

Port House Antwerp - © Mouton cvba

Tutorial Stahlrahmen

SCIA stellt dieses Dokument lizenzierten Anwendern der SCIA-Software zu Informationszwecken zur Verfügung. Es wird wie besehen bereitgestellt, also ohne irgendeine ausgedrückte oder implizierte Garantie. SCIA ist nicht für direkte oder Folgeschäden verantwortlich, die sich aus Ungenauigkeiten der Dokumentation und/oder Software ergeben.

Die in diesem Dokument enthaltenen Informationen können jederzeit ohne vorherige Bekanntmachung geändert werden und stellen keine Verpflichtung für SCIA dar. Die in diesem Dokument beschriebene Software wird im Rahmen eines Lizenzvertrages zur Verfügung gestellt. Die Software darf nur gemäß den Bedingungen des Lizenzvertrages eingesetzt werden. Das Kopieren oder Verwenden der Software entgegen den Bedingungen des Lizenzvertrages ist illegal.

© Copyright 2018 SCIA nv. Alle Rechte vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

Allgemeine Informationen	1
Einführung	1
Kontakt	2
Internet	3
Einleitung	4
Anlegen eines Projekts – Projektmanagement	5
Ein Projekt starten	5
Speichern, Speicher unter, Schließen und Öffnen	7
Eingabe der Struktur	9
Eingabe der Geometrie.....	9
Kontrolle der Eingaben	25
Belastungen und Lastfallkombinationen	28
Grundsätzliches	28
Lastfälle, Lasten und Lastfallkombinationen	29
Berechnung und Ergebnisse	43
Berechnung.....	43
Ergebnisse	44
Nachweise für Stahl.....	53
Nachweisführung bei Stahlbauteilen	53
Querschnitts-Optimierung	60
Nachweise der Betonteile	63
Bemessung der Betonstützen	63
Bemessung der Bodenplatte	64
Design von Verbindungen	66
Bemessung einer biegesteifen Rahmenecke	66
Berechnungsprotokoll.....	74
Nachwort	78

Einführung

Über das Programm

Programmzweck

SCIA Engineer wurde als leistungsfähiges, umfassendes und stabiles Werkzeug für Statiker und Tragwerksingenieure entwickelt.

Theoretischer Hintergrund

SCIA Engineer ist eine Software zur statischen und dynamischen Analyse von Tragwerken. Außerdem lassen diese sich damit normgerecht planen. Die Software nutzt die Finite-Elemente-Methode auf Basis von Verschiebungen.

SCIA Engineer arbeitet dabei nicht direkt mit finiten Elementen, sondern verwendet als „Bauteile“ bezeichnete Tragwerkselemente, auf denen vor der Berechnung automatisch ein FE-Netz erzeugt wird.

SCIA Engineer kann zum Berechnen und Planen von Tragwerken mit Trägern (anhand von linearen finiten Elementen modelliert) und ebenen Bauteilen (z.B. Wände, Platten und gekrümmte Platten), die durch finite 2-D-Elemente modelliert werden, eingesetzt werden.

Berechnungsarten

SCIA Engineer bietet Rechenmodule für die folgenden Analysen:

- linearstatische Berechnung (einschließlich einiger nichtlinearer Aspekte)
- geometrisch nichtlineare Berechnung
- dynamische Berechnung der Eigenschwingung
- Erdbebenberechnung
- Knicknachweis

Normnachweise

Neben der Berechnung können Anwender mit SCIA Engineer auch die Tragwerksplanung in Übereinstimmung mit den entsprechenden technischen Normen durchführen.

Die „Nachweisbibliothek“ von SCIA Engineer enthält länderübergreifende Normen für unterschiedliche Materialien, in erster Linie Stahl und Beton.

Programmversionen

SCIA Engineer ist in drei unterschiedlichen Editionen sowie als „Viewer“ erhältlich:

Lizenzversion

Die Lizenzversion von SCIA Engineer ist mittels „Dongle“ geschützt, einem Codeschlüssel, der über einen Parallel- oder USB-Anschluss an den PC angeschlossen wird. Alternativ ist eine „Softwarematic Lizenz“ bzw. „Floating-Lizenz“ für Server erhältlich.

