des GKS wird diejenige des BKS's
-  die X-Z-Ebene des GKS wird diejenige des BKS's
-  die Y-Z-Ebene des GKS wird diejenige des BKS's
-  definiere das BKS durch 3 Punkte: den Ursprung sowie die X- und Y-Achsen
-  definiere das BKS 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

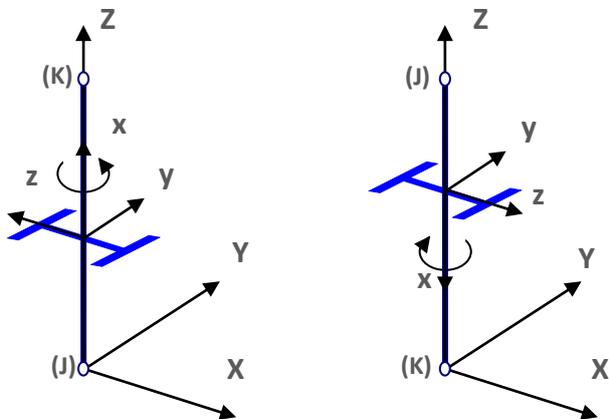
Die Schwerachse von Balkenelementen definiert die x-Achse des LKS's dieses Elementes. Die Richtung der x-Achse zeigt vom Startpunkt (J) zum Endpunkt (K) der Schwerachse.



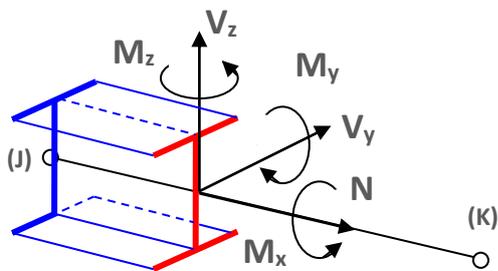
Im Basisfall ist die lokale x-Achse identisch mit der globalen X-Achse. Dann sind auch die lokalen y- und z-Achsen identisch mit „Y“ und „Z“. Die Querschnittskordinaten y und z sind identisch mit den Richtungen Y und Z des GKS's.



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.



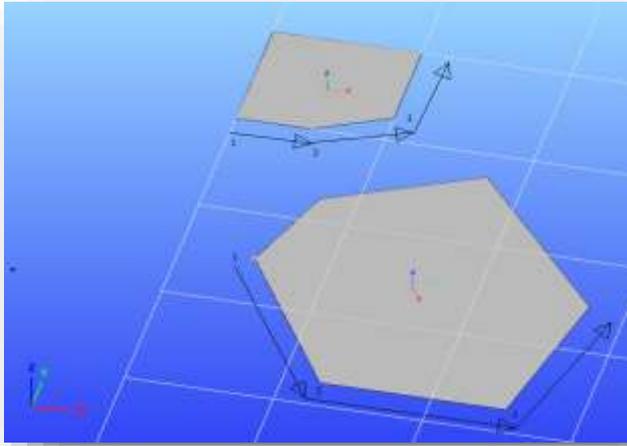
zu beachten ist, dass sich die Zugfaser bei der positiv definierten vertikalen z-Achse am oberen Trägerrand befindet!

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 Handregel“ 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. 0) 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: setzte 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
	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 MAUSKLICK

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

Verschieben

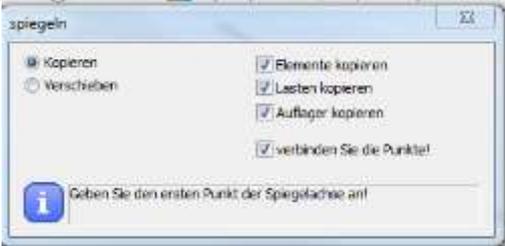
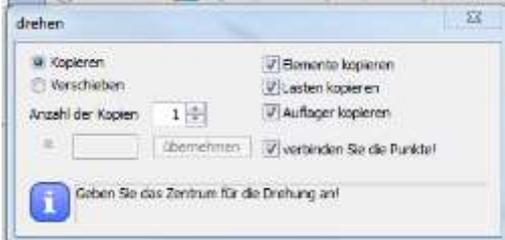
Kopieren
 Verschieben

Anzahl der Kopien: 1

Elemente kopieren
 Lasten kopieren
 Auflager kopieren
 verbinden Sie die Punkte!

 Geben Sie einen Basispunkt für die Verschiebung an!

Wähle jetzt **Kopieren** oder **verschieben** aus und geben die Anzahl der Kopien an. Zuletzt definieren sie den Kopierungs-/Verschiebungsvektor durch Angabe zweier Punkte.

	<p>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;</p> <div data-bbox="300 347 805 593">  </div> <p>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</p>
	<p>Rotation: wähle die zu drehenden Objekte; mit dem OBJEKTE SPIEGELN-Icon starten sie den Vorgang, wählen Referenzpunkte aus geben einen Drehwinkel ein;</p> <div data-bbox="300 779 805 1019">  </div> <p>wählen Sie Referenzpunkte aus und geben einen Drehwinkel ein; mit Übernehmen starten Sie den Vorgang</p>

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

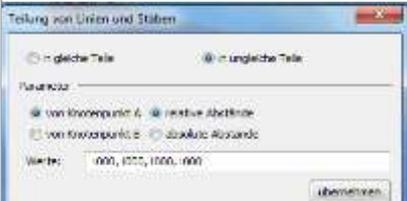
Auflager kopieren:

- 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	
	<p>Größenänderung von Objekten: wähle Objekte 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!</p>
	<p>Verkrümmung gerader Linienelemente: wähle die zu krümmende Kante/Linie; bestimme den Einfügegenpunkt; die Eingabe des letzten Punktes veranlasst die Veränderung</p>
	<p>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</p>
	<p>Objektteilung(en): Linien und Träger-/Stützelemente können in gleiche oder ungleiche Abschnitte geteilt werden: (Längenangaben in mm)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%;"> <p>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</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%;"> <p>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</p> </div> </div> <p>Nach „Übernehmen“ markieren Sie das zu teilende Objekt</p>
	<p>Brechung sich kreuzender Objekte: wähle zwei sich kreuzende (geradlinige oder gekrümmte) Objekte; beide Objekte werden (in 4 Objekte) zerbrochen;</p>
	<p>Trimmung eines Elementes: (erzeuge und) wähle zunächst die Trimmlinie; wähle das zu trimmende (geradlinige oder gekrümmte) Objekt</p>
	<p>Verlängerung eines Linienobjektes: markieren Sie die Linie, bis zu der ein Linienobjekt zu verlängern ist; : mit Markieren des Objektes wird die Veränderung sofort ausgeführt</p>

	<p>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</p>
	<p>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</p>
	<p>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</p>

4.6 LAYER

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

- ▶ 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. 10) und **CSJOINT** (→ Kap. 14).

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)



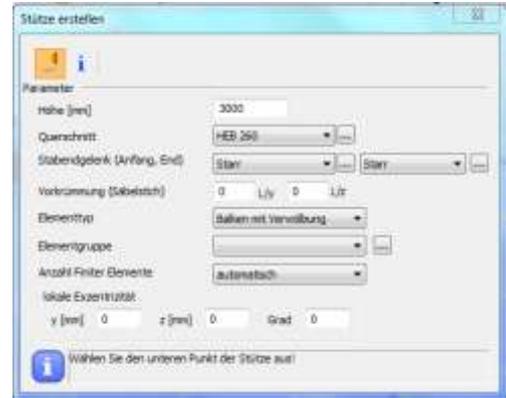
als Linie und Liniensegmente (Polygonzug)



als Kreisbogenträger mit drei Erstellungsmethoden

- i** Auslesen der Objekteigenschaften durch Markieren eines Trägers die Eigenschaften werden in die Parameterfelder übertragen

Die Parameter werden im Parameterbereich eingefügt:

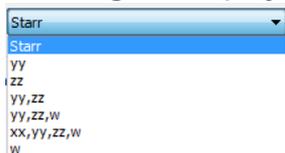


- Querschnitt:**

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 () 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



- Stabendgelenke (Anfang, Ende):**



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



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.

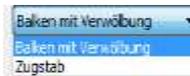
- x, y, z : lokale Wegfreiheitsgrade des Stabendes
- xx, yy, zz: lokale Rotationsfreiheitsgrade des Stabendes
- w: Verwölbung des Stabendes

- **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.

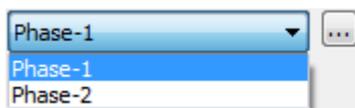
Der **Zugstab (1DOF)** kann lediglich Zugkräfte in Stablängsrichtung (keine Biege- und Torsionsmomente sowie Schubkräfte) aufnehmen; erhält der Stab Druckkraft, wird er bei der statischen Berechnung ausgeschlossen.

- ✓ Stahlbeton und Stahlverbundquerschnitte:



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

- **Elementgruppe:**

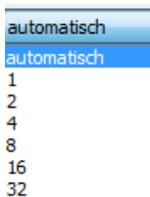


Tragelemente können aus verschieden Gründen (gezielte Auswahl, gruppierte Ausgaben, etc.) zu Gruppen zusammengefasst werden.



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.

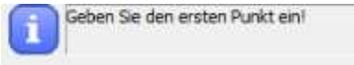
Man kann aber die Anzahl von 2 bis 32 finiten Elementen pro Stab manuell einstellen.



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

• **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

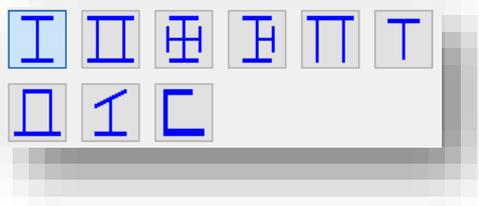
Zur Erstellung einer Stabstahlstruktur müssen zunächst die zu benutzenden Stahlquerschnitte aus der Datenbank in das Modell importiert werden. Das kann entweder vorweg mittels **QUERSCHNITTSADMINISTRATORS** oder während der Strukturerstellung im **TRÄGER-/STÜTZENDIALOG** geschehen. Für genormte Stahlquerschnitte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

In **CONSTEEL 12** stehen folgende Standardquerschnitte zur Verfügung:

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

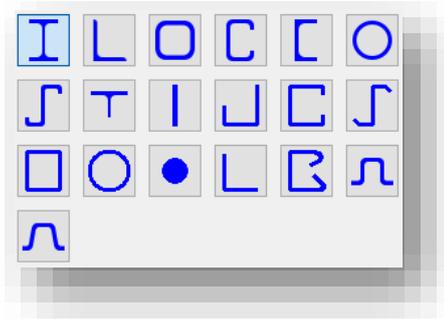
Zusätzlich sind folgende Makroquerschnitte verfügbar:

- ▶ aus Flachstähen geschweißte Querschnitte



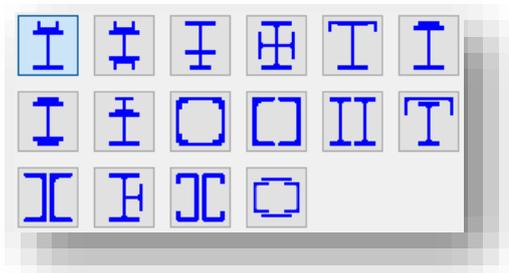
- geschweißte I- und H-Profile
- Hohlquerschnitte
- Malteser(kreuz)querschnitte
- halbe Malteser(kreuz)querschnitte
- Hutquerschnitte
- T-Querschnitte
- WQ-Querschnitte
- Querschnitte mit geneigtem Flansch
- unsymmetrische offene Querschnitte

► kaltgeformte oder warm gewalzte Querschnitte



- gewalzte I- und H-Profile (mit parallelen Flanschen)
- gewalzte Winkelprofile (parallele Schenkel)
- QHP/RHP (RHS)-Profile (kaltgeformt)
- C-Profile (kaltgeformt)
- U-Profile (parallele Schenkel)
- KHP (CHS)-Profile (warm gewalzt)
- Z-Profile (kaltgeformt)
- T-Profile (halbes I)
- ebene Bleche
- kaltgeformte unsymmetrische U-Profile
- kaltgeformte C-Profile
- kaltgeformte Z-Profile
- kaltgeformte oder heiß gewalzte Rechteckhohlprofile
- kaltgeformte oder heiß gewalzte Rohrprofile
- Rundquerschnitte
- kaltgeformte L-Profile
- C-Profile (kaltverformt, am Ende gekantet)
- kaltgeformte Omega-Profile
- kaltgeformte Omega-Profile mit geneigten Stegen

► zusammengesetzte Querschnitte



- I-oder H-Profile mit U-Profilverstärkung an einem oder 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
- 2C (Steg an Steg)
- Hohlquerschnitt aus U-Profilen und Flachstählen

Die Materialgüte gehört zu einem Querschnitt und muss daher zusammen mit der Querschnittswahl bzw. -definitionen bestimmt werden.

5.2.3 STAHLBETONTRÄGER UND -STÜTZEN



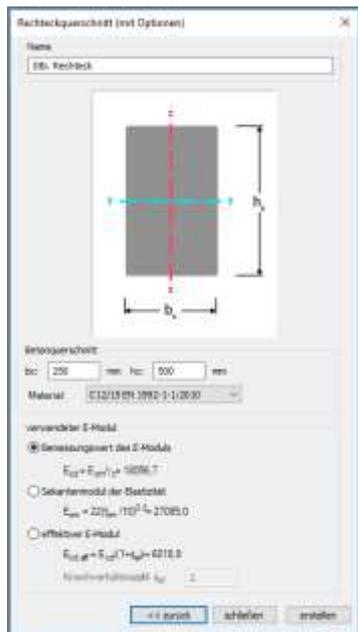
Stahlbeton-Querschnitte für Träger werden im **MAKRODIALOG** erstellt. Zwei Arten von Querschnitten stehen zur Verfügung:

- #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.

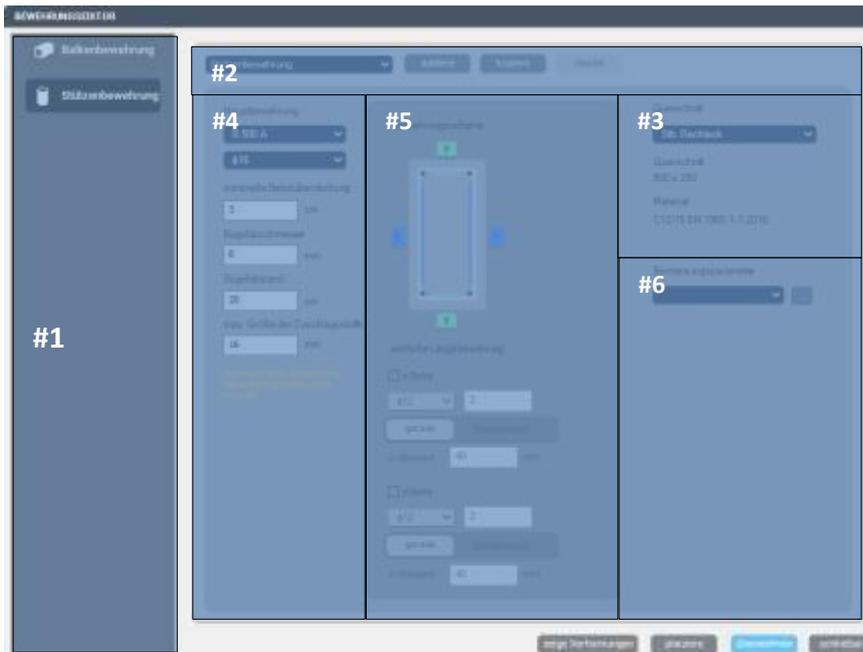


Im sich öffnenden Dialog **ADDIERE BALKENBEWEHRUNG** werden nur der Abstand und die Lage der Bügel festgelegt, denn im Bereich (#3) wurde der Durchmesser bereits festgelegt. Mit **ADDIERE** erscheint die Bewehrung im Grafikeditor des Bereiches (#4). Mit dem Papierkorb -Schalter und dem -Zeichen kann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



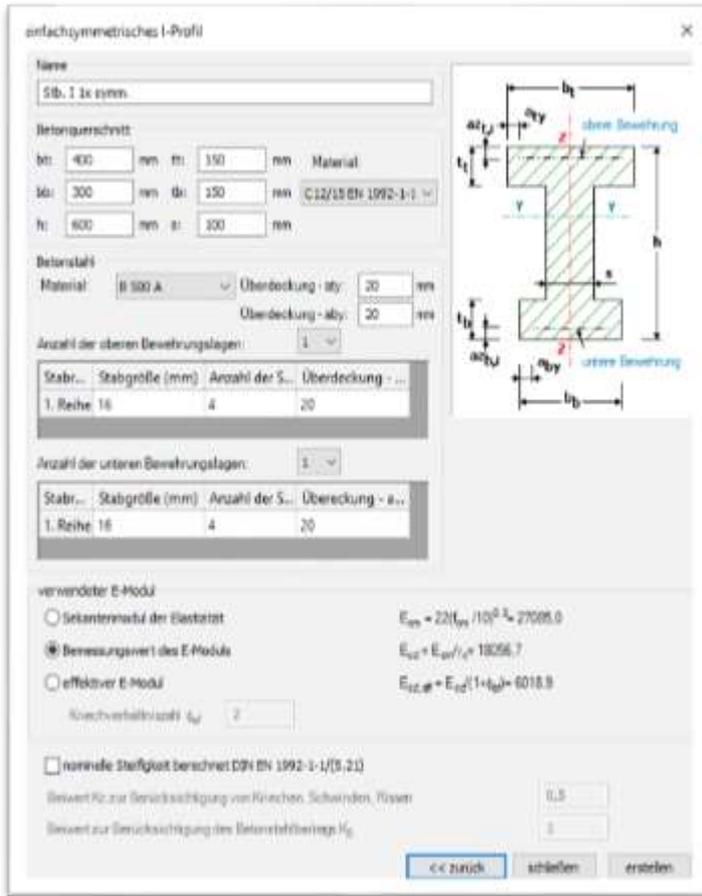
- ▶ **#2** – falls im Modell Querschnitte mit Entwurfsoptionen vorhanden sind, kann mit dem **ADDIERE**-Schalter ein neues Bewehrungsobjekt erzeugt werden. Ein Objekt wird standardmäßig erzeugt, aber eine beliebige Anzahl ist möglich. Mit dem Drop-Down-Menü kann zwischen ihnen gewechselt werden, und 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. 8.6) und Widerstandsoberflächen (→ Kap. 10.4.5.2), natürlich unter Berücksichtigung der Bewehrung bzgl. der Trägersteifigkeit. Folgende Querschnitte stehen zur Verfügung (→ Kap. 5.2.3):

- ▶ 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



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

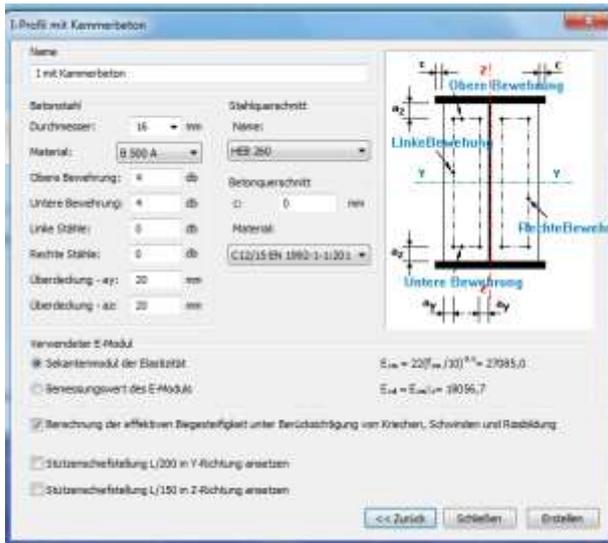
- ▶ Querschnittsdimensionen
- ▶ Betonmaterial
- ▶ Bewehrungsmaterial
- ▶ Bewehrungsanordnung
- ▶ E-Modul
- ▶ Steifigkeitsberechnung

5.2.4 STAHLVERBUNDSTÜTZEN



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.

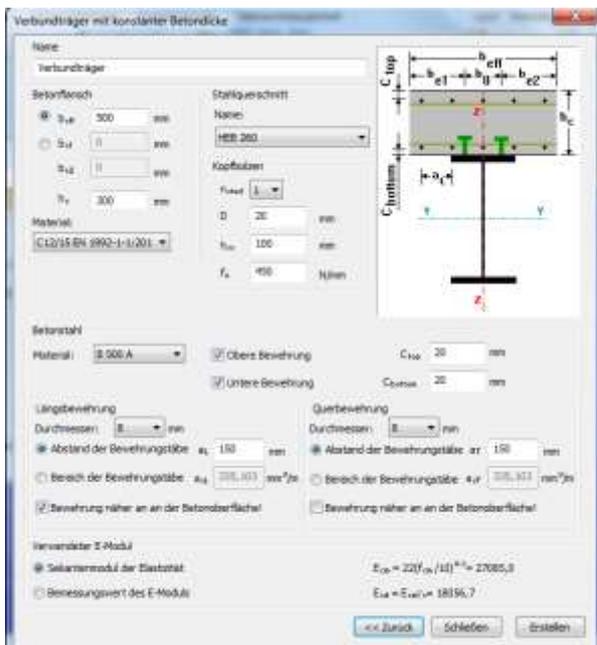
5.2.5 STAHLVERBUNDTRÄGER



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.



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



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



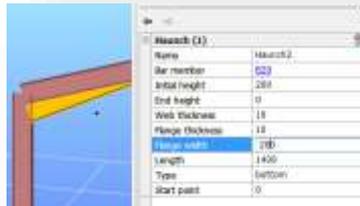
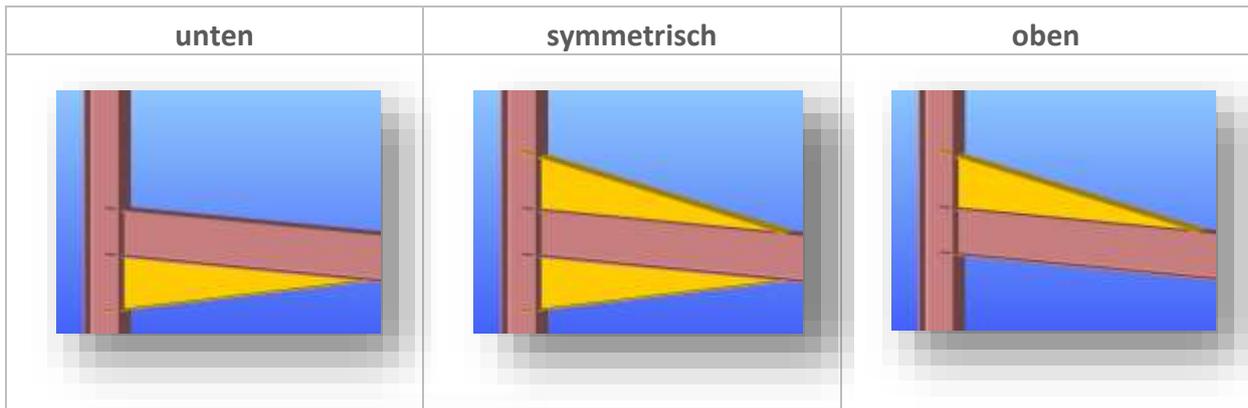
Im Dialogfenster sind die Voutenlänge (L), Maximalhöhe (h), Stegdicke (t_w), Flanschbreite (b) und -dicke (t_f) zu spezifizieren.

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

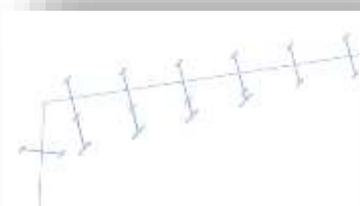
Die Positionierung der Voute erfolgt mit einfachem Mausklick auf den Anfangs- (wo die volle Voutenhöhe sein soll) und Endpunkt der Trägerachse und einem (ungefähren) Richtungspunkt auf dem Träger.

 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 Objektabelle 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 ()

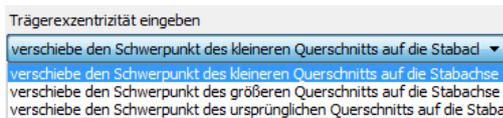
Konische Schweißträger werden wegen ihrer stahlsparenden Bauweise häufig - insbesondere bei Rahmenkonstruktionen - eingesetzt. Eine schnelle und simple Modellierung ist daher wichtig. Es können geschweißte Stahlträger mit I-, H-, Hohlprofile und kaltgeformte C-Profile konisch angelegt werden.

 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.

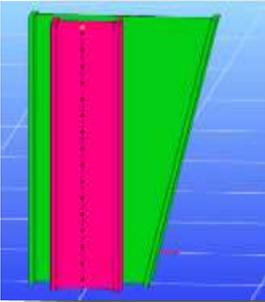
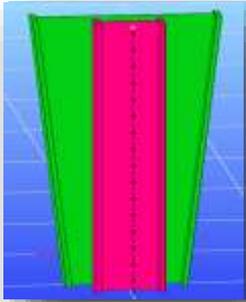
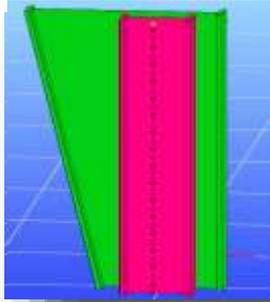
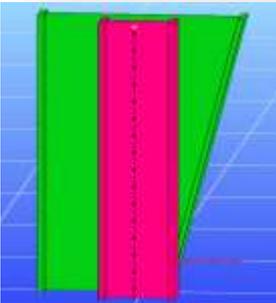
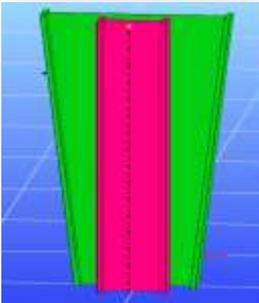
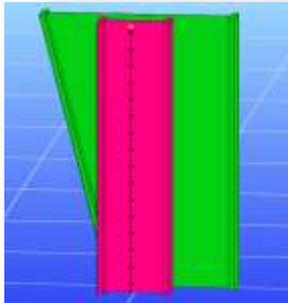
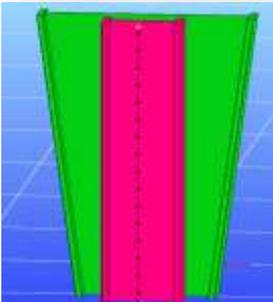
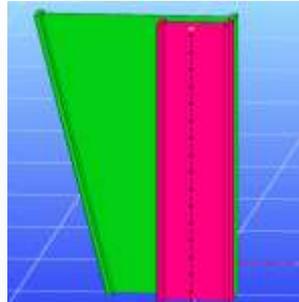
Zunächst sind die Trägerhöhe H1 des Startpunktes und die Endträgerhöhe H2 (unabhängig von der ursprünglichen konstanten Trägerhöhe) sowie die Exzentrizität hinsichtlich der theoretischen Trägerachse mit dem Menü **TRÄGEREXZENTRIZITÄT** festzulegen. H1 und H2 werden durch Klick auf das -Icon vertauscht. 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	<i>symmetrisch</i>	+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:

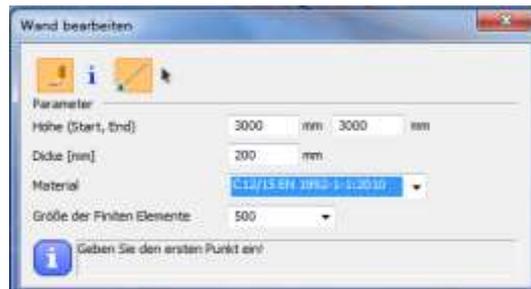
- (1) den betreffenden Träger markieren
 - (2) mit dem -Icon dessen Parameter auslesen (werden in die Dialogbox eingetragen)
 - (3) einen weiteren Träger markieren und mit den Parametern aus (2) verändern
- ☞ wenn Sie einen konischen Träger markieren, erscheinen sowohl der (konstante) Grundträger als auch die konischen Zusatzanteile in der Objektabelle 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 ()

5.3.1 BENUTZERDIALOG

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

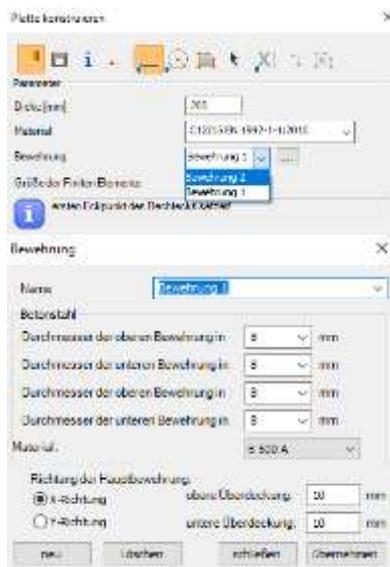
- (1) beliebig umrandete und im Raum platzierte *Platte* ()
- (2) rechteckige und vertikale *Wand* ();
dies ist ein Sonderfall von (1), um schnell die häufig vorkommenden Wände zu konstruieren, da für die Umrandung nur die Wandhöhe zu bestimmen ist



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

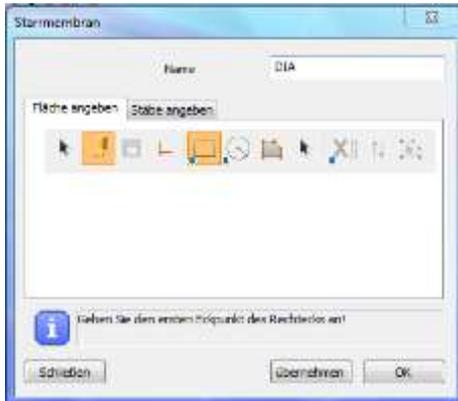
5.3.2 PLATTENBEWEHRUNG



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)

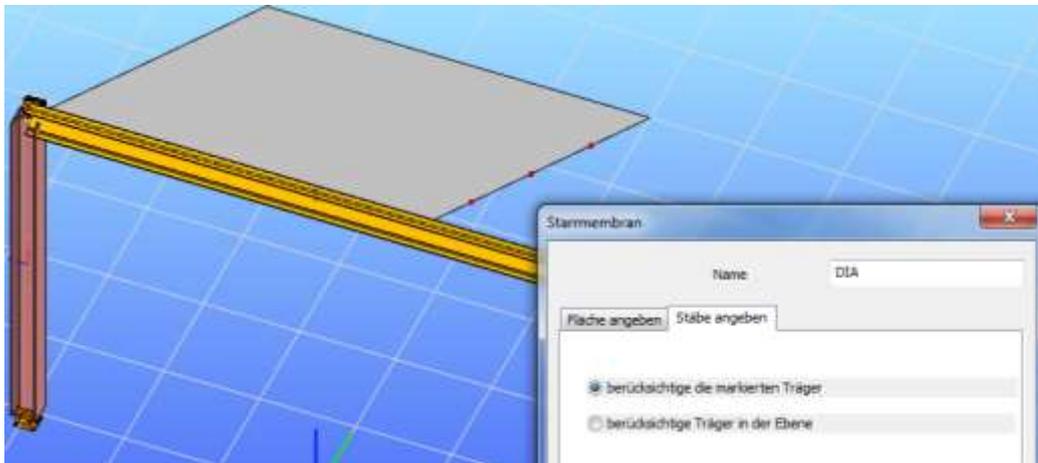


Starr(körper)membrane können in beliebiger 3D-Orientierung angeordnet werden. Mit diesem Objekt können starre Flächenaussteifungen und starre Verformungskopplungen zwischen Tragelementen in der Membranebene erzeugt werden. Die Abstände der mit "**STÄBE ANGEBEN**" angekoppelten Stäbe bleibt bei der Membranverschiebung 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 Mausklicks ausgewählte oder alle in der Ebene liegenden 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.

5.6 UMWANDLUNG VON BALKEN IN SCHALENELEMENTE (🔲)



Mit der Funktion „**TRANSFORMIERE TRÄGER ZU SCHALENELEMENTEN**“ (🔲) können Träger auf Knopfdruck ohne jeden Aufwand zu ebenen Schalenelementen ummodelliert werden.

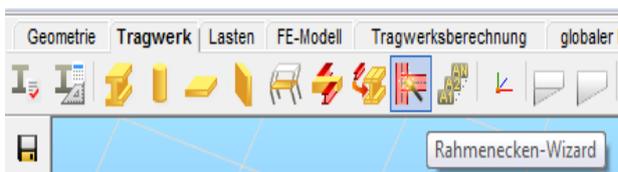
Diese Funktion ist anwendbar bei Stahlträgern mit folgenden Querschnitten:

- 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 Schalenelementen 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 Schalenelementen 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)

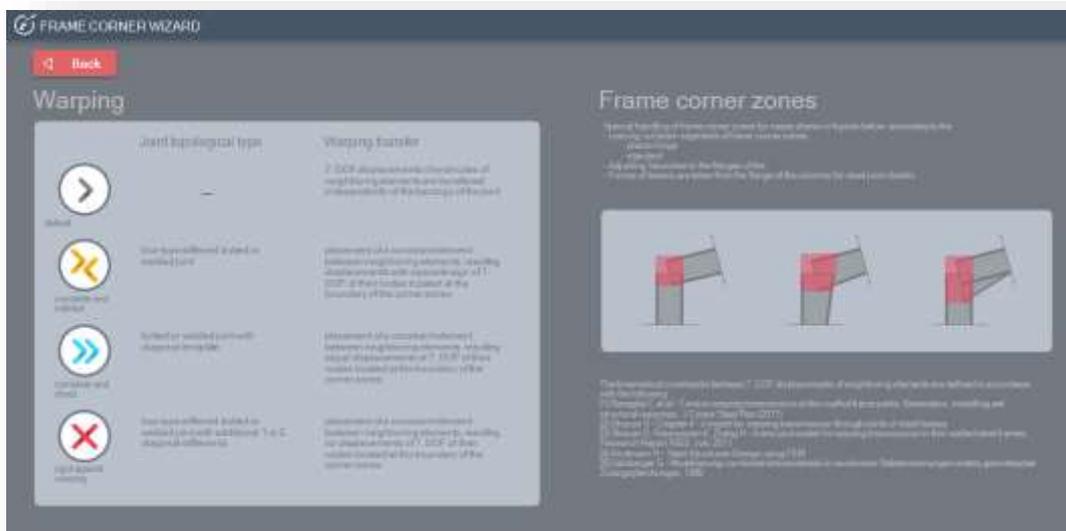
Bereits definierte Eckzonen können auch wieder deaktiviert werden.

#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**.

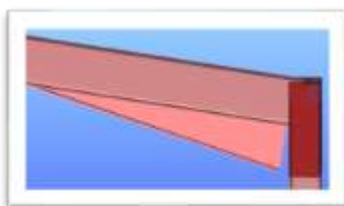
- #4 **Standarddeckmodell**
der 7. Freiheitsgrad (Verwölbung) benachbarter Stäbe wird unabhängig von der Stabtopografie der konstruktiven Eckausbildung 1:1 übertragen
- #5 **geschraubte oder geschweißte Ecke mit zwei Horizontalsteifen**
der 7. Freiheitsgrad (Verwölbung) benachbarter Stäbe wird mit umgekehrtem 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:**

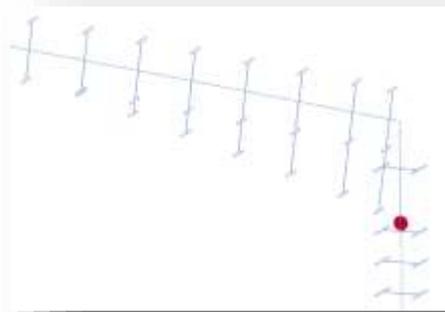


die Voute (und damit der biegeelastische Träger) beginnen am Ende des abgetrennten Schubfeldes, was im folgenden Bild dargestellt ist.

▪ **Stabilitätsanalyse:**

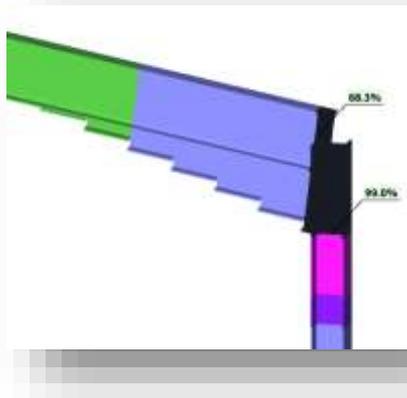
die (automatisch erstellten) finiten Elemente innerhalb der Überlappungsbereiche an den Eckknoten werden bei der Stabilitätsanalyse ausgeklammert (als würden sie nicht zu dem Gesamt- oder Teilmodell gehören), denn in diesen Bereichen kann (Biegedrill)-Knicken nicht auftreten und daher beginnen die Knicklängen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



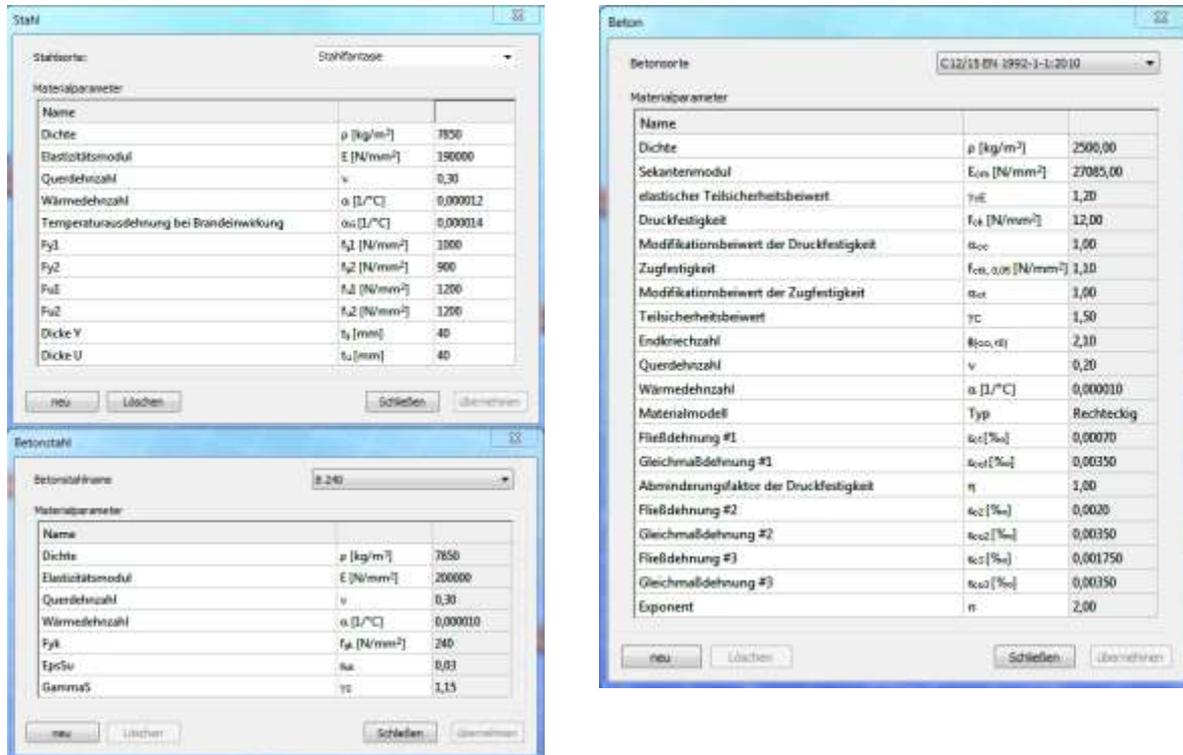
Grundsätzlich stehen drei Materialgruppen zur Verfügung:

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.



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 SOLLEN, MÜSSEN FOLGLICH MEHRFACHE 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.

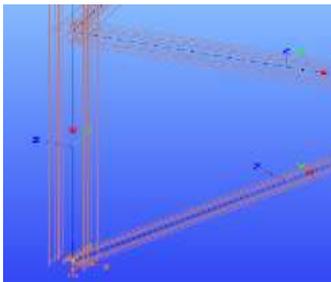


Grundsätzlich stehen drei Lagertypen zur Verfügung:

- ✓ **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.

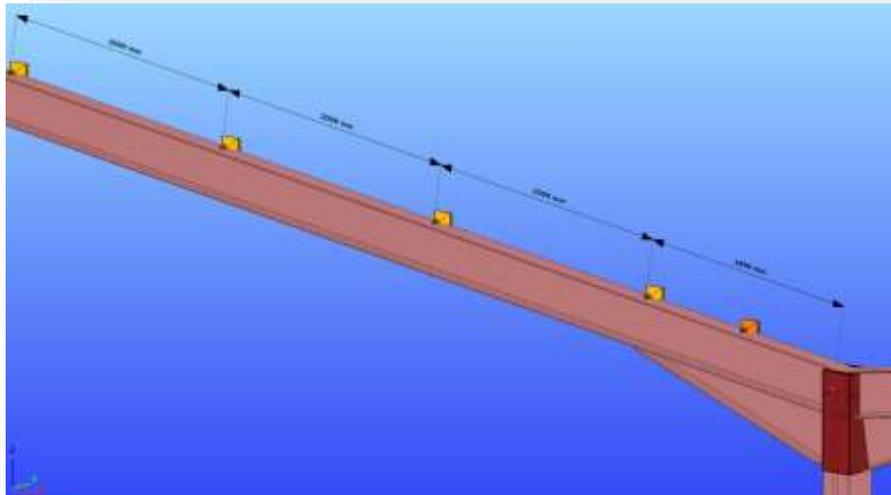


Unbedingt ist zunächst das geeignete Koordinatensystem auszuwählen (s.o.).

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.

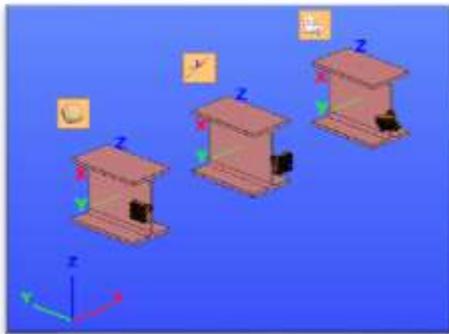
Das erste Lager wird am Anfangspunkt (A) des Trägers und die weiteren gemäß ihren Distanzangaben (siehe Beispiel im Dialog) gesetzt. Wenn sich eine Rahmeneckenzone am Stabanfang befindet, wird die erste Distanz vom Rand der Rahmenecke gemessen.



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

5.9.2.1 KOORDINATENSYSTEME

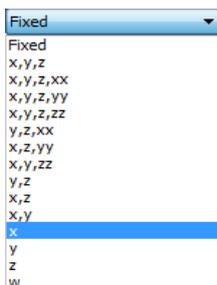
Das Koordinatensystem bestimmt die effektiven Lagerungsrichtungen. Die Auswirkungen im globalen (☺), lokalen (☐) oder Benutzer-Koordinatensystem (☒) zeigt folgendes Bild:



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



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. Beispielsweise bedeutet „x, y, z, xx“ im lokalen Koordinatensystem ein festes Gabellager und „fixed“ (fest) entspricht einer wölbverhinderten Festeinspannung.

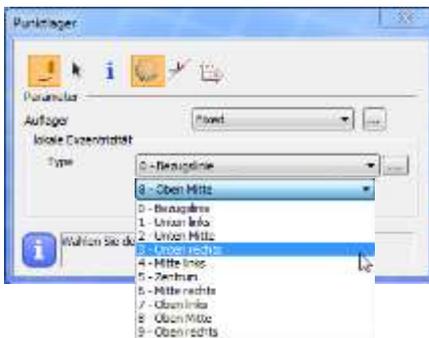


Mit dem **“MEHR”** (☰)-Icon und dem **“NEU”**-Schalter können neue Lagerungsbedingungen erstellt werden. Die 7 Freiheitsgrade können individuell einzeln als frei, fest oder elastisch definiert werden. Bei elastischer Lagerung (Feder) sind Eingaben in kN/mm (Wegfeder) oder kNm/rad (Drehfeder) erforderlich.

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.

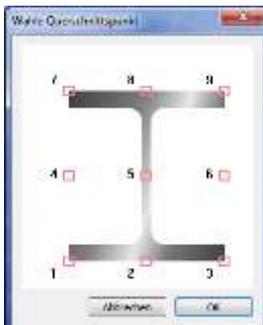
Lageangaben **relativ zur Querschnittsgeometrie** sind auf zwei Arten möglich:

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

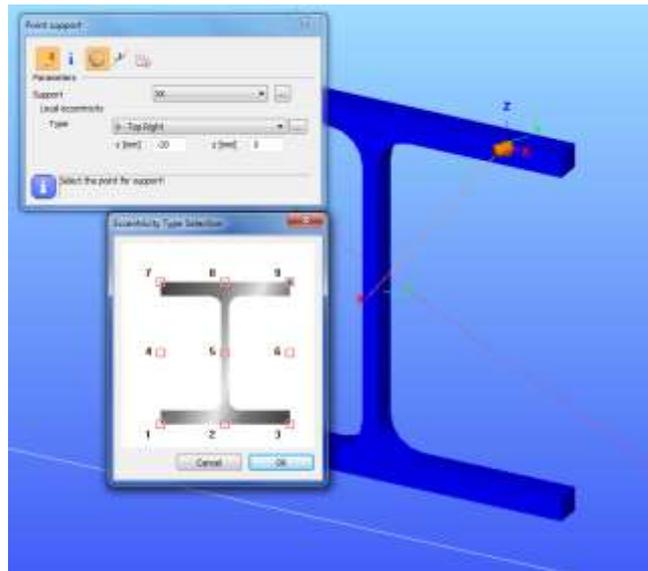
Die Lage **“0 - Bezugslinie”** ist nur aus dem Klappenmenü wählbar.