SCIA Engineer ist modular aufgebaut und besteht aus verschiedenen separaten Modulen. Der Benutzer wählt aus den verfügbaren Modulen und kann sich so ein individuell auf seine Bedürfnisse zugeschnittenes Programm zusammenstellen.

Um die unterschiedlichen Anforderungsprofile für Tragwerksplaner abzudecken, werden verschiedene Programmpakete angeboten:

- Concept Edition
- Professional Edition
- Expert Edition
- Stahlbauedition etc...

Jedes Paket enthält verschiedene Module, die von den meisten Anwendern einer Gruppe benötigt werden. Eine höhere Version baut stets auf dem Umfang der kleineren Version auf. Außerdem kann jede Version durch Zusatzmodule erweitert werden.

Einen Überblick über die verfügbaren Module finden Sie in der Produktübersicht von SCIA Engineer sowie auf <http://www.SCIA-online.com/de/SCIA-engineer-editions.html>.

Trialversion

Diese freie Tryout-Version ist voll funktionsfähig, sie wird jedoch auf eine Laufzeit von einem Monat begrenzt. Sie können sogar Ergebnisse ausdrucken, aber auf dem Ausdruck wird im Hintergrund der Text „NICHT LIZENSIERTE SOFTWARE“ ausgegeben.

Die Trialversion samt Aktivierungsschlüssel kann online beantragt werden.

ACHTUNG: In der freien Version erstellte Projekte können in der Vollversion NICHT geöffnet werden!

Studentenversion

Diese Version hat dieselben Möglichkeiten wie die lizenzierte Version inklusive aller Module. Ausdrücke enthalten im Hintergrund ein Wasserzeichen mit dem Wortlaut „STUDENTENVERSION“.

Die Studentenversion kann problemlos die Daten aus kommerziellen Versionen (ESA-Dateien) lesen, aber Projekte werden darin stets als ESAD-Dateien gespeichert. Ein Umwandeln der Daten vom ESAD- ins ESA-Format ist nicht möglich. Der Austausch von Projektdateien unter Studenten ist natürlich nicht eingeschränkt.

Die Studentenversion ist online bei SCIA Campus verfügbar.

ACHTUNG: Auch in der Studentenversion erstellte Projekte können in der Vollversion NICHT geöffnet werden!

Viewer/Betrachter

Der Viewer stellt eine Möglichkeit dar, auch mit nicht lizenzierter Software bestehende ESA-Dateien zu öffnen und zu betrachten. Eine Weiterbearbeitung von Dateien ist in dieser Umgebung jedoch nicht möglich.

Kontakt

SCIA Software GmbH

Emil-Figge Straße 76-80 - D-44227 Dortmund (Deutschland)