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:

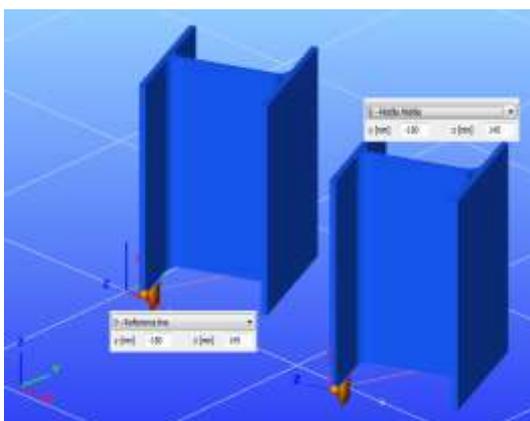
durch die Referenz zur Bezugslinie bleiben zusätzlich angegebene Exzentrizitäten (z.B.: eine y-Exzentrizität) der Lagerungspunkte bei Veränderung der Bezugslinie sowie des Querschnittes weiter relativ zur (neuen) Bezugslinie und nicht zum Querschnitt.

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

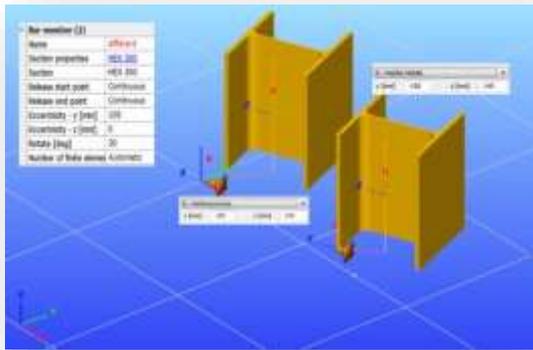


Beispiel 1:

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:

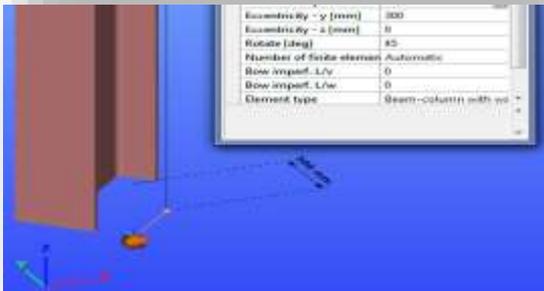
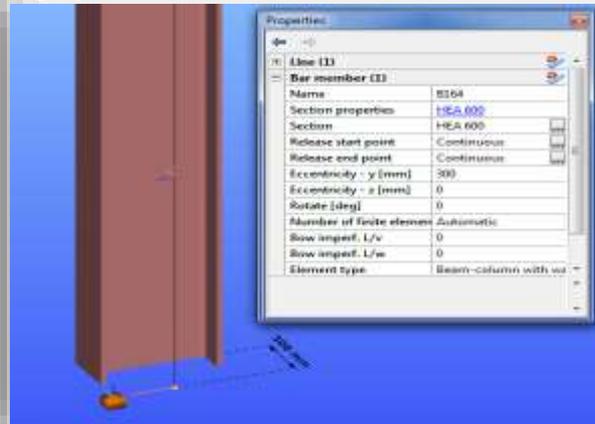
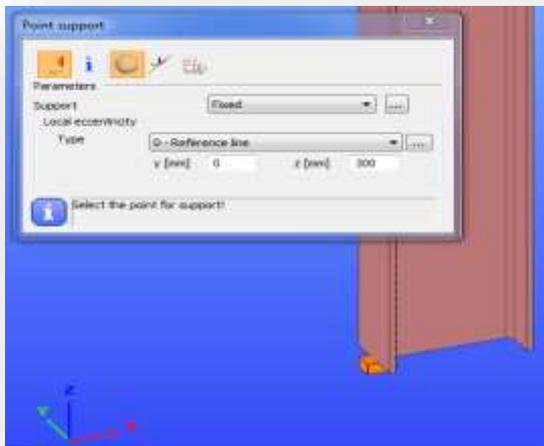


Im linken Fall bleibt die Lagerung an alter Stelle, da sie auf die Bezugslinie referenziert ist.
Im rechten Fall wandert die Lagerung mit der Stützenlage, da sie an einen Querschnittspunkt gekoppelt ist.

Beispiel 2:

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

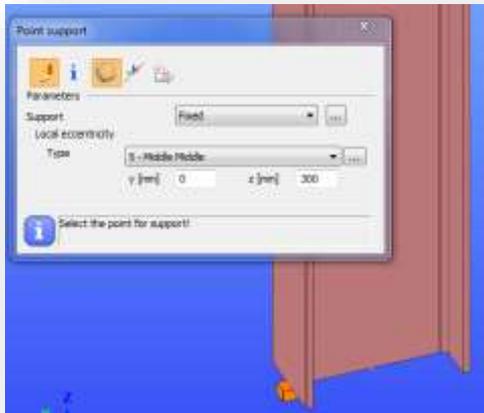
Ändert man nun (über die Objektabelle) die **Lage der Stütze** im **LKS** auf $y=300$ mm relativ zu ihrer Bezugslinie, dann bleibt die Position des Lagers (im GKS) erhalten. Die Stützenlage hat sich von der Lagerposition entfernt!



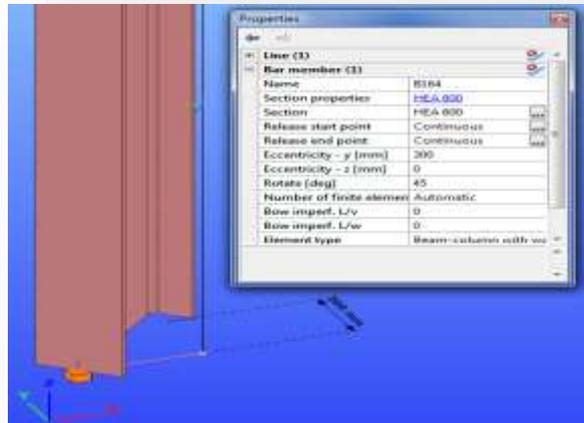
Wird jetzt die Stütze noch 45 Grad gedreht, dann verschiebt sich auch das Lager. Die Richtungen der lokalen Lagerachsen bleiben aber parallel zu den Achsen des GKS, weil das Lager in diesem KS positioniert wurde.

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.

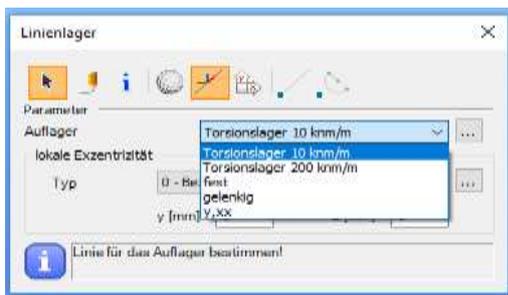


Zusammenfassend gilt:

- (1) Für jeden Typ 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 (📏):

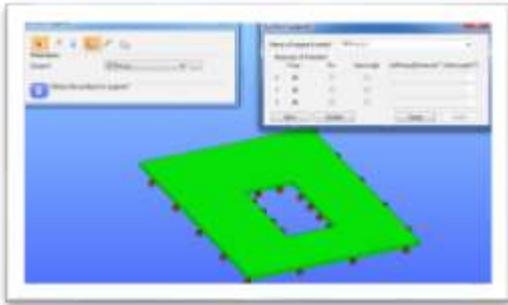
Das Linienlager wird an einen Rand einer Fläche (Außenrand oder Lochrand) oder an die Längsachse eines Linienelementes mit der Maus platziert.

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 KOPPELELEMENTE (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

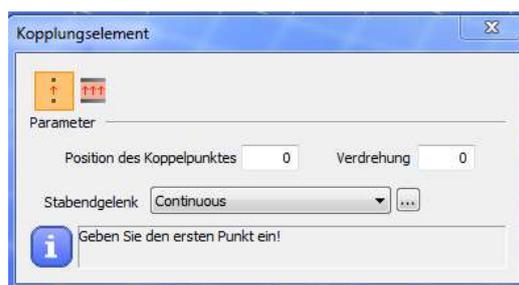
► **Freiheitsgrade der Kopplung:**

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

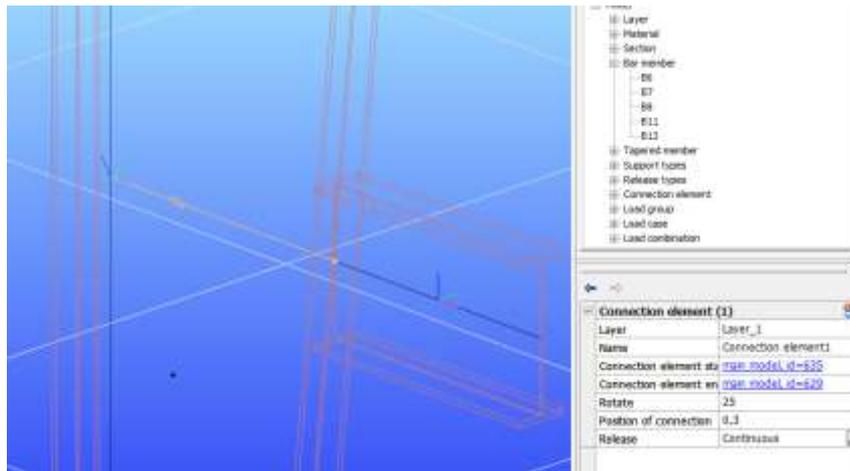
Zwei Kopplungselemente stehen zur Verfügung.

5.10.2 VERBINDUNG ZWEIER STRUKTURPUNKTE ()

Zwei Strukturpunkte mit gegenseitigen Verformungsabhängigkeiten werden mit diesem Element gekoppelt.

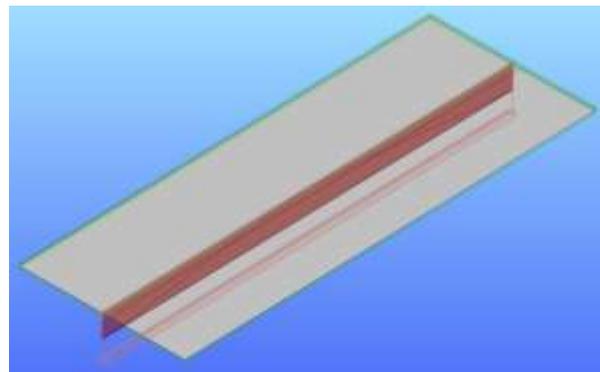
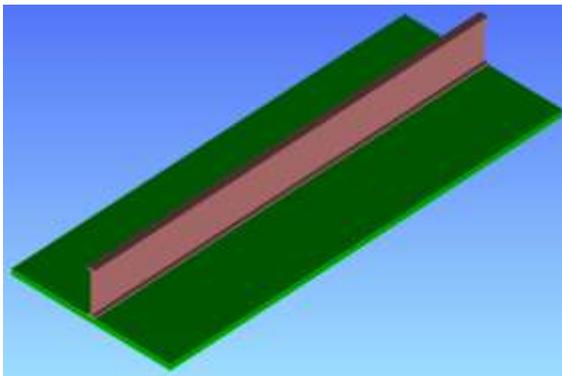


Wenn beispielsweise ein Kragträger biegesteif an eine stark gevoutete Stütze (Bild unten) angeschlossen wird, sollten die Referenzachsen beider Träger nicht direkt **gekreuzt**, sondern ein **Koppelement dazwischen geschaltet** werden. Auf diese Weise werden die Beanspruchungen genauer als bei direkter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



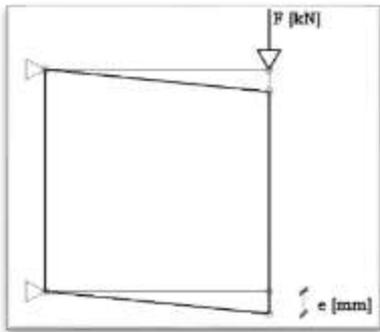
5.11 SCHUBFELDAUSSTEIFUNG ()

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 Gesamtbleches 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:**

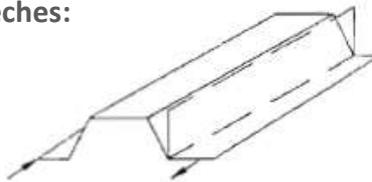


jede Sicke befestigt

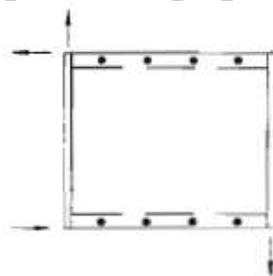


alternierende Befestigung

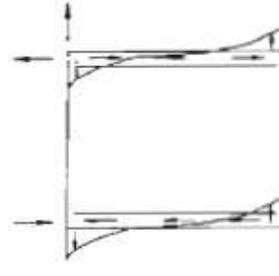
- **Schubverformung des Bleches:**



- **Verformung der Befestigungen:**

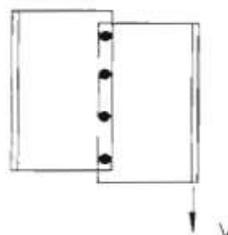


echtes Schubfeld
(vierseitig befestigt)



unechtes Schubfeld
(zweiseitig befestigt)

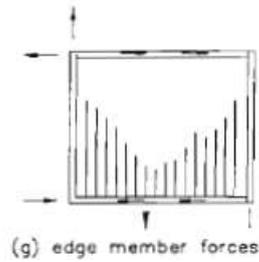
- **Relativverformungen zusammengesetzter Tafeln**



- 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:

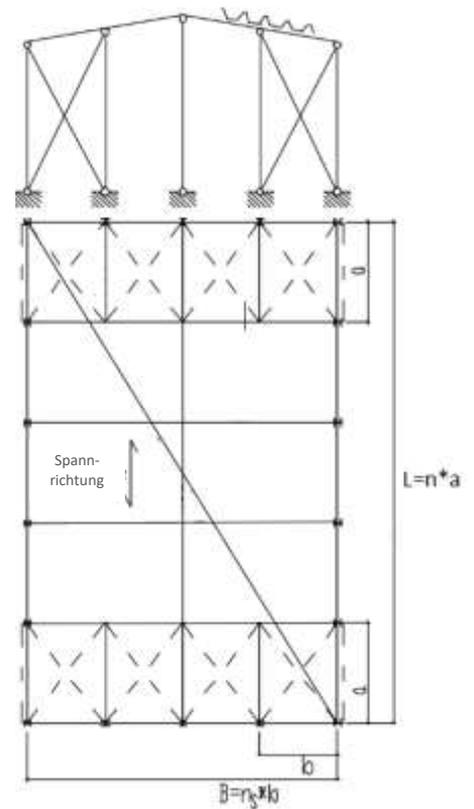
Hersteller	Berechnungsmodell	Formel
Hösch	DIN 18807, Schardt/Strehl	(1)
Fischer	verbesserte Schardt/Strehl Methode	(2)
Arcelor	Bryan/Davies	(3)
Lindap Pruszinsky	EuroCode (Quelle unbekannt)	(4)

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]

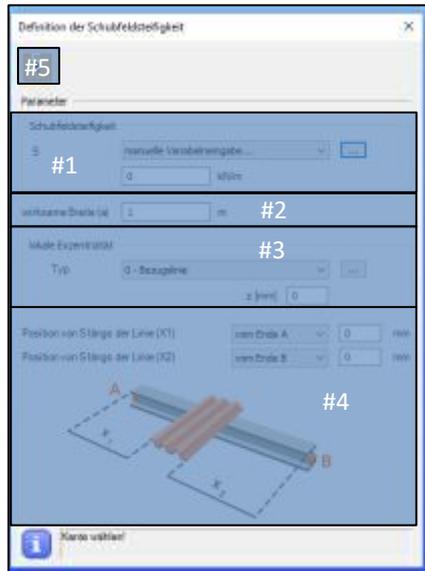
b_{roof}: Schubfeldweite in Richtung der Sicken [mm]

Diese Berechnung ist auch für unechte Schubfelder (Befestigung nur an den beiden Querrändern) anwendbar.

5.11.3 SCHUBFELDEINGABE

5.11.3.1 BENUTZERDIALOG

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 SCHUBFELDSTEIFIGKEIT“** (siehe Kapitel 5.11.3.2) 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 5.11.3.2)
- #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:

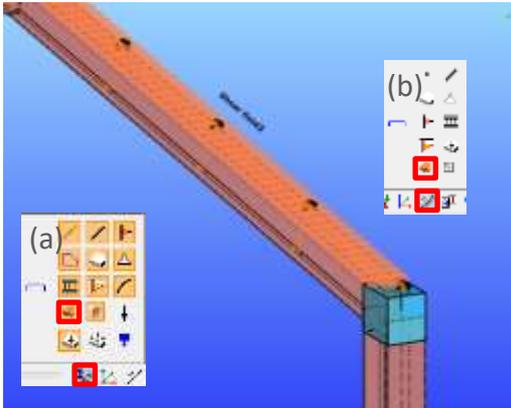
X_1 :

- 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_2 wird vom Startpunkt des Trägers gemessen
- d. **von Ende B des Bauteils:**
der Abstand X_2 wird Endpunkt des Trägers gemessen
- e. **relativ:** X_2 relativ zu X_1

#5 Mit dem (☑)-Schalter werden durch Mausclick 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.

5.11.3.2 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.

wähle Trapezblechquerschnitt

Querschnittsdatenbank

- [-] Negativlage
 - FI 100/275
 - FI 100/275/Special fixing
 - FI 100/275/Special fixing-0.75
 - FI 100/275/Special fixing-0.88
 - FI 100/275/Special fixing-1
 - FI 100/275/Special fixing-1.25
 - FI 100/275/Special fixing-1.5
 - FI 100/275-0.75
 - FI 100/275-0.88
 - FI 100/275-1
 - FI 100/275-1.25
 - FI 100/275-1.5
 - FI 135/310
 - FI 135/310
 - FI 135/310
 - FI 135/310

#1

Profilparameter

Name	Parameter	K1	K2	K1*	K2*	Lsmin	Anmerku...
FI 100/275	hw= 100,0 mm, t= 1,5 mm, ...	0,1	6,8	4,2	1,9	0,0	0

importieren

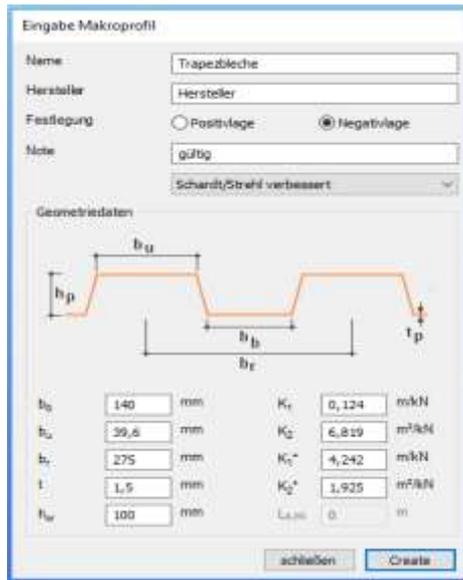
geladene Profile

Name	Hersteller	Berechnungsmethode	Layer
T 100.1 A/Special fixing-0.75	Hoesch	Schardt/Strehl/DIN 18809	Positivlage
LTP100-0,5	Lindab	EC	Negativlage
T35 galvanized-0.7	Pruszinsky	EC	Positivlage
100/275 AK	ArcelorMittal	Bryan/Davies	Positivlage
FI 100/275	Fisher	Schardt/Strehl verbessert	Negativlage

#3

- #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.



b_u	140	mm	K_1	0,124	mkN
b_b	59,6	mm	K_2	6,819	m ² /kN
b_e	275	mm	K_3	4,242	mkN
t	1,5	mm	K_4	1,925	m ² /kN
h_w	100	mm	L_{eff}	0	m

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.

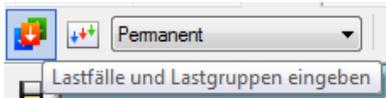
6 EINWIRKUNGEN

6.1 GRUNDLAGEN

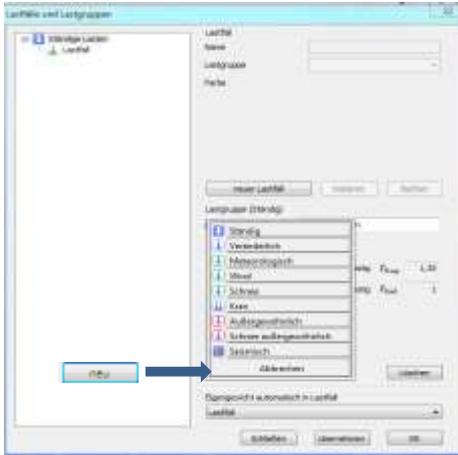
Die Definition der Einwirkungen auf die Tragstruktur ist eine der wichtigsten Modellierphasen. Im Gegensatz zur Strukturerstellung (→Kap. 5) wird die Modellierung der Einwirkungen sehr genau von den einschlägigen Normen und Nationalen Anhängen (NA) vorgeschrieben, denn korrekte Angaben hierzu sind ein 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.

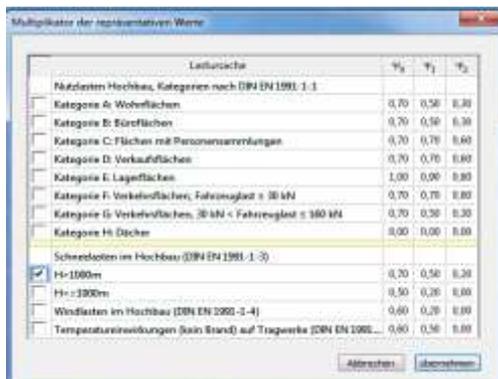


Für schnelle Berechnungen bietet CS je einen vordefinierten Lastfall und eine -gruppe. Jede Lastgruppe kann beliebig viele Lastfälle enthalten.

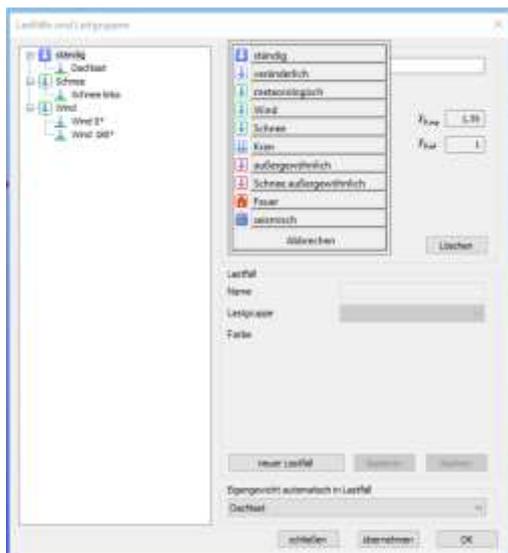
Zur automatischen Erzeugung korrekter Einwirkungskombinationen sind korrekte Lastgruppen unersetzlich.

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 Auswahbox 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	Grenzzustand	LP01 Eige...	LP02 Sch...	LP03 Sch...
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	(ULS) Tragfähigkeit	1	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“** ().

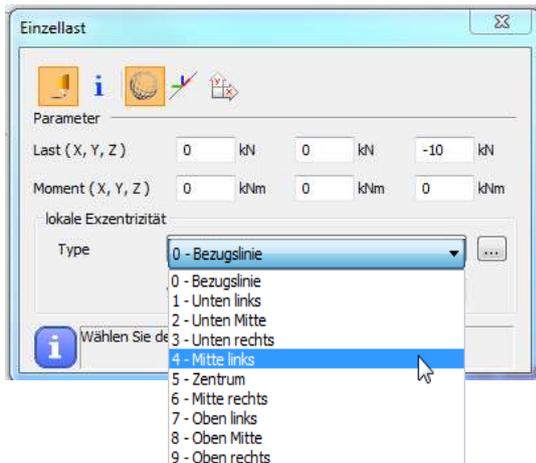
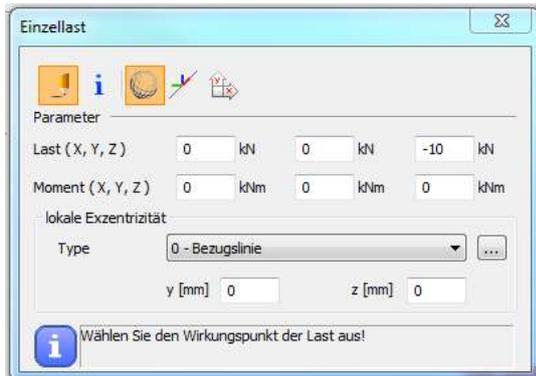
Sehr wichtig ist die korrekte Kennzeichnung jeder Lastfallkombination hinsichtlich (ULS)-Tragfähigkeit- oder (SLS)-Gebrauchstauglichkeit in der Spalte **Grenzzustand**.

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.

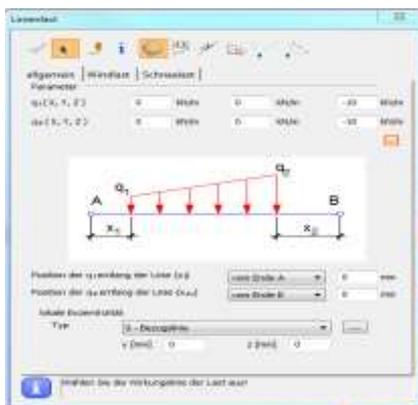
Besonders wichtig ist die Berücksichtigung von Lastexzentrizitäten im Trägerquerschnitt. Beispielsweise hat der Lastangriff am Ober- oder Untergurt eines Trägers erheblichen Einfluss auf das räumliche Stabilitätsverhalten (Biegedrillknicken) und erzeugen bei Berechnungen nach Theorie 2. Ordnung zusätzliche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



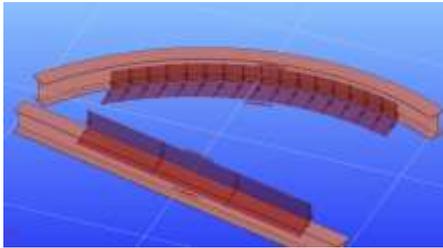
Linienlasten können im **globalen** (), **lokalen** () oder **Benutzer-Koordinatensystem** () platziert werden. Weiterhin verwendet man die **globale Projektion** () zur Anbringung von (auf die Grundfläche bezogene) Schneelast auf geneigte Linien.

: 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.

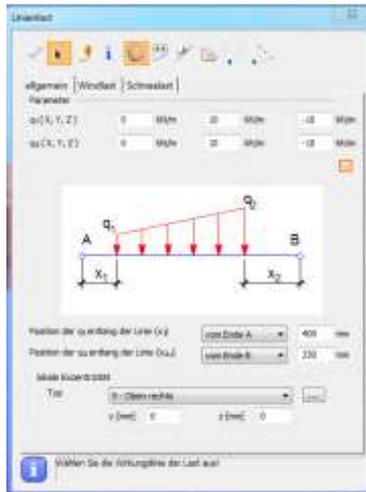
Bei Linienlasten, die nur auf eine Teillänge von Linienobjekten gesetzt werden sollen, sind zwei Methoden möglich:

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



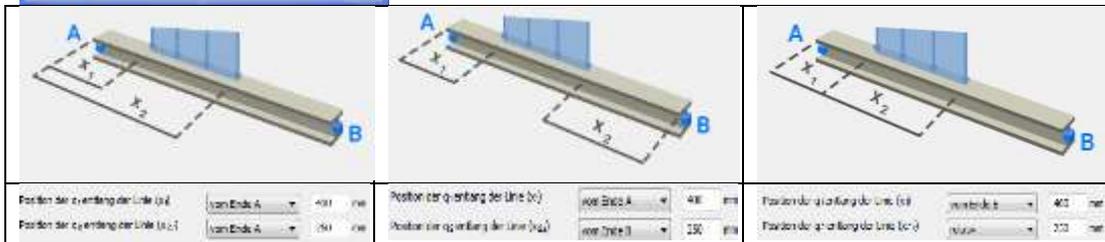
Setzen Sie einen Start- und Endpunkt auf die Linie. Dies ist mit Hilfe der passenden **“ZEICHNEN”**- Option möglich. Für gekrümmte Strukturobjekte stehen besondere Objekte (📏) zur Verfügung.

(1) **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 **i**-Icon können die Attribute einer vorher markierten Linienlast ausgelesen und Dialogfenster übernommen werden.

6.4.2.2 LINIEN-WINDLAST



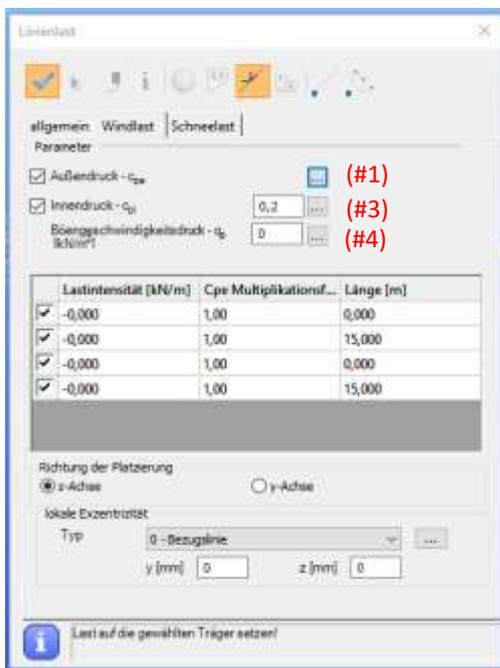
Ausdrücklich wird hier darauf hingewiesen, dass mittels des automatischen 3D-Windgenerators (🌀) (→ Kap. 6.7) die Windlinienlasten in einem 3D-Strukturmodell erheblich komfortabler erstellen lassen!

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, allerdings 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.



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

helastete Fläche - Δ l 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

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

Grundbedirchtung (360°) im globalen Koordinatensystem: 45

Gebäudeabmessungen zur Grundbedirchtung:

parallel - a_g [m]: 6

senkrecht - b_g [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.

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

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

Böengeschwindigkeitsdruck

Geschwindigkeitsdruck 1 (#5)

Referenzhöhe - Z_e [m]: 0

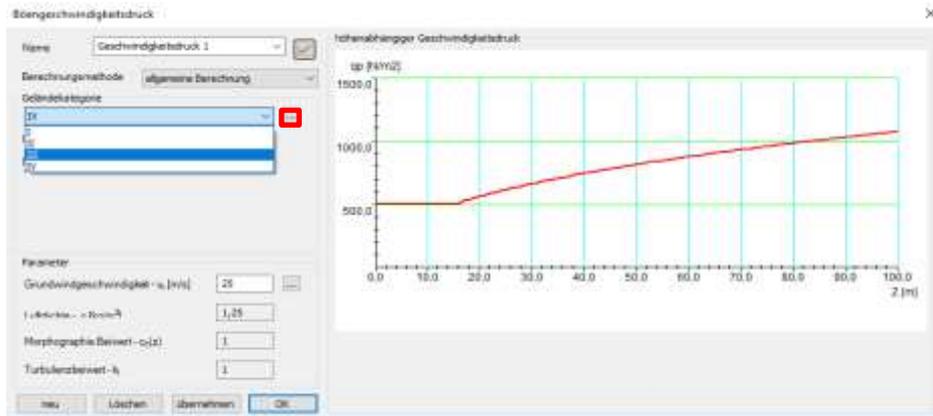
Böengeschwindigkeitsdruck - q_p [kN/m²]: 1,1

Abbrechen OK

Das Icon (#4) öffnet den Dialog zur Bestimmung des Böengeschwindigkeitdruckes 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.

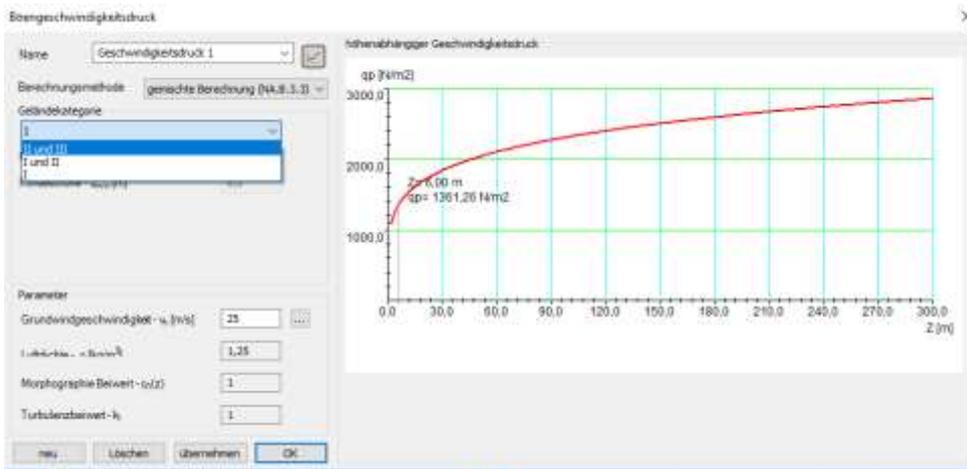
Im Folgenden werden die umfangreichen Möglichkeiten des *deutschen NA's* beschrieben, wobei die NA-unabhängige Vorgehensweise des EuroCodes der „*allgemeinen Berechnung*“ entspricht.

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

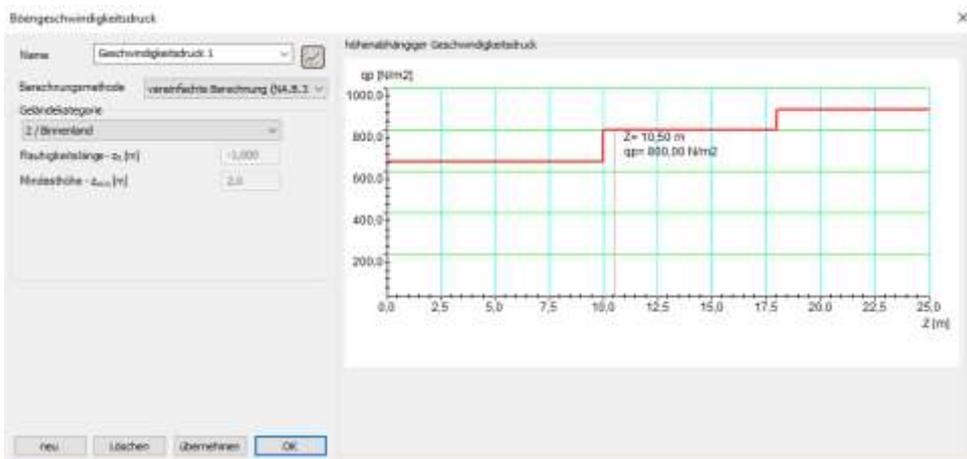


Das Icon () zeigt eine Grafik mit textlicher Erläuterung der Geländekategorien

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



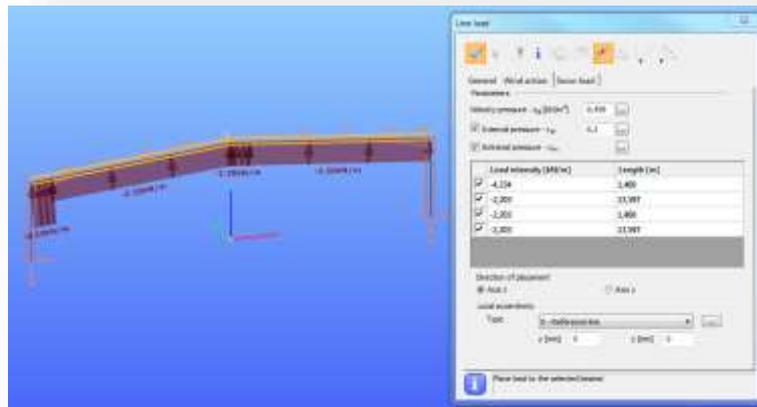
(3) vereinfachte Berechnung für Gebäudehöhen bis 25 m über OK Gelände:



Bei um 90° um die Trägerachse gedrehten Querschnitten ist 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.

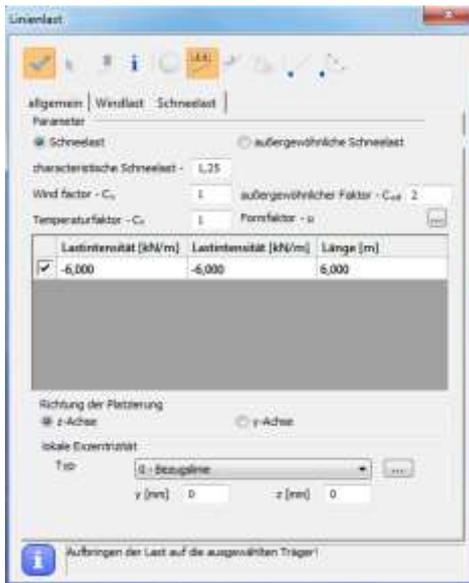


ZUR KORREKTEN PLATZIERUNG DER WINDLASTEN (WINDRICHTUNG!) IST UNBEDINGT VOR DER PLATZIERUNG ZU ÜBERPRÜFEN, DASS IM BENUTZTEN KOORDINATENSYSTEM DIE LOCALE Achse (z/BLAU) ODER y/GRÜN) AUS DEM GEBÄUDE HERAUS ZEIGT!

6.4.2.3 SCHNEE-LINIENLASTEN

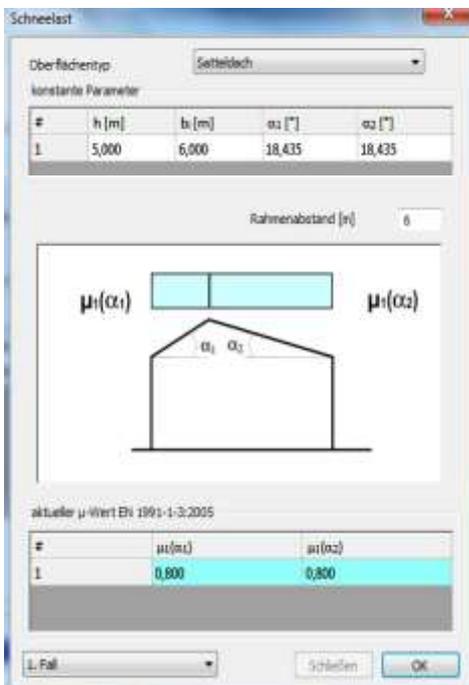
Der halbautomatische Generator für die Schnee-Linienlasten erleichtert die Erstellung für die drei Schneelastfälle. Es müssen nur Basisdaten eingegeben werden und **CS** berechnet automatisch die Schneelasten.

- ☞ 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.

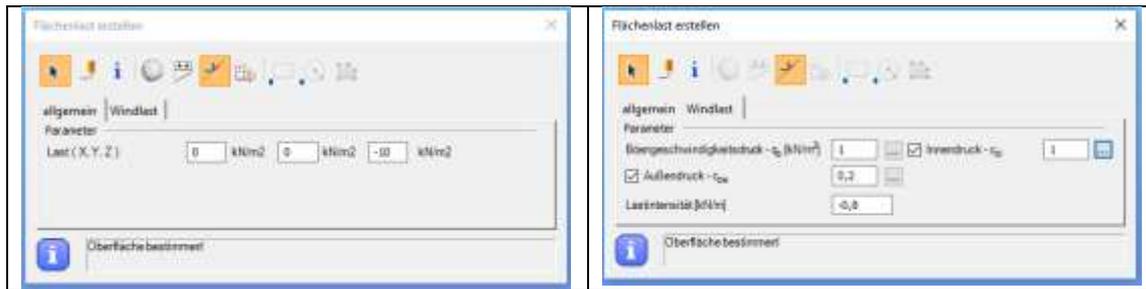
Mit **“OK”** schließt man die Eingabemaske und kehrt in den Hauptdialog zurück.

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

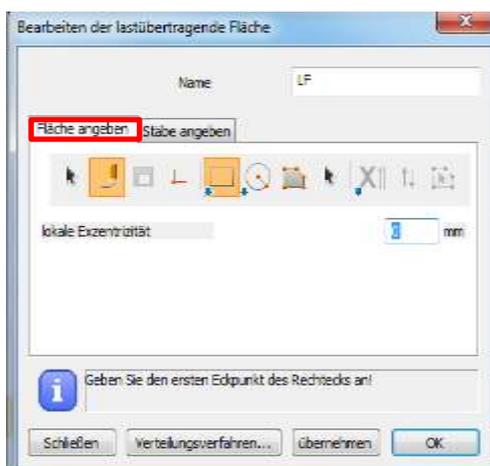
6.4.4 LASTÜBERTRAGUNGSFLÄCHEN ()

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.

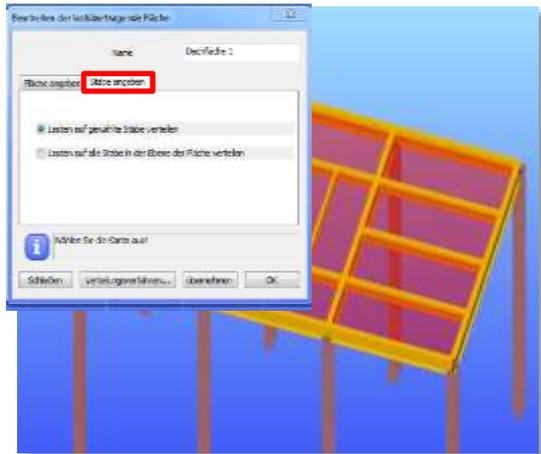
6.4.4.2 ERZEUGUNG VON LASTÜBERTRAGUNGSFLÄCHEN



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.

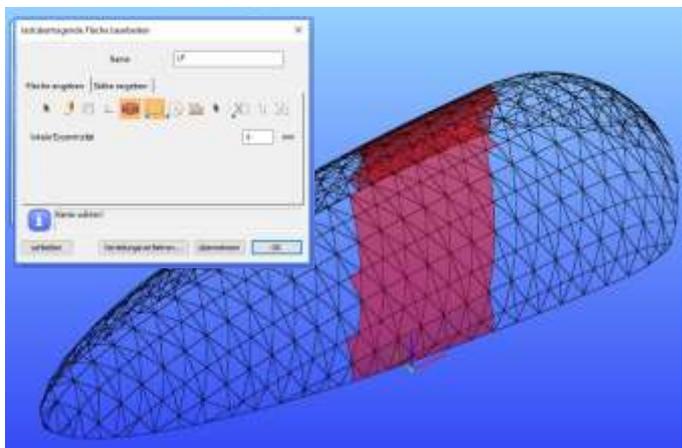


Nach Anlegen einer Fläche sind die lastübernehmenden Tragelemente zu bestimmen. Dazu erscheinen zwei Optionen:

- ✓ Verteilung der Last auf (durch Mausklücke) 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 Mausclick Einzelbauteile aus der bestehenden Auswahl entfernen.



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

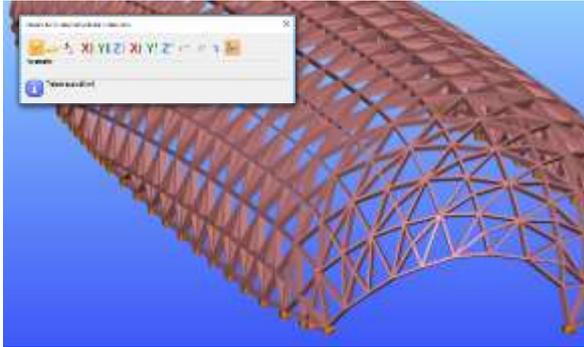
- 🔍 Ränder einer Lastübertragungsfläche müssen in einer Ebene liegen.

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.