Telefon (Hotline): +49 0231/974 25 86 - Fax: +49 0231/95 00 69 00

Email: support@SCIA.de

Internet

Homepage von Nemetschek SCIA

<https://www.scia.net/de>

SCIA Campus – Kostenlose Nemetschek SCIA Schulversion

<https://www.scia.net/en/scia-engineer-students-professors>

Link zu den Tutorials und e-Learning

<https://www.scia.net/de/support/willkommen-im-schulungsbereich-scia>

Link zu den Demo- und Übungsfilmen

<https://www.scia-software.de/videos/>

Nemetschek SCIA Forum

<https://forum.scia.net/>

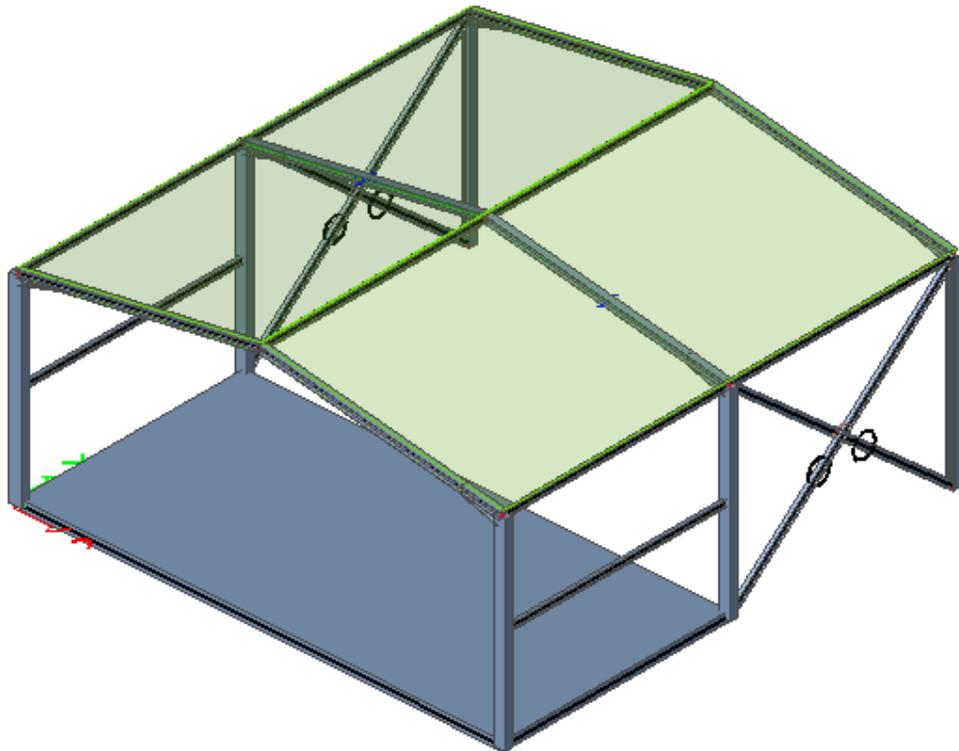
Einleitung

Das folgende, möglichst einfach gehaltene Beispiel kann in allen Programmversionen (Lizenz-, Demo- und Studentenversion) ausgeführt werden. Der folgende Inhalt setzt eine grundlegende Vertrautheit im Umgang mit dem auf Ihrem PC installierten Betriebssystem und seinen Funktionen voraus. Die Benutzeroberfläche von Nemetschek SCIA ist an jene der *Microsoft Windows*TM-Produktreihe angelehnt.

Dieses Tutorial beschreibt die Grundfunktionen von SCIA Engineer zur Eingabe und Berechnung eines Stahlrahmens mit zusätzlichen Betonstützen und einer teilweisen Bodenplatte.

Unsere Tutorials verfolgen immer einen klar strukturierten Aufbau. So wird auch dieses Dokument der Übersicht halber in einige Abschnitte unterteilt. Zuerst werden Sie mit der Projektstruktur beziehungsweise dem Anlegen eines neuen Projekts vertraut gemacht. Im ersten konstruktiven Schritt wird die Eingabe der zu bearbeitenden Struktur erläutert. Anschließend können die Belastungen und Lastfallkombinationen definiert werden. Nun wird das Modell berechnet (Auflagerreaktionen, Spannungen,...). Auf Basis dieser Ergebnisse kann die Nachweisführung erfolgen. In Zuge dessen haben Sie mit SCIA Engineer die Möglichkeit, eine Querschnitts-Optimierung durchzuführen. Außerdem können Detailbereiche wie etwa Anschlüsse konstruiert und sogleich bemessen werden.

Die folgende Abbildung zeigt das gerenderte Modell der zu berechnenden Struktur:



Ein Projekt starten

Das Programm starten

Um ein Projekt anlegen zu können, muss zuerst das Programm gestartet werden.

1. Doppel-Klicken Sie auf den SCIA Engineer Shortcut auf Ihrem Desktop.

Alternativ kann wie folgt vorgegangen werden:

2. Drücken Sie **[Start]** und wählen Sie **Alle Programme > SCIA Engineer 18 > SCIA Engineer 18**.

Wenn das Programm in der Trial- oder Studentenversion ausgeführt wird, werden Sie in einem Dialogfenster auf deren Einschränkungen hingewiesen und müssen mit **[OK]** bestätigen.