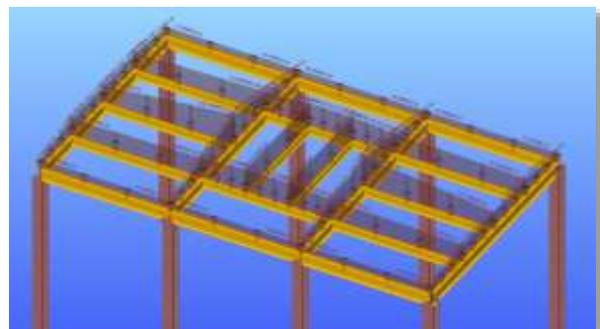
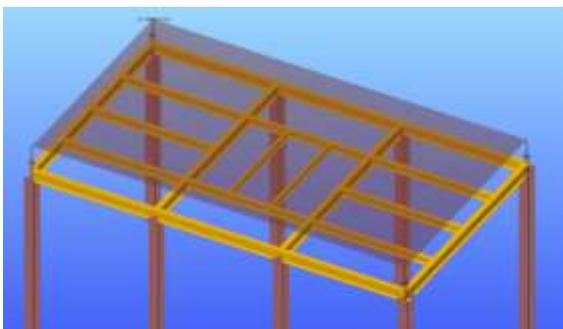
Die Flächenlasten und ihre unterstützenden Linienlasten sind auf 2 Arten sichtbar zu machen:

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	LT55
Flächenform ID	Hauptmodell, id=96398
Stäbe auswählen	gewählte Stäbe <input checked="" type="checkbox"/>
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 weitere hinzugefügt werden.

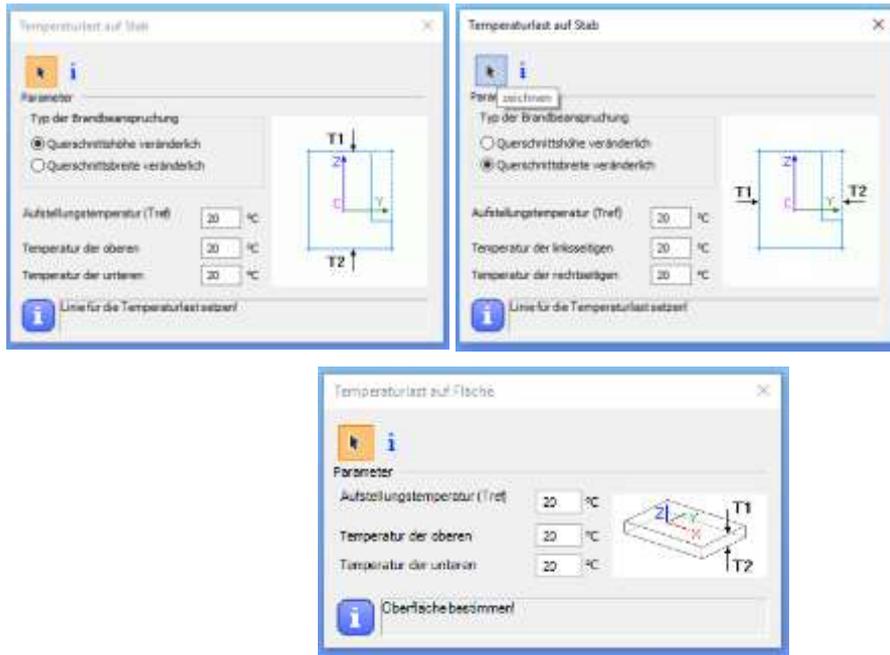
6.4.5 TEMPERATUR-EINWIRKUNG ()

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.



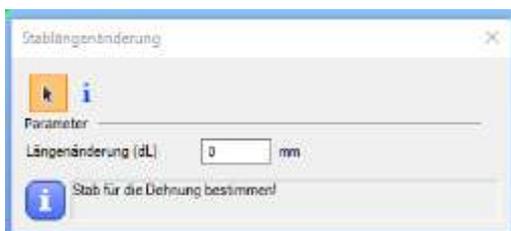
6.4.6 ZWANGSVERFORMUNGEN VON LAGERN ()



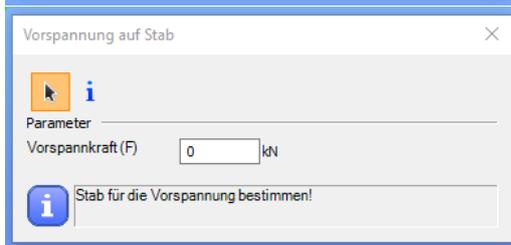
Alle Arten von Punktlagern können mit Zwangsverformungen (Verschiebungen/Verdrehungen) beaufschlagt werden.

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. Spanschloss) in einen Stab eingebracht werden.



Mit der Funktion "**VORSPANNUNG**" () kann ein Vorspannkraft F in einen Stab eingebracht werden.

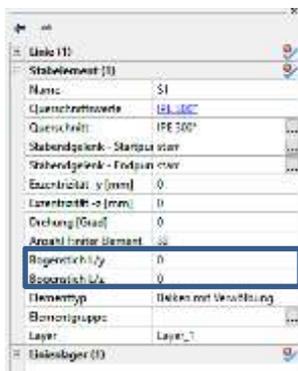
6.5 IMPERFEKTIONEN

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

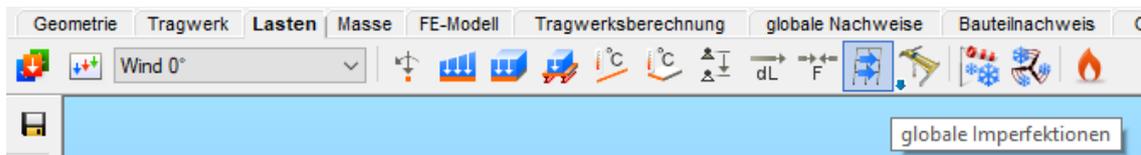


Lokale Imperfektionen werden in der Objekttable eines Stabes als auf die geometrische Länge des Stabes bezogene Werte eingegeben. Die Objekttable erscheint durch Markierung eines Stabes im Grafikeditor.

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



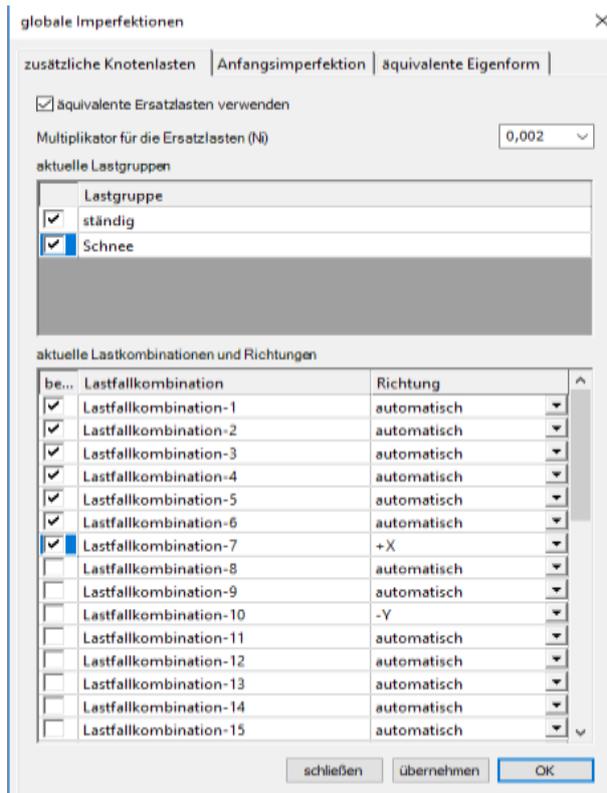
Mit der Funktion **„GLOBALE IMPERFEKTIONEN“** () werden Vorverformungen für das gesamte Strukturmodell definiert, die erst später bei der Parametereingabe der Tragwerksberechnung (→ Kap. 8.3) dem Tragwerk zugeordnet werden.

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!

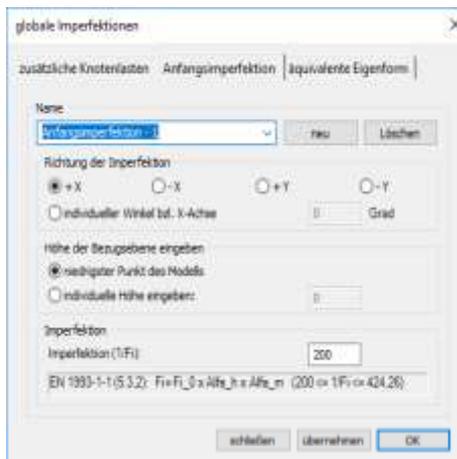


Die zusätzlichen Knotenlasten sind äquivalente Ersatzlasten, die am oberen Ende von Stützen angebracht werden, um Stützenschiefstellungen zu simulieren. Die globalen Richtungen können automatisch bestimmt oder manuell festgelegt werden.

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 (STÜTZENSCHIEFSTELLUNGEN)



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). Sie sind immer qualitativ bestimmt aber **in ihrer Größe beliebig!** Daher ist bei der Anwendung einer Eigenform als Vorverformungen deren absolute Größe festzulegen, was allgemein in DIN EN 1993-1-1 nicht enthalten ist. Allerdings ist die sinnvolle Anwendung von Eigenformen ohne geeignete DV-Programme 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. 8.5.1.3)

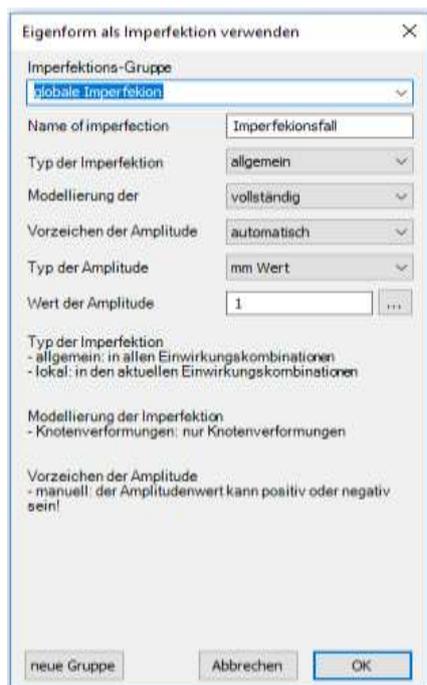


In der Rubrik **“EIGENANALYSE”** des Tabulators **“TRAGWERKSBERECHNUNG”** werden für jede Lastfallkombination und jeden Eigenwert die zugehörigen Eigenformen grafisch dargestellt.



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 Einwirkungskombinationen 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:**

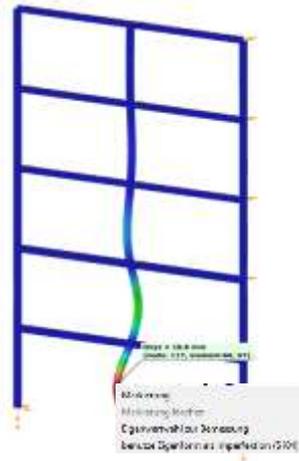
- **mm Wert:** der maximale Wert [mm] der Vorverformung ist inkl. Vorzeichen explizit anzugeben: Alle zugehörigen Verformungswerte der Vorverformung werden maßstäblich angepasst.
- **Multiplikationsfaktor:** die Verformungswerte der Eigenform werden mit dem Faktor multipliziert: (nicht empfohlen, denn 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.

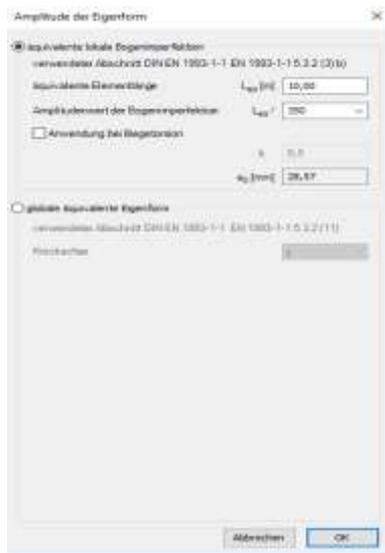


Mit einem Klick der **rechten** Maustaste direkt auf ein dominant verformtes Bauteil öffnet sich ein Auswahlfenster. Hier wählen Sie: **“BENUTZTE EIGENFORM ALS IMPERFEKTION”**. Zusätzlich ist die Stabnummer (hier: S104) angegeben.

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)



- **Biegeknicken**

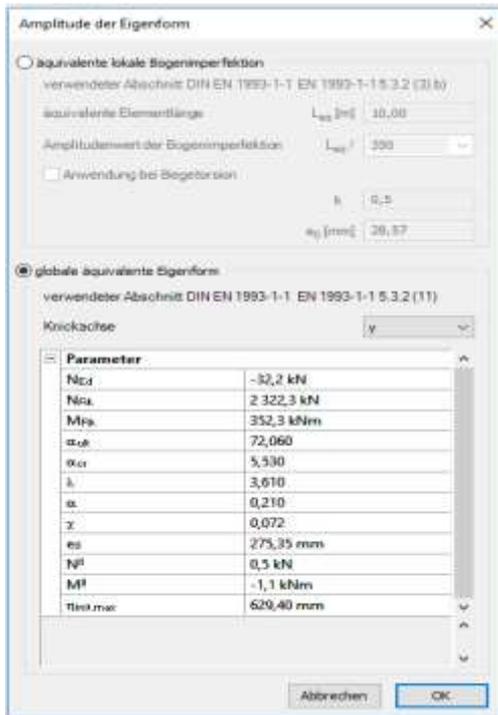
Diese Option benutzt die Angaben der EN 1993-1-1, 5.3.2(3)b bzw. (z.T.) stark abweichende Angaben gemäß des deutschen NA's zu **DIN EN 1993-1-1**. Es sind $e_{0,d}/L$ -Werte in Abhängigkeit der Knicklinie und der elastischen/plastischen Nachweisführung tabellarisch angegeben. Problematisch kann die Angabe (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



☞ 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:

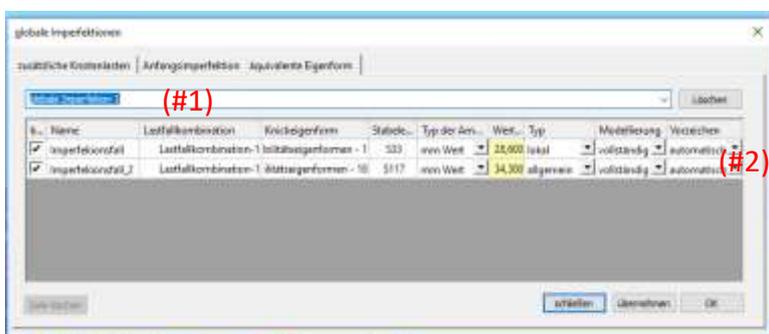
- i. **Normalkraft** [N_{Ed}] nach Theorie 1. Ordnung (ohne Imperfektion!),
- ii. wobei es sich um eine Druckkraft handeln muss
- iii. **Biegemoment** (M_y oder M_z , hier bezeichnet als M^I und als $EI\eta_{cr,max}$ im EC)
- iv. **Querschnittswerte** (Querschnittsklasse bei Druck, Fließspannung, Fläche, 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 ANWENDUNG GLOBALER IMPERFEKTIONEN

Zuvor erzeugte Imperfektionsgruppen und Imperfektionsfälle (benutzte Eigenformen) können mit dem Tabulator **„ANWENDUNG VON EIGENFORMEN“** im Dialog **„GLOBALE IMPERFEKTIONEN“** verwaltet werden.



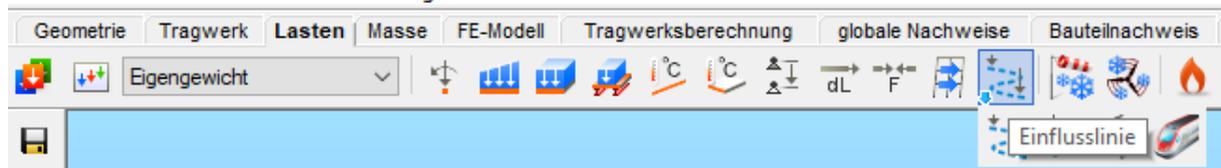
Im oberen Drop-Down-Menü (#1) kann zwischen den Imperfektionsgruppen gewechselt werden. Mit dem rechts davon befindlichen Schalter **„LÖSCHEN“** kann eine Gruppe gelöscht werden.

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

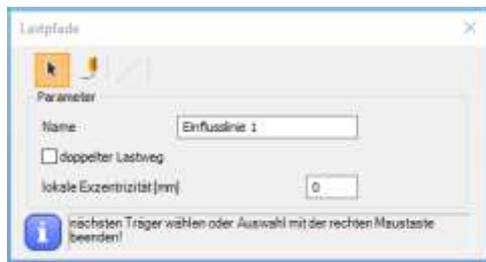
EuroCode basierte und benutzerdefinierte Kran- und Zuglasten können erzeugt und auf das vorher erstellte Strukturmodell manuell oder mittels Einflusslinien platziert werden.



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 benannten Einflusslinien aus dem Drop-Down-Menü (#1). Falls noch keine vorhanden ist, kann mit () eine neue 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.

-  Die **CS**-Version 12 erlaubt nur die Festlegung eines Trägerquerschnittes als Referenzpunkt der Einflusslinie!



Im Definitionsbereich (#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 in X-, Y- oder Z-Richtung (R)
 - 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“** (\rightarrow Kap. 6.6.1) und **„Einflusslinien“** (\rightarrow Kap. 6.6.2) werden die Berechnungen die Parameter der Einflusslinien definiert, wobei aber deren Berechnung im Rahmen der Tragwerksberechnung (\rightarrow Kap. 8) erfolgt!

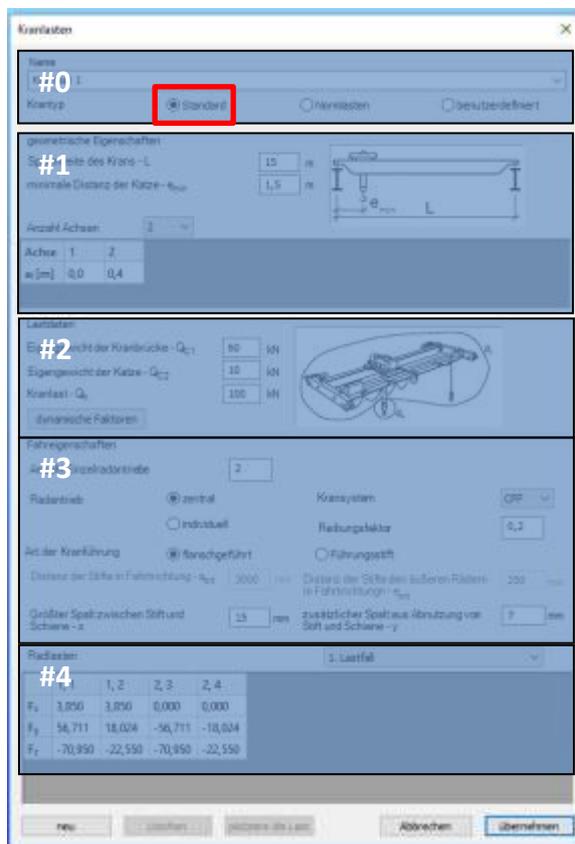
6.6.3 KRANLASTEN (📄)

Drei Typen für überkopffahrende Kräne können im Bereich (#0) des Kransdialogs 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

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):

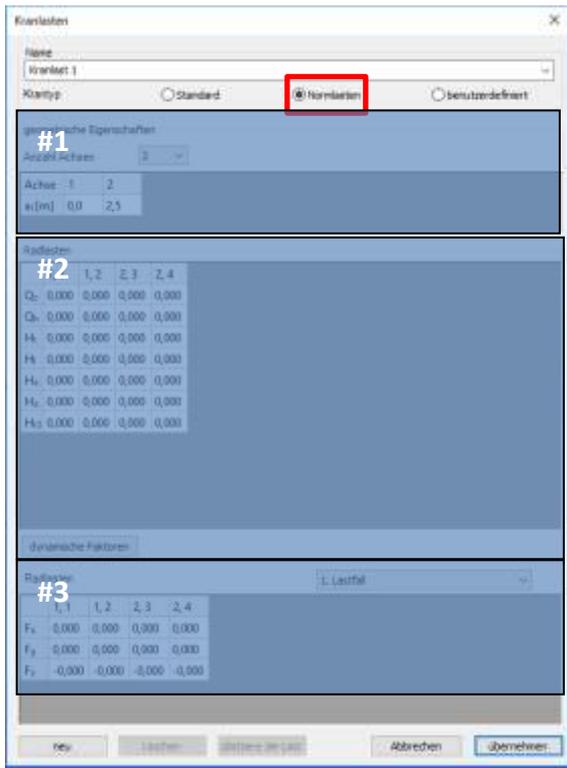
- ▶ Anzahl der **Einzelradantriebe**
 - ▶ **Radantrieb** (zentral oder individuell)
 - ▶ **Kransystem**; siehe DIN EN 1991-3
 - ▶ **Reibungsfaktor** (Schiene/Rad)
 - ▶ **Kranführung** (flansch-/stiftgeführt)
- Je nach Art der Führung sind weitere geometrische Angaben notwendig.

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



Geometrische Parameter:

- ▶ Anzahl der Achsen: (2 bis 10)
- ▶ Lage a_i [m] der Achsen

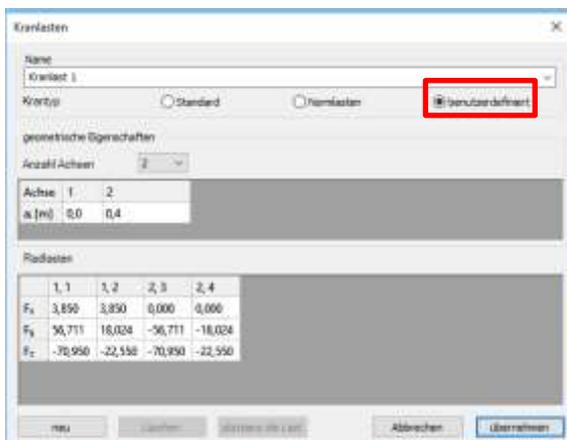
EC basierte Radlasten (#2):

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 BENUTZERDEFINIERT



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

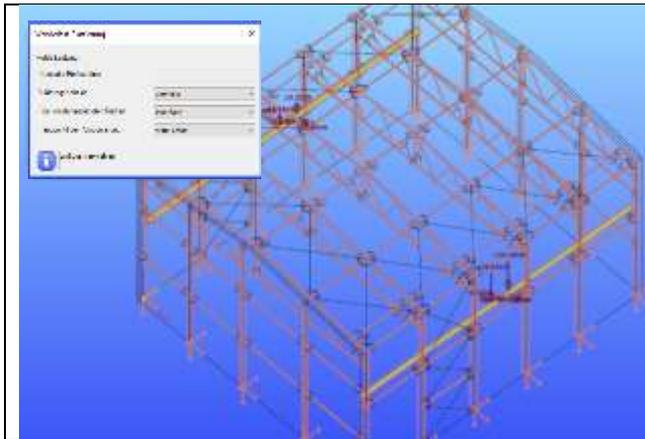
6.6.3.4 PLATZIEREN DER KRANLASTEN

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.

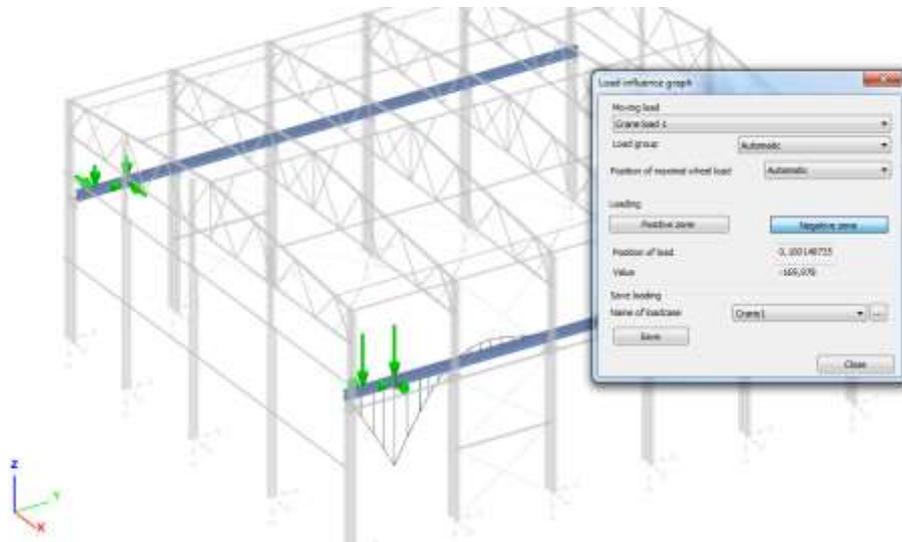


Zunächst muss ein Lastweg mit der linken Maustaste angeklickt werden. Im Dialog der Wanderlast-Platzierung bestimmen Sie die Richtung der Platzierung, die Position der maximalen Radlast und den Fangpunkt der Positionierung.

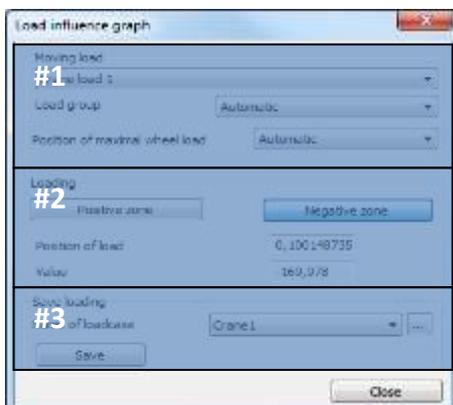
Dann bewegen Sie die Maus an die gewünschte Stelle des Lastweges und klicken hier erneut die linke Maustaste.

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):

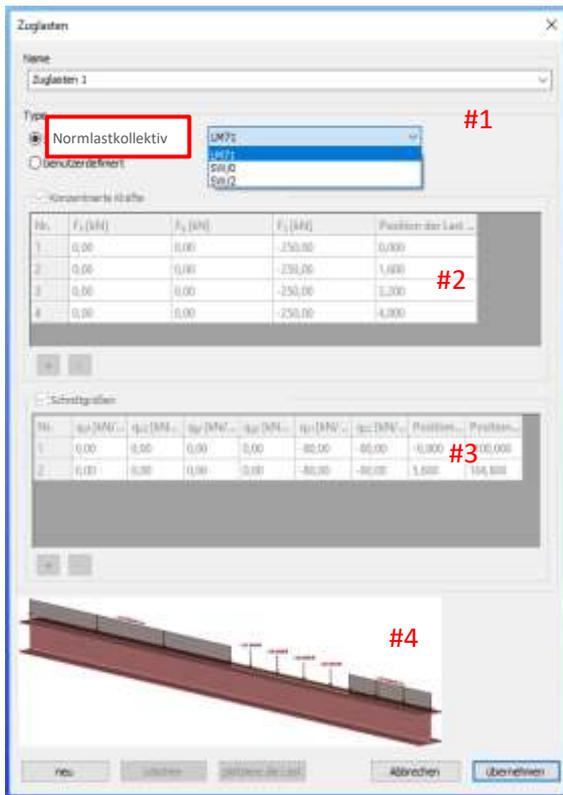
Das unter #2 platzierte Lastkollektiv kann als ein Lastfall unter einem Namen gespeichert werden. Mit dem Drop-Down-Menü kann ein bereits erzeugter Lastfall zum speichern gewählt werden oder man kann mit (☐) einen neuen Lastfall erzeugen.

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 (#1):

für das ausgewählte Lastkollektiv ist eine Name zu vergeben

Konzentrierte Kräfte (#2):

in der Tabelle sind die (nicht editierbaren) Einzellasten des Lastkollektivs zusammengestellt

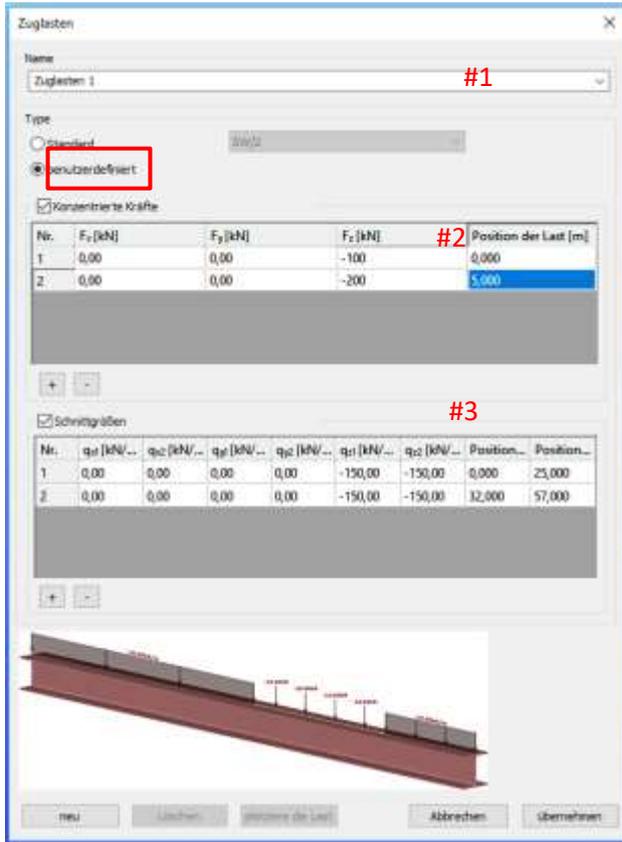
Linienlasten (#3):

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.

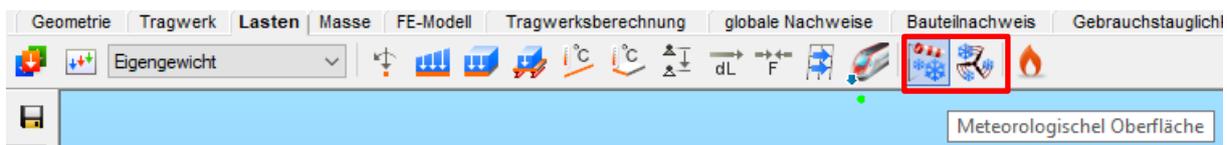
Zuglastkollektive werden analog zu Kranlastkollektiven im Strukturmodell platziert (→ Kap. 6.6.3.4).

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
<ul style="list-style-type: none"> ▪ EuroCode 1 (EN 1991-4 / NA'e) ▪ Spanische Norm (SE-AE) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ EuroCode 1 (EN 1991-3 / NA'e)

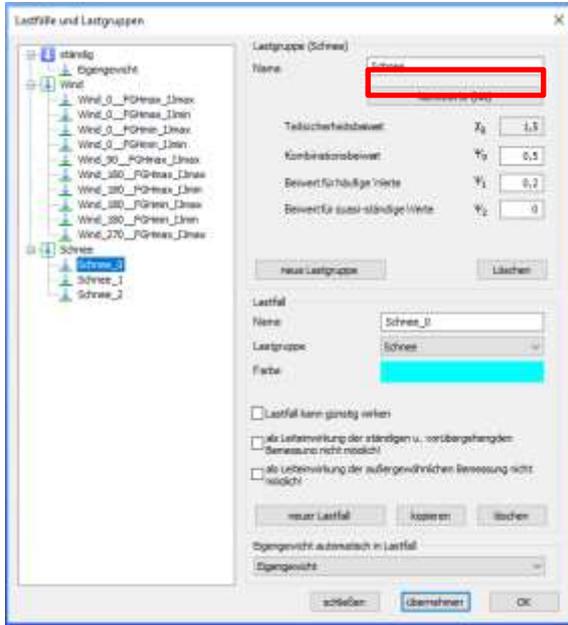
Die beiden relevanten Funktionen („METEOROLOGISCHE OBERFLÄCHE“ 🌪️❄️) und „WIND-/SCHNEEGENERATOR“ 🌪️❄️) befinden sich im Tabulator „LASTEN“:





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.

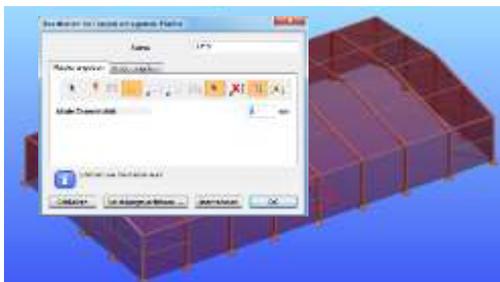
Die Sicherheitsfaktoren und Kombinationsbeiwerte werden dabei dem aktiven NA entnommen.

☞ Bei Höhenlage des Gebäudes oberhalb 1000m NN sind die Kombinationsbeiwerte der Schneelasten über den Schalter „**Normwerte (NA)**“ zu verändern.

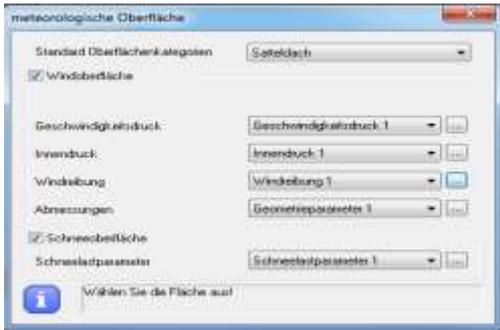
6.7.2 METEOROLOGISCHE OBERFLÄCHEN

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 dem (hier: Satteldach).

6.7.2.1 WINDLASTOBERFLÄCHEN

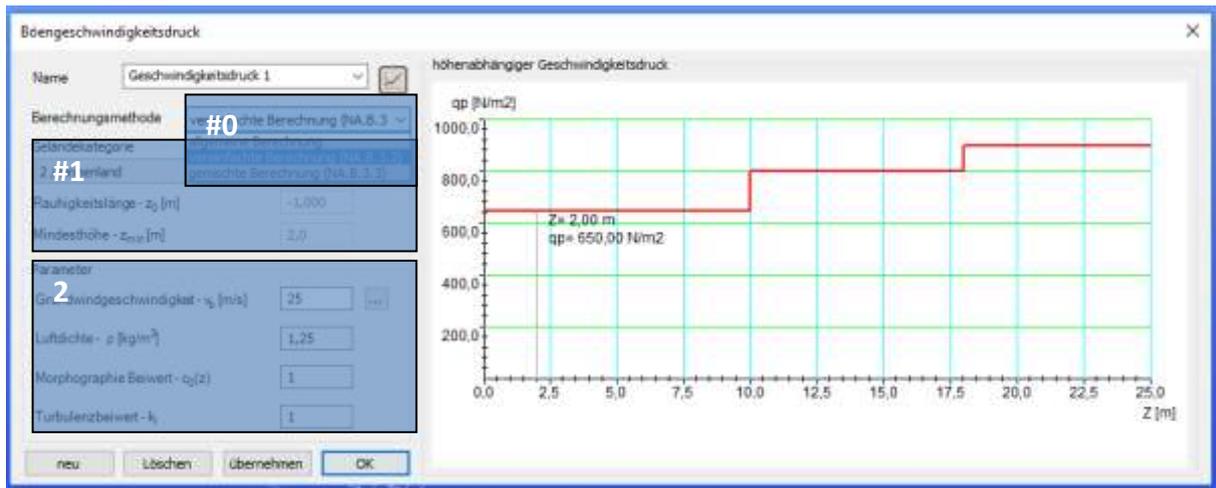
Vergleichen Sie dazu auch Kap. 6.4.2.2!

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)
- ✓ Rauiglängs (z₀) und Minimalhöhe (z_{min}) (je nach NA nutzbar)

► Parameter (#2)



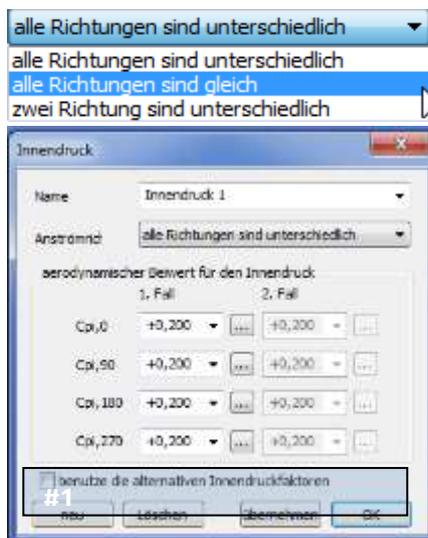
Alle Parameter werden aus dem aktiven NA gelesen (nur die je nach NA weiß unterlegten sind manuell veränderbar), jedoch muss die Grundgeschwindigkeit (v_b) eingegeben werden. Zur grafischen Bestimmung von (v_{b,0}) benutzt man (☰). Es öffnet sich ein Dialog zur Bestimmung der nationalen Winddruckkarte:



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 Klappenmenüs 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.

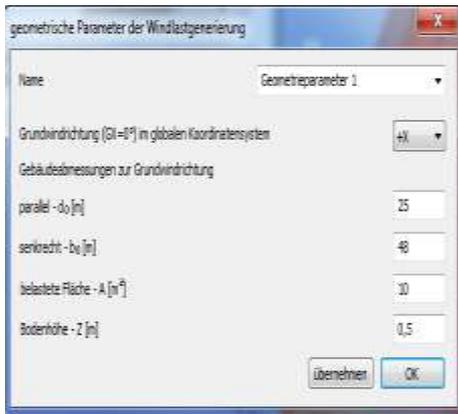
6.7.2.1.3 WINDREIBUNG



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):**

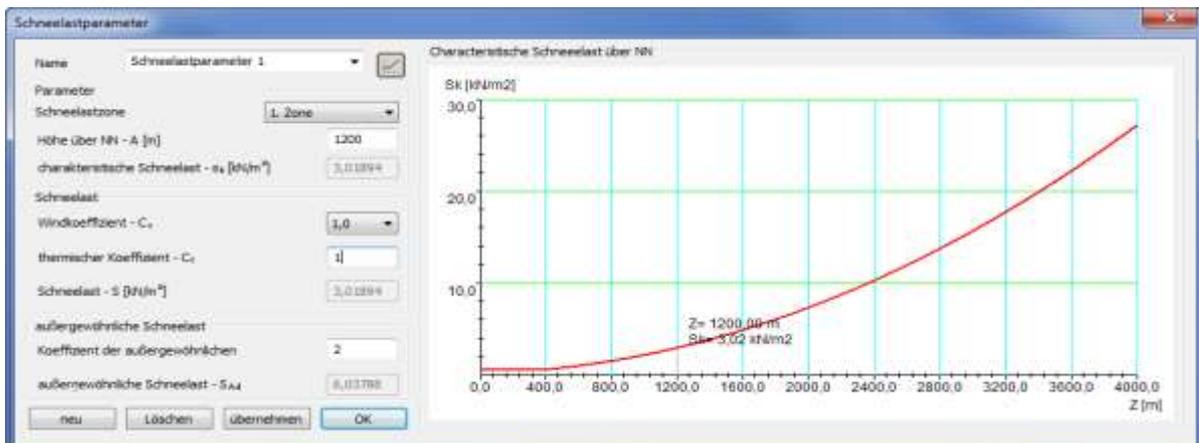
bei mehr als 10m² wird c_{pe10} und bei weniger als 1m² wird c_{pe1} bei der Windgeneration verwendet. Dazwischen werden die Werte von CS gemäß EC zwischen c_{pe10} und c_{pe1} logarithmisch interpoliert

► **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 „**Schneefläche**“ 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.

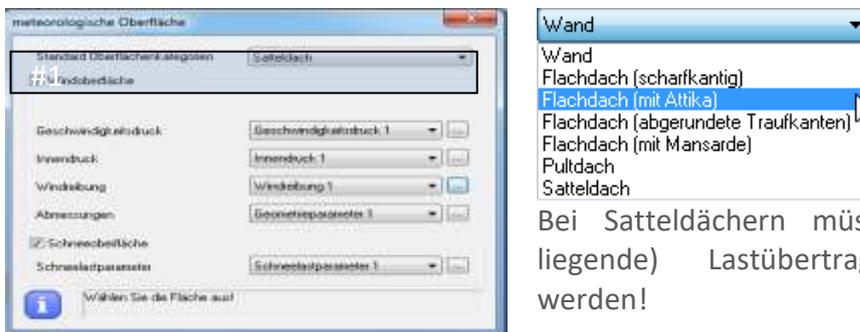
Die Eingabeparameter:

- ▶ *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):



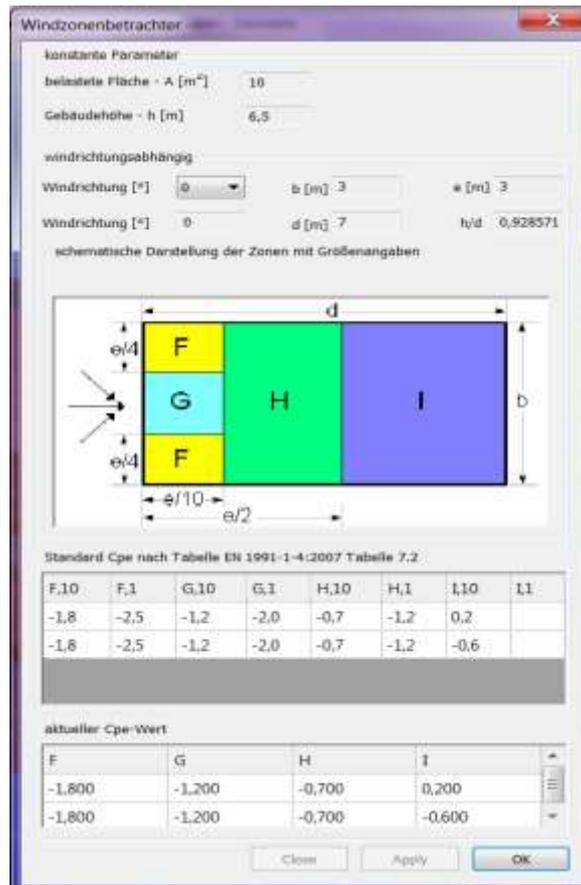
Bei Satteldächern müssen zwei (aneinanderliegende) Lastübertragungsflächen markiert werden!

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	
Windeibung	
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.

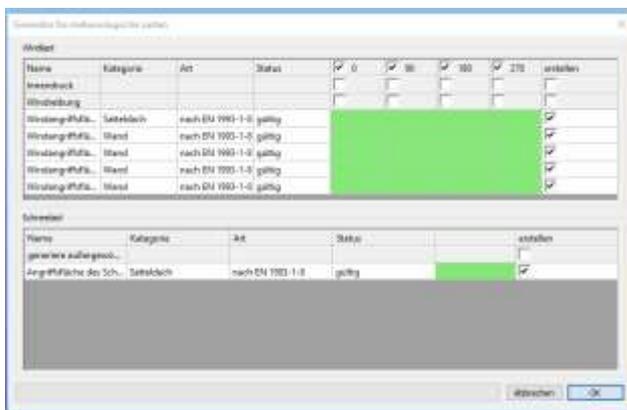


6.7.4 METEOROLOGISCHER LASTGENERATOR

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.



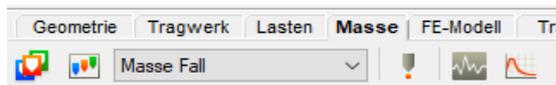
Jede mögliche Windrichtung und Windfläche kann über die Hakenboxen von der Berechnung (de)aktiviert werden. Die grünen Felder werden dabei automatisch in die Lastkombinationen überführt.

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

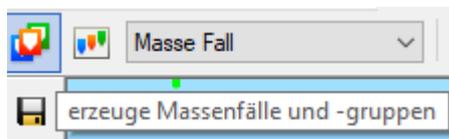
7.1 GRUNDLAGEN



Der Tabulator „**MASSE**“ befindet sich auf der oberen Karteileiste neben „**LASTEN**“.

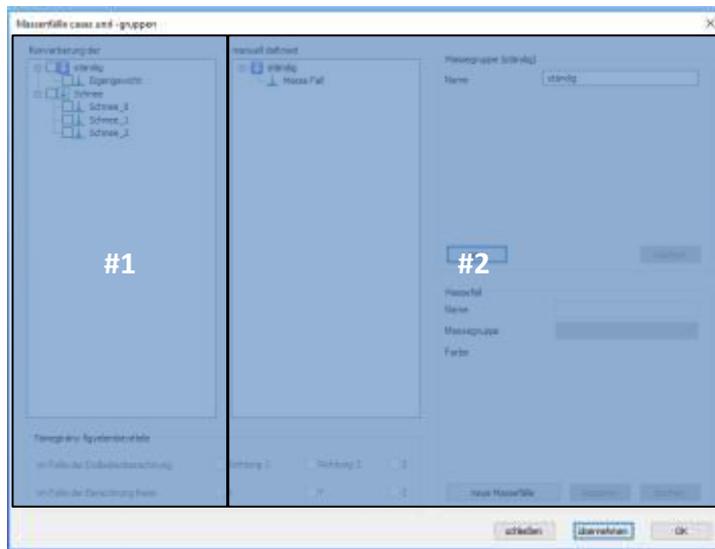
Massen werden bei dynamischen Berechnungen benötigt, denn sie verhalten sich bei Schwingungen anders als Kräfte. Analog zu Einwirkungskombinationen werden Massenfälle, -gruppen, und -kombinationen erzeugt, die manuell in die Struktur zu platzieren sind oder automatisch von CS aus Lasten erzeugt.

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.