Für dieses Tutorial müssen Sie ein neues Projekt anlegen.

Ein neues Projekt anlegen

1. Wenn der Dialog **Öffnen** erscheint, drücken Sie auf **[Abbrechen]**.

2. Klicken Sie auf das **Neu** Symbol  in der Werkzeugleiste.

Nun öffnet sich der **Projekt-Grunddaten** Dialog. In diesem werden die generellen Informationen zum Projekt definiert.

Projekt-Grunddaten

Grunddaten Funktionalität Aktionen Einheitensystem Projektschutz



Identifikation

Name:

Teil:

Beschreibung:

Autor:

Datum:

Tragwerk: [Postprozessor](#)

Modell:

Material

Beton	<input checked="" type="checkbox"/>
Material	C25/30
Bewehrungs...	B 500B
Stahl	<input checked="" type="checkbox"/>
Material	S 235
Mauerwerk	<input type="checkbox"/>
Aluminium	<input type="checkbox"/>
Holz	<input type="checkbox"/>
Stahlfaserbe...	<input type="checkbox"/>

Norm

Norm:

Nationalanhang:

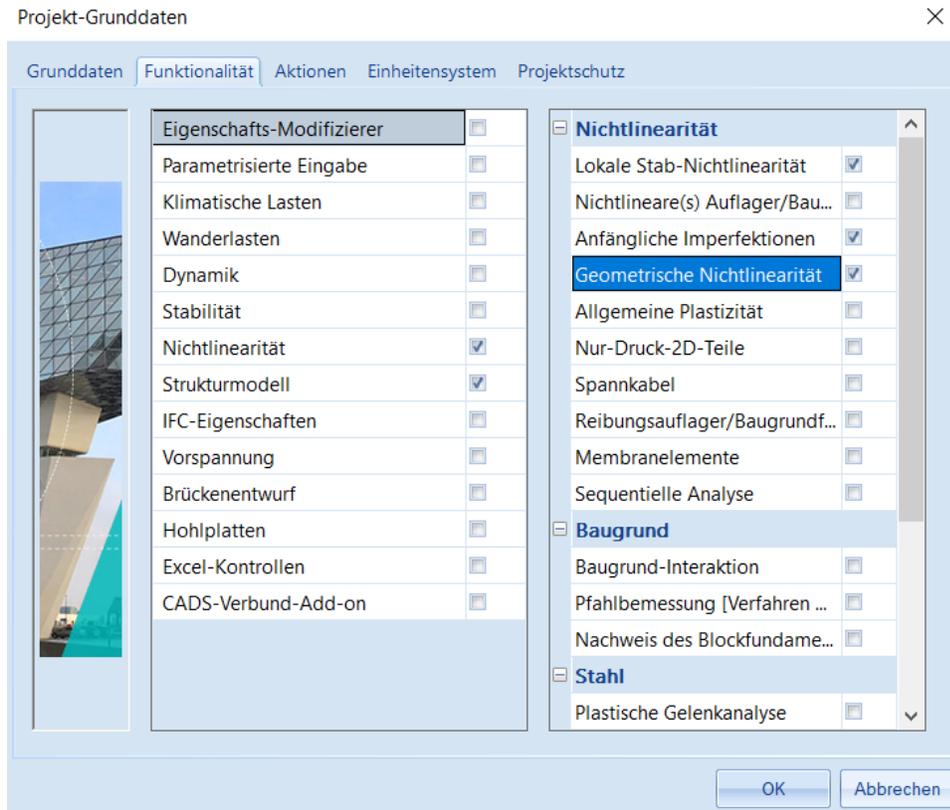
OK Abbrechen

3. In der Registerkarte **Grunddaten** können Sie unter **Identifikation** Details zu Namen (hier: Tutorial Stahl), Teil (hier: Rahmen) sowie nähere Beschreibungen einfügen. Diese Eingaben können später beim Output, also z.B. im Ausgabedokument und den Zeichnungen, eingeblendet werden.
4. Im Feld Norm wird zuerst die **Staatsnorm**, in unserem Falle der Eurocode (**EC-EN**), und anschließend der **Nationalanhang**, hier die **DIN EN**, über Klick auf die jeweilige Dropdown-Liste ausgewählt. Diese bilden nun die Grundlage bei der Nachweisführung der Struktur.
5. Im Feld **Tragwerk** ist die Option **Allgemein XYZ** aus dem Dropdown-Menü zu wählen. Mit dieser Einstellung stehen für das Projekt alle sowohl im Rahmenbau üblichen Bauteiltypen wie Stab, Balken, Stütze als auch die FEM-Bauteile wie Platten, Wände und Schalen zur Verfügung.
6. Unter **Postprozessor** wird **V17** eingestellt und unter **Modell** **Ein**. So sind alle Basisfunktionen verfügbar. Nun sollte das gesamte Fenster der obigen Abbildung gleichen.
7. Durch Ankreuzen des Kästchens **Beton & Stahl** erscheint eine weitere Zeile für das **Material**. Wählen Sie, falls nicht schon voreingestellt, über die Dropdown-Liste die Güten **B25/30**, **B500B** und **S 235** aus.