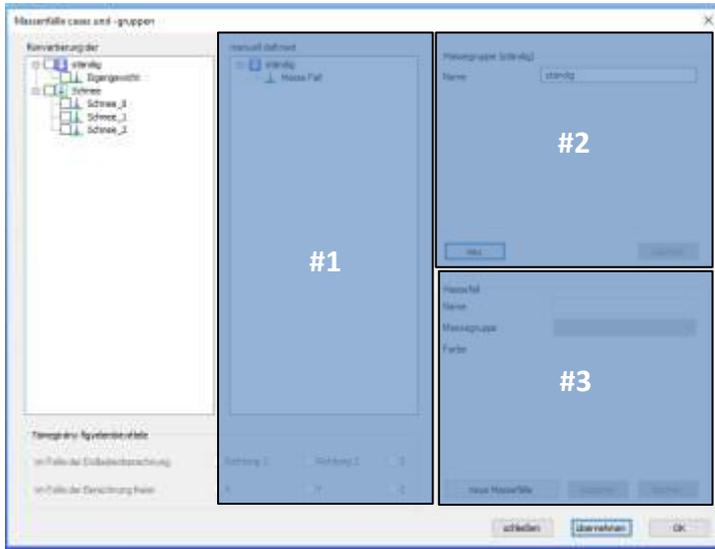
Auf der rechten Seite (#2) können Massenfälle und -gruppen manuell definiert werden.

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 MASSEGRUPPEN 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 Massefälle einer Massegruppe zugeordnet werden. Dabei kann eine farbliche Gestaltung der Masse gewählt werden.

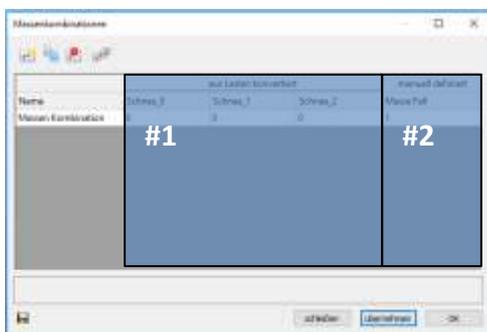
Jeder Massefall kann kopiert, gelöscht und mit Drag-and-Drop von einer Massegruppe in eine andere (#1) verschoben werden.

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 (🇩🇪)

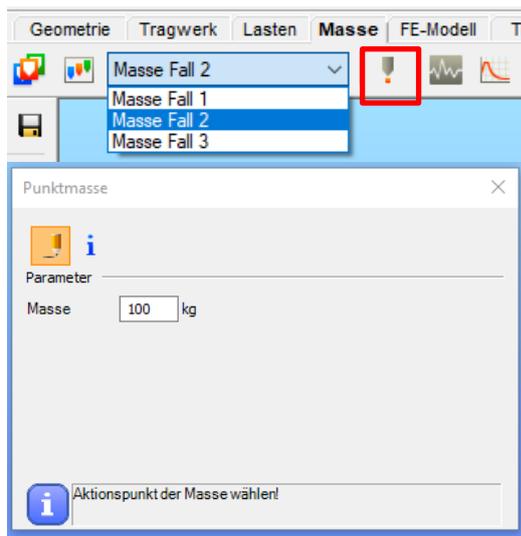
Die Erstellung von **“MASSENKOMBINATIONEN”** erfolgt analog zu den **“LASTKOMBINATIONEN”** (→ Kap. 6.3), aber ohne die Möglichkeit zu einer automatischen Vorgehensweise. Daher sind die Kombinationsfaktoren jedes Massefalles separat und manuell festzulegen.



Der Dialog der Massenkombinationen unterteilt sich in zwei Bereiche:

- #1 - aus 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.

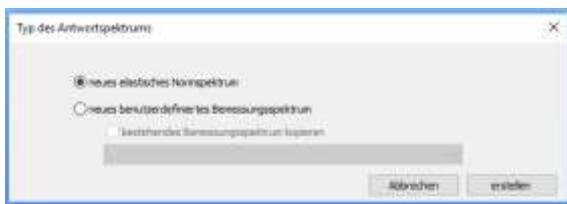
7.5 SEISMISCHE EFFEKTE

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!

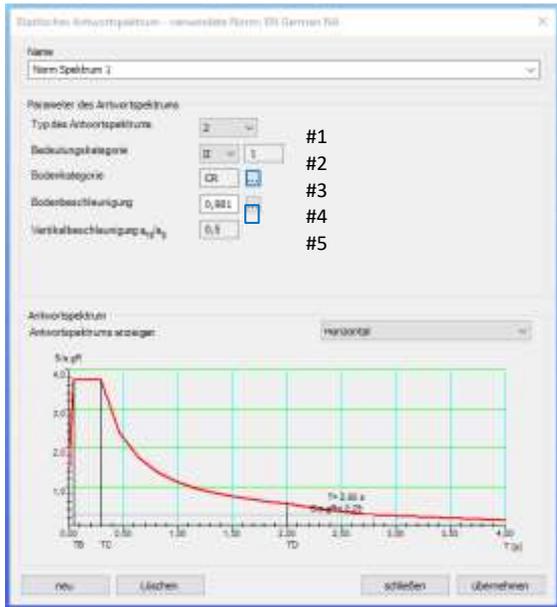
✓ **Benutzerspektrum:**

es werden die markanten Punkte des Spektrums manuell festgelegt

7.6.1 EC-BASIERTE ELASTISCHE ANTWORTSPEKTREN

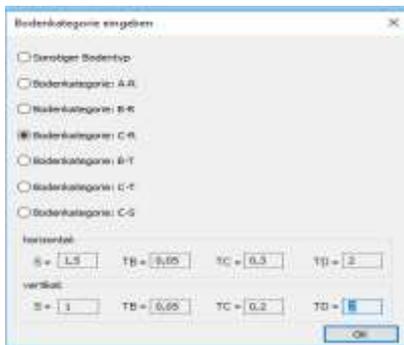
Mit **“NEUES ELASTISCHES NORMSPEKTRUM“** kann ein gemäß DIN EN 1993-1-8/aktiver NA gerechtes Antwortspektrum definiert werden, um es später zur dynamischen Berechnung sowie der Erdbebenberechnung zu benutzen.

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)

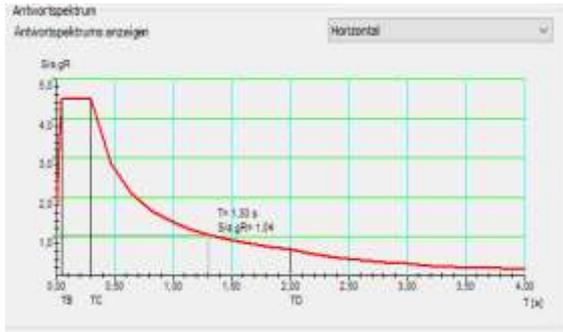


▪ **Bodenkategorie (#3):**
Mit (...) öffnet sich die Liste mit Bodenkategorien, aus der eine auszuwählen ist.
Im unteren Dialogbereich werden alle zum ausgewählten Bodentyp gehörigen Parameterwerte gezeigt



▪ **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

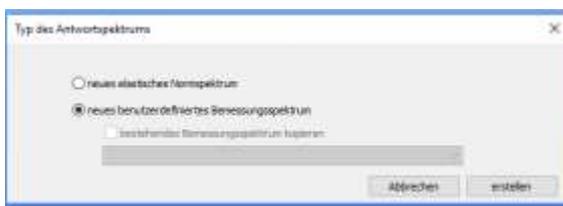
▪ **Vertikalbeschleunigung:**
sie ist nicht editierbar und wird als Verhältniswert a_{vg}/a_g zu rein *informativem Zweck* angegeben.



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 BENUTZERDEFINIERTER ANTWORTSPEKTREN

Zwei Vorgehensweisen stehen zur Erstellung zur Verfügung:



1. **manuell:**
nach Markierung der zweiten Wahlmöglichkeit klickt man auf **“ERSTELLEN”**

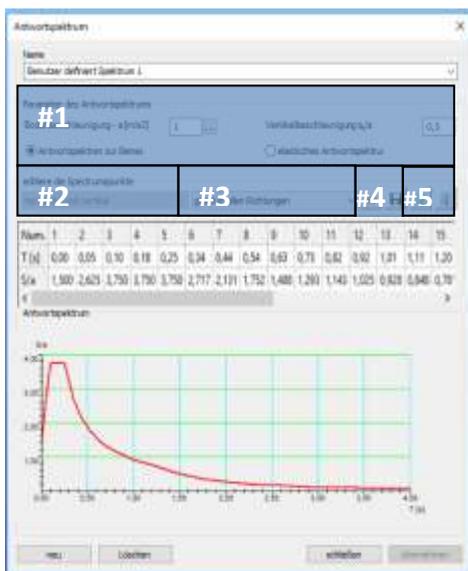
oder

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



Parameter des Antwortspektrums (#1):

- ✓ **Bodenbeschleunigung a [m/s²]:**
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 *Spektralpunkte (#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 DER KOPIERFUNKTION ERSTELLBARE ANTWORTSPEKTREN

Mit „**BESTEHENDES BEMESSUNGSSPEKTRUM KOPIEREN**“ und einer Vorwahl eines existierenden Normspektrums kann ein 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 Querschnitte (Stahlbeton)**
- ✓ **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 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“**.

Geometrie	Tragwerk	Lasten	FE-Modell	Tragwerksberechnung	Globaler Nachweis	Bauteilnachweis	Gebrauchstaugli
-----------	----------	--------	-----------	---------------------	-------------------	-----------------	-----------------

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 finiten 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.

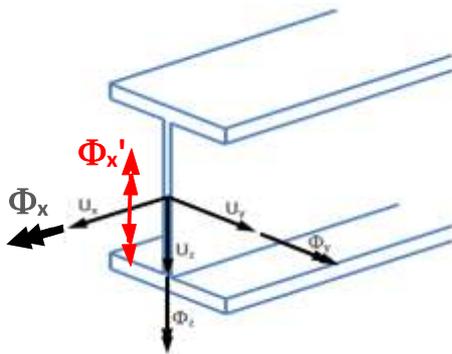
🔴 Anwender ohne Kenntnisse der Wölbkrafttorsion sollten dieses Kapitel unbedingt lesen!

8.2.2 LINIENELEMENTE

Es gibt drei Optionen für Linienelemente (Elemente der Balkentheorie):

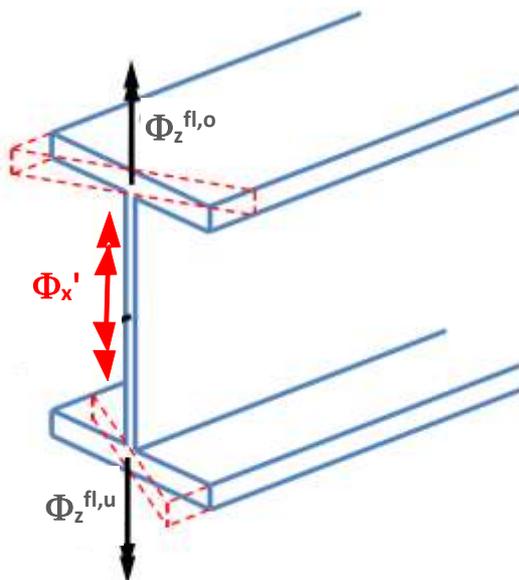
- **Träger/Stützen-Element mit 6 Freiheitsgraden** (6DOF / Degrees of Freedom): das Balken/Stützen-Element für Stäbe mit *verdrehsteifen kompakten Querschnitten*, die von der Normalkraft, den Querkräften, den Biegemomenten, dem St. Venant'schen Torsionsmoment oder jeder Kombination von diesen beansprucht 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 Balken-elementen 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:

Biegeknicke, 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! Modellkontrollen (Diagnosen)

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?

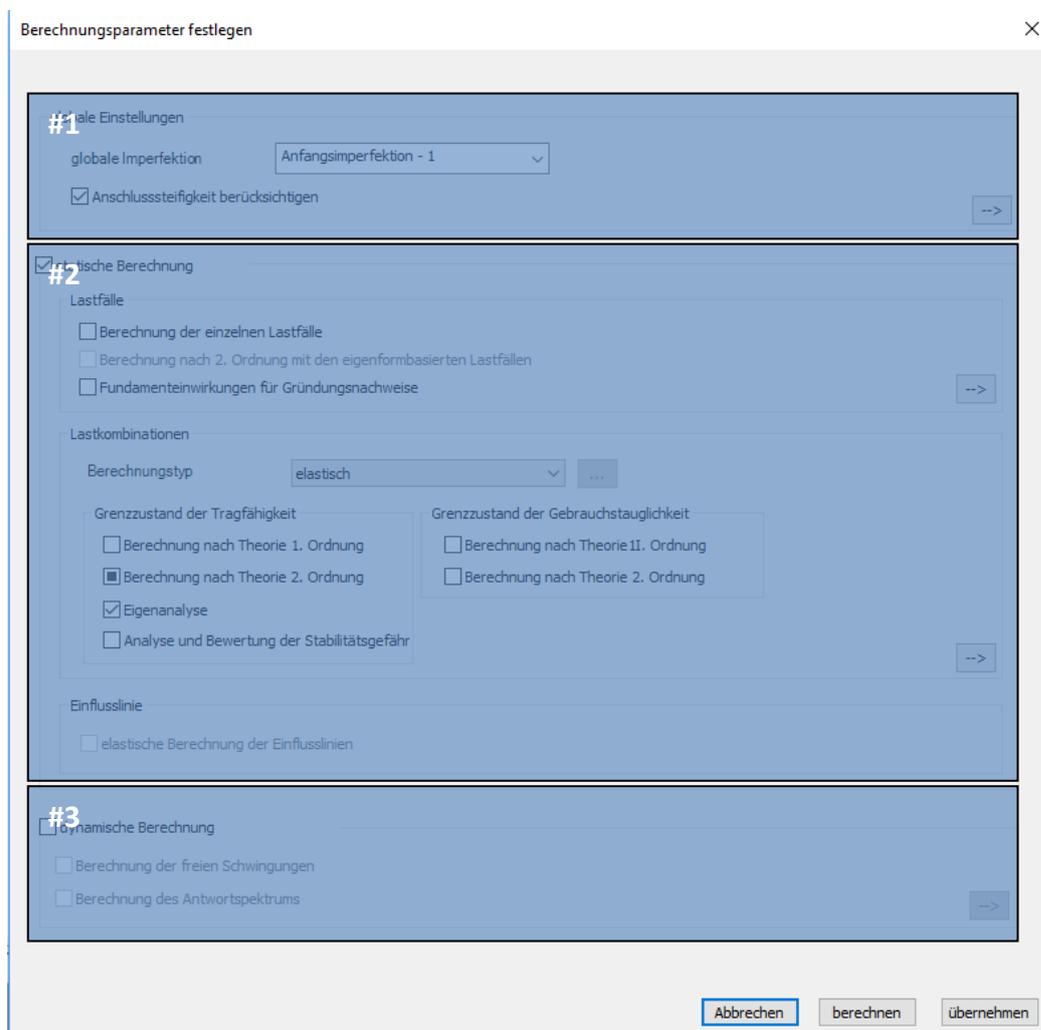
- Überlappung von Stäben vorhanden?
- sehr geringe (<5 mm) Abstände zwischen Punkten oder Linien von Flächen, Stäben, Lasten sowie Auflagern (der Grenzabstand kann im **“OPTION“**-Menü eingestellt werden) vorhanden?

Die festgestellten Fehler und Warnungen können in der Diagnose-Ergebnistabelle (→ Kap. 1.2.3) ausgewählt und gelöscht werden.

8.3 BERECHNUNGSPARAMETER



Die gewünschten oder benötigten Berechnungsarten können über das Icon  auf dem Registerblatt **„TRAGWERKSBERECHNUNG“** bestimmt werden.



Der sich öffnende Dialog hat fünf Eingabebereiche: die **“BERECHNUNGSPARAMETER FESTLEGEN“** und vier mit  erreichbare Folgeseiten für die drei möglichen Berechnungsarten:

- ▶ **Globale Einstellungen** (mit Folgeseite/→ Kap. 8.3.1)
- ▶ **Statische Berechnung** (mit Folgeseite/→ Kap. 8.3.2 für die Lastfälle und mit Folgeseite/→ Kap. 8.3.4.3 für die Einwirkungskombinationen)
- ▶ **Dynamische Berechnung** (mit Folgeseite/→ Kap. 8.3.4.4)

8.3.1 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 Gesamtrechenzeit 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. 8.3.4.3) erfolgen.

8.3.2 STATISCHE BERECHNUNG (#2)

▶ Lastfälle:

Die zwei z. Zt. aktiven Hakenboxen gelten nur für elastische Berechnungen:

- Berechnung kann mit ausgewählten Lastfällen erfolgen (→ Kap. 8.3.4.3)
- 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. 8.4.2)

Berechnungen nach Theorie 1. und 2. Ordnung können für die Nachweiszustände GZT und GZG unterschiedlich geführt werden.

▶ Eigenanalyse:

standarmäßig werden die ersten 10 Eingewerte/-formen für jede Einwirkungskombination berechnet. Unter Anderem kann diese Anzahl auf der Folgeseite (→ Kap. 8.3.4.3) 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)

8.3.3 DYNAMISCHE BERECHNUNG (#3)

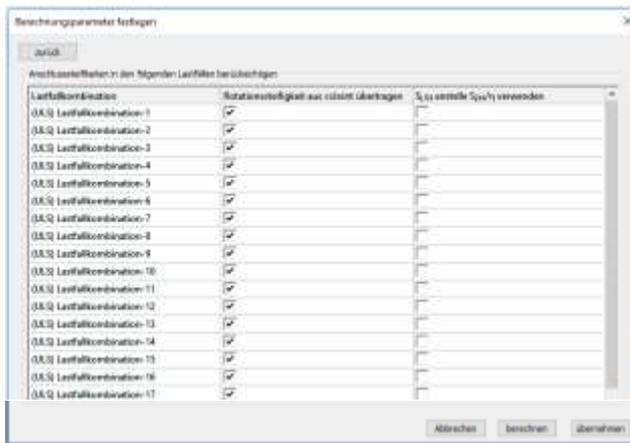
Es stehen zwei Arten der dynamischen Berechnung zur Verfügung:

- ✓ Berechnung freier (ungedämpfter) Schwingungen
- ✓ Berechnung modaler Antwortspektren (*Seismic MRSA*)

Differenzierte Einstellungen für jede Einwirkungskombination können mit (☰) auf der Folgeseite (→ Kap. 8.3.4.4) erfolgen.

8.3.4 FOLGESEITEN DES PARAMETERDIALOGS

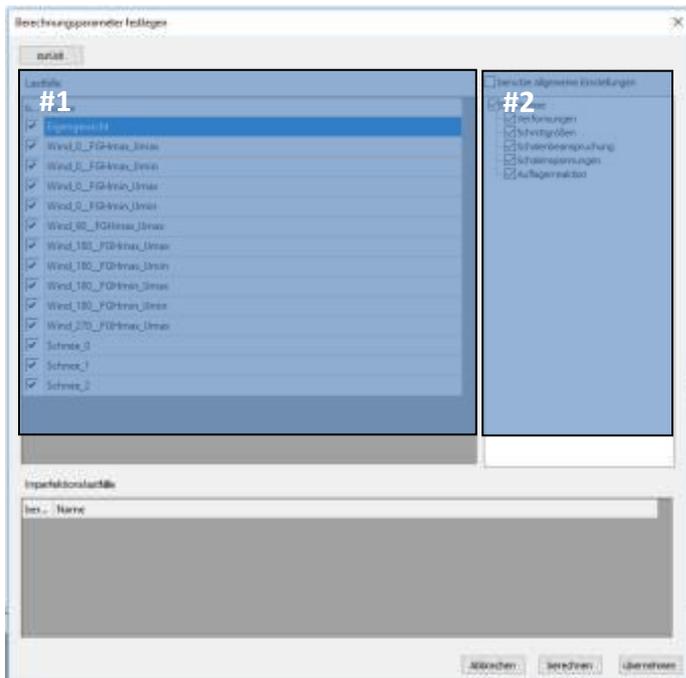
8.3.4.1 FOLGESEITE DER GLOBALEN EINSTELLUNGEN



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.

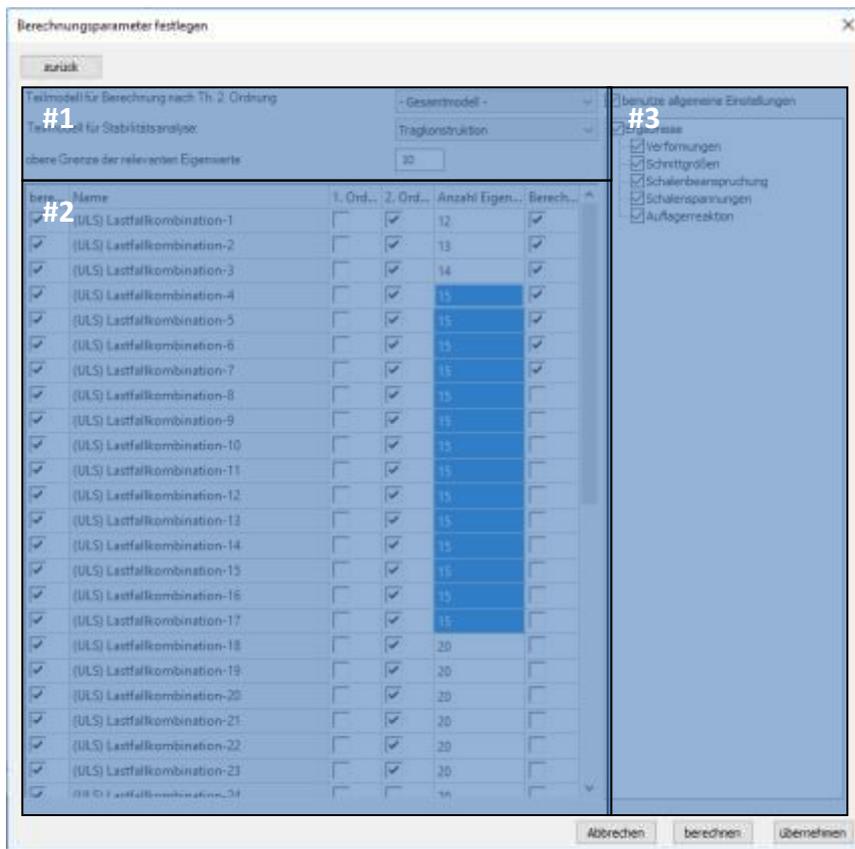
8.3.4.2 FOLGSEITE DER LASTFALLEINSTELLUNGEN



► **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.

8.3.4.3 FOLGSEITE 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 $\max \alpha_{crit}$ 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 Loadkombinationen 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.

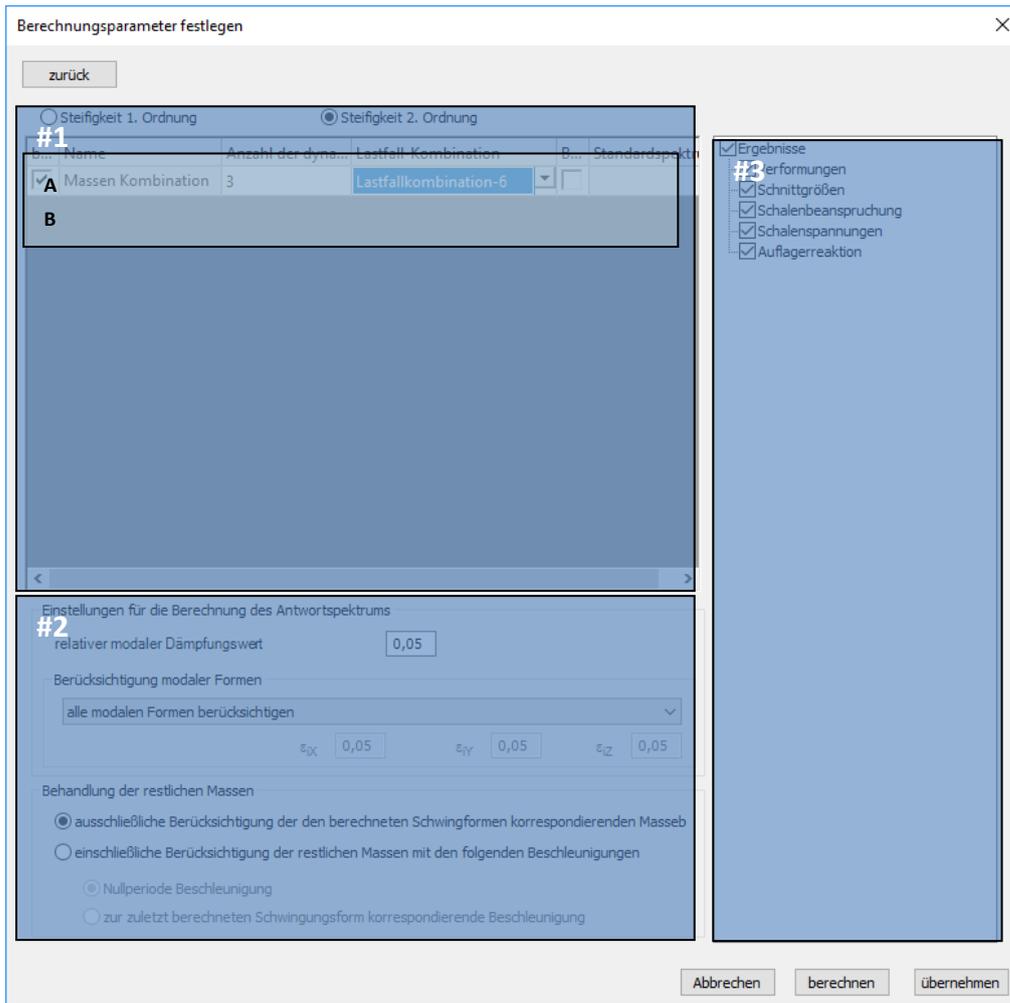
Spezielle Ergebnisse für jede Lastfallkombination steuert getrennt der Ergebnisbaum (#3).

- ☞ 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 Kombinatione gleich. Will man unterschiedliche Resultate für einzelne Kombinationen, markiert man mit der Maus deren Namen in Bereich (#2) blau und setzt die gewünschten Haken.

8.3.4.4 FOLGSEITE DER DYNAMISCHEN BERECHNUNG



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 (Vorgabe 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. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** /Erdbebenberechnung.

b. Zeilen für dynamische und Antwortspektren Berechnung

Jede **MASSENKOMBINATION** erscheint individuell mit einer Zeile in der Tabelle:

- gemäß den globalen Parametereinstellungen (→ Kap. 8.3.13.1) 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 Antwortspektrums (#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 Granzwerte 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

8.4 BERECHNUNGSARTEN

8.4.1 ELASTISCHE BERECHNUNG DER BEANSPRUCHUNGEN

8.4.1.1 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:

$$\underline{\mathbf{f}}^{el} = \underline{\mathbf{K}}_s^{el} \underline{\mathbf{u}}^{el} \quad (2)$$

8.4.1.2 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 Koordinatensystemen 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:

$$\underline{\mathbf{f}}^{el} = \underline{\mathbf{K}}_s^{el} \cdot \underline{v}^{el}$$

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

8.4.1.3 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.

8.4.1.4 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.

-  Wenn später bei den globalen Tragfähigkeitsnachweisen auch Globale Stabilitätsnachweise nach DIN EN 1993-1-1, § 6.3.4 geführt werden sollen (→Kap. 9.2.1.4), 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.

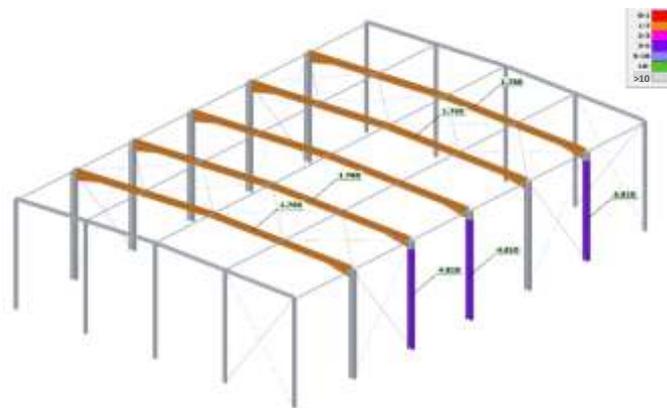
Man kann sich Ergebnisse für **alle** („**Ergebniszusammenstellung**“) oder **einzelne Einwirkungen** bzw. **Einwirkungskombinationen** anzeigen lassen.

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 der **Ergebniszusammenfassung** (#1) werden die niedrigsten Eigenwerte $\min \alpha_{cr}$ aller Bauteile aller Einwirkungskombinationen am berechneten (Teil-)Modell farblich dargestellt.

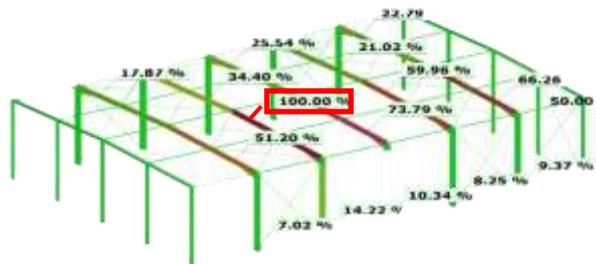
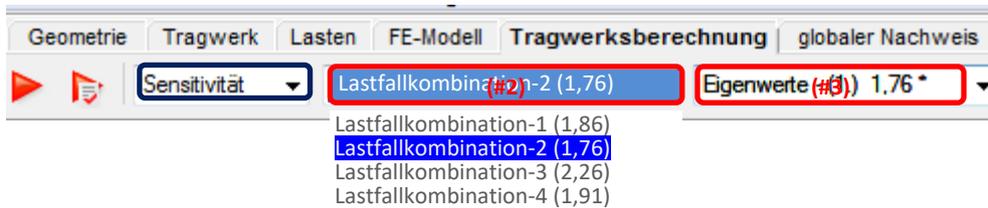


Rechts daneben kann man mit der Klappbox „**Minimum**“ (des MFR's) einen Minimalwert festlegen, oberhalb dem erst die Eigenwerte angezeigt werden. Die Einstellung des minimalen MFR's wird zu 50%-70% wird empfohlen.



Das Bild zeigt die **Eigenwerte** der meistgefährdeten Bauteile bei der Einstellung des MFR= 50%.

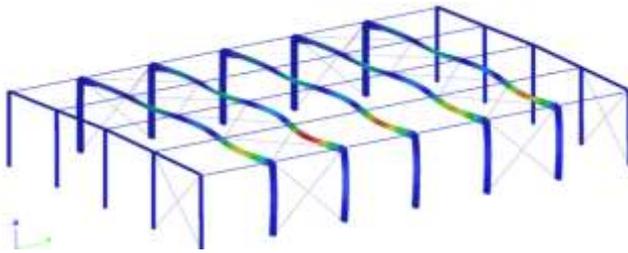
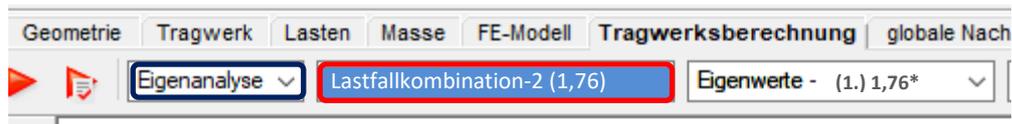
Mit Wahl einer Einwirkungskombination (#2) werden zunächst die zum zugehörigen minimalen Eigenwert gehörenden MFR-Werte angezeigt.



Die rechten Seiten der gevouteten Rahmenriegel zeigen MFR-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 MFR=100%.

Bei Wechsel zu höheren Eigenwerten (#3) werden die zugehörigen MFR-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.

8.4.1.5 DYNAMISCHE EIGENANALYSEN – SCHWINGUNGSBERECHNUNG

CS berechnet beliebigviele 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 ($\underline{\mathbf{K}}_s + \underline{\mathbf{K}}_g$):

$$\left((\underline{\mathbf{K}}_s + \underline{\mathbf{K}}_g) + (\omega^j)^2 \cdot \underline{\mathbf{M}} \right) \cdot \underline{\mathbf{y}} = 0$$

Die Eigenlösungen der homogenen Matrixgleichung sind die Quadrate der Eigenkreisfrequenzen $(\omega^j)^2$ und zugehörigen ungedämpften elastischen Schwingungsformen $\underline{\mathbf{y}}^j$. Sie können in Schwingzeiten \mathbf{T} und Eingenfrequenzen \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 und alle Interaktionen zwischen diesen

8.4.2 PLASTISCHE BERECHNUNGEN DER BEANSPRUCHUNGEN

8.4.2.1 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.

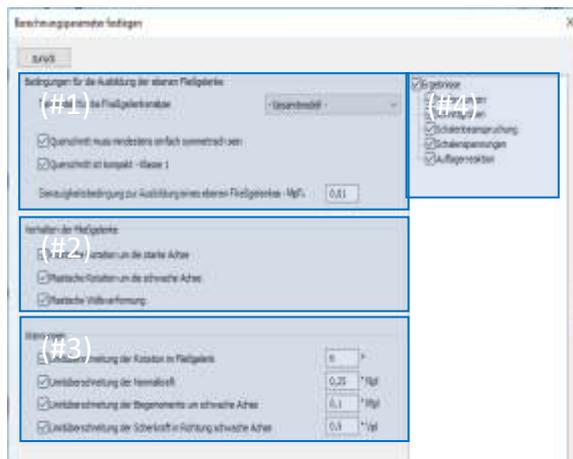
 eine mögliche Reduktion/Vergrößerung der plastischen Momententragfähigkeit infolge Schub- und Normalkräften oder dem Moment M_z wird nicht berücksichtigt!

Die Parameterfestlegungen für eine Berechnung nach der Fließgelenktheorie erfolgt mit dem -Schalter rechts neben der Klappbox „**Berechnungstyp**“ im Dialog „**BERECHNUNGS-PARAMETER FESTLEGEN**“ (→ Kap.8.3).

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.8.3).



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 $M_{pl,R}$ 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 Verformungsverhalten bestehender Fließgelenke von **CS** dreidimensional berechnet. Folglich kann ein Fließgelenk einen Rotationswinkel um die starke und um die schwache Achse ausbilden und zusätzlich unbehinderte Wölbverformungen besitzen.

-  Die letzten beiden Bedingungen sind bei 3D-Strukturen realistisch, denn (zumindest bei Trägern mit I-Querschnitt) bei Ausbildung eines Fließgelenkes werden 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 Fliegelenkberechnungen 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 Fliegelenkausbildung gespeichert werden. Reduzieren sie so weit wie möglich!

8.4.2.2 THEORIE 1. ORDNUNG

Kommt später!

8.4.2.3 THEORIE 2. ORDNUNG

Kommt später!

8.4.2.4 STATISCHE EIGENANALYSEN – STABILITÄTSBERECHNUNGEN

Kommt später!

8.5 BERECHNUNGSERGEBNISSE

8.5.1 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“**.



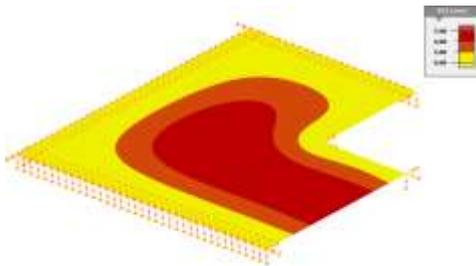
Im numerischen Feld “Unterteilung der Skalierung” kann mit den Pfeil-Schaltern (↕) die Anzahl der Skalierungen verändert werden. Mit dem **Löschen-Icon** (🗑️) kann die betreffende Skalierungszeile gelöscht werden.

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 Palettenamen 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 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. 8.5.3)



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

8.5.2 ERGEBNISARTEN

Für beide Arten von finiten Elementen (Linien- und Flächenelemente) sind die folgenden Ergebnisse verfügbar:

8.5.2.1 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

8.5.2.2 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

$$\alpha_n = \frac{1}{2} \arctan\left(\frac{2n_{xy}}{n_x - n_y}\right) - 90^\circ < \alpha_n \leq +90^\circ$$

- ✓ α_m - Hauptachsenrichtungen der Momente

$$\alpha_m = \frac{1}{2} \arctan\left(\frac{2m_{xy}}{m_x - m_y}\right) - 90^\circ < \alpha_m \leq +90^\circ$$

- **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

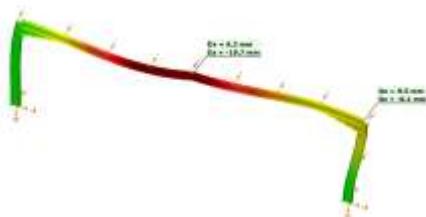
$$\alpha_\sigma = \frac{1}{2} \arctan\left(\frac{2\sigma_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}\right) - 90^\circ < \alpha_\sigma \leq +90^\circ$$

- **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

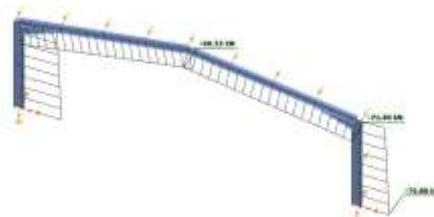
8.5.3 ERGEBNISMARKIERUNGEN

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:

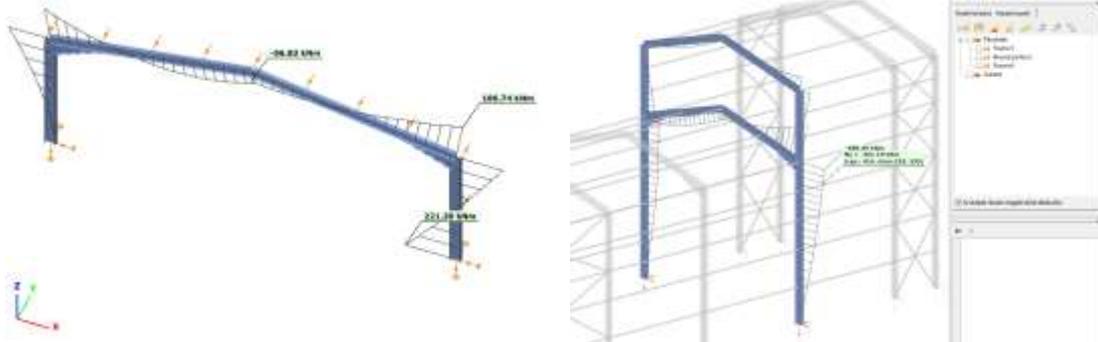
- ✓ **Verformungen**



- ✓ **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.

<input type="checkbox"/>	5	37	-60,130	0,000	4,900	0,000	-56,820	0,000	0,000
<input checked="" type="checkbox"/>	4	56	-71,400	0,000	52,980	0,000	186,740	0,000	0,000
<input checked="" type="checkbox"/>	3	9	-75,880	0,000	-78,680	0,000	221,200	0,000	0,000

Marker können gelöscht werden, indem man:

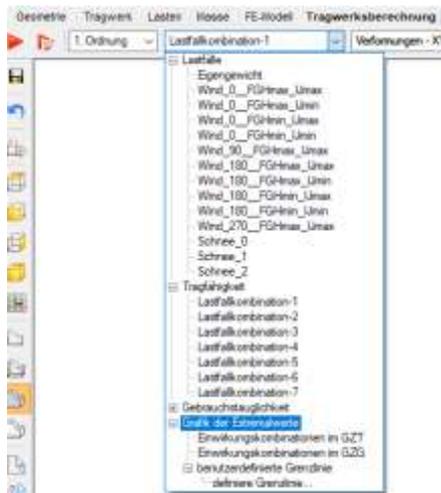
- auf die entsprechende Zeile in der Tabelle mit der rechten Maustaste klickt
- auf den markierten Punkt in der Grafik mit der rechten Maustaste klickt und "Label löschen" wählt

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.

8.5.4 EXTREMALLINIEN (UMHÜLENDE KURVEN)

8.5.4.1 AUTOMATISCH ERZEUGUNG

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.



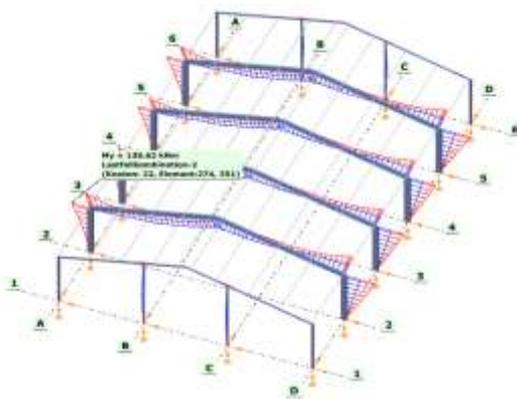
Unten im Drop-Down-Menü der **LASTFALLKOMBINATIONEN** des Registers **TRAGWERKSBERECHNUNG** können Grafiken der Extremallinien (je nach Einstellung Theorie 1. oder 2. Ordnung) gewählt werden. Standardmäßig steht eine für den GZT und eine für den GZG zur Verfügung. Es können jedoch eigene Linien erstellt werden (→ Kap. 8.5.4.2).



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 rot** dargestellt.

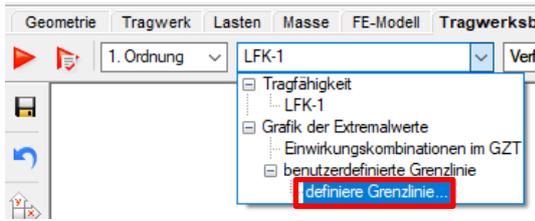


Mit Bewegen des Mausursors über die Ordinatenendpunkte der Minimal- oder Maximalkurven erscheint die Anzeige des Wertes und der zugehörigen Lastfallkombination.

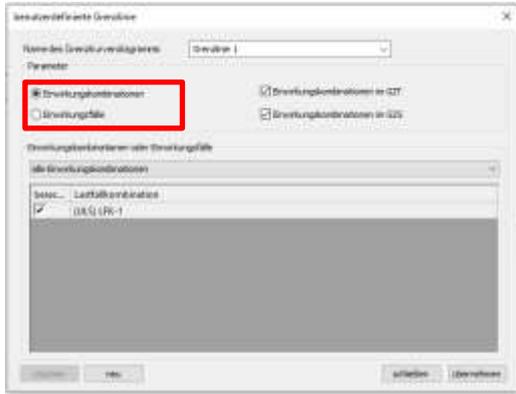
Die rechte Maustaste fixiert (nur) den Extremalwert in der Grafik. Allerdings wird eine benutzerdefinierte Tabelle erstellt, die alle weiteren Informationen (z.B. LF-Kombination) enthält.

8.5.4.2 BENUTZERDEFINIERTER ERZEUGUNG

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 **LASTFALLKOMBINATIONEN** des Registers **TRAGWERKSBERECHNUNG** 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.

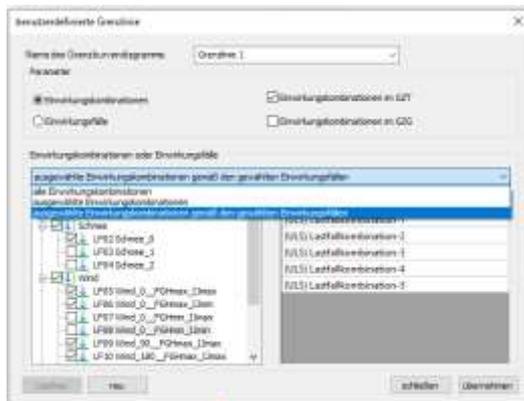
Je nach Wahl der gewünschten Auswertung

- Einwirkungskombinationen(Last-Kombin.)
- Einwirkungsfälle (Lastfälle)

erscheinen im Bereich (#1) ein kontextsensitives Drop-Down-Menü und ein Auswahlfenster.

Die Wahlmöglichkeiten der **Einwirkungskombinationen** sind:

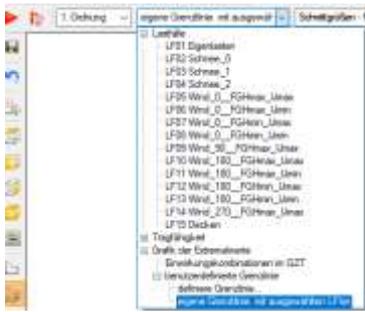
- ▶ **alle Einwirkungskombinationen**
- ▶ **ausgewählte Einwirkungskombinationen:**
- ▶ mit den Markierungsboxen kann aus den zur Verfügung stehenden Einwirkungskombinationen selektiert werden
- ▶ **Einwirkungskombinationen gemäß den selektierten Lastfällen:**



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.

8.5.5 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:



8.5.6 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

Erstellungen
 Grenzzustand: Tragfähigkeit
 Extremwerte: absolutes Maximum

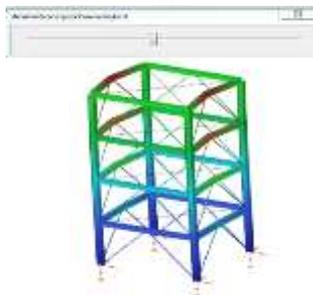
wenn der Dominantwert 0 ist, soll dieser nicht in der Tabelle ersc. Sonderreihe

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	-26,31	0,16	0,46	0,15	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
49	Y	02,14	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:

8.5.7 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.