Die im Dialog Projekt-Grunddaten ausgewählten Materialien stellen die Standardbaustoffe für die zu modellierende Struktur dar. Es kann allerdings immer für jedes Bauteil individuell ein anderes Material eingestellt werden.

8. Gehen Sie nun oben in das Registerblatt **Funktionalität**. Hier können Sie zusätzliche Funktionen für das Projekt freischalten. Wir wählen für dieses Projekt links die **Nichtlinearität und**

Strukturmodell und rechts dann unter der Nichtlinearität die **lokale Stabnichtlinearität, Anfängliche Imperfektionen** und **Geometrische Nichtlinearität**.



9. Schließen Sie das Fenster über die Schaltfläche **[OK]**.

Speichern, Speicher unter, Schließen und Öffnen

Bevor wir mit der Konstruktion beginnen, wird erläutert, wie man ein Projekt abspeichert, ein bestehendes Projekt öffnet und wie man das Projekt schließt. Projekte können in SCIA Engineer zu beliebiger Zeit gespeichert werden. So können Sie das Programm in jedem Stadium verlassen und später an derselben Stelle wieder fortfahren.

Speichern eines Projekts

Klicken Sie auf das Symbol  in der Werkzeugleiste.

Wenn ein Projekt erstmalig gespeichert wird, öffnet sich das Dialogfenster **Speichern unter**. Durch klicken auf das Dropdown-Menü bei **Speichern in** kann der gewünschte Speicherort bzw. -ordner ausgewählt werden. In das Feld **Dateiname** ist die gewünschte Bezeichnung einzutippen. SCIA Engineer-Dateien haben standardmäßig die Endung ***.esa**. Durch Klick auf **[Speichern]** wird die Datei unter dem gewünschten Namen am angegebenen Ort abgespeichert.

Unter **Datei > Speichern als** kann das aktuelle Projekt unter einem neuen Namen abgelegt werden.

Schließen eines Projekts

Um ein Projekt zu schließen, gehen Sie auf **Datei > Ende**. Es öffnet sich das Dialogfenster **Abspeicherungsmodus**. Durch Klick auf **[Ja]** bestätigen Sie den Speichervorgang.

Alternativ kann das Programm durch einen Klick auf **[X]** in der rechten oberen Bildschirmcke beendet werden.

Öffnen eines Projekts

Klicken Sie auf , um ein bestehendes Projekt zu öffnen.

Der Explorer erscheint. Wählen Sie aus dem Speicherordner das gewünschte Projekt aus und klicken Sie auf **[Öffnen]**, oder doppel-klicken Sie das Projekt, um es zu öffnen.

Eingabe der Struktur

Eingabe der Geometrie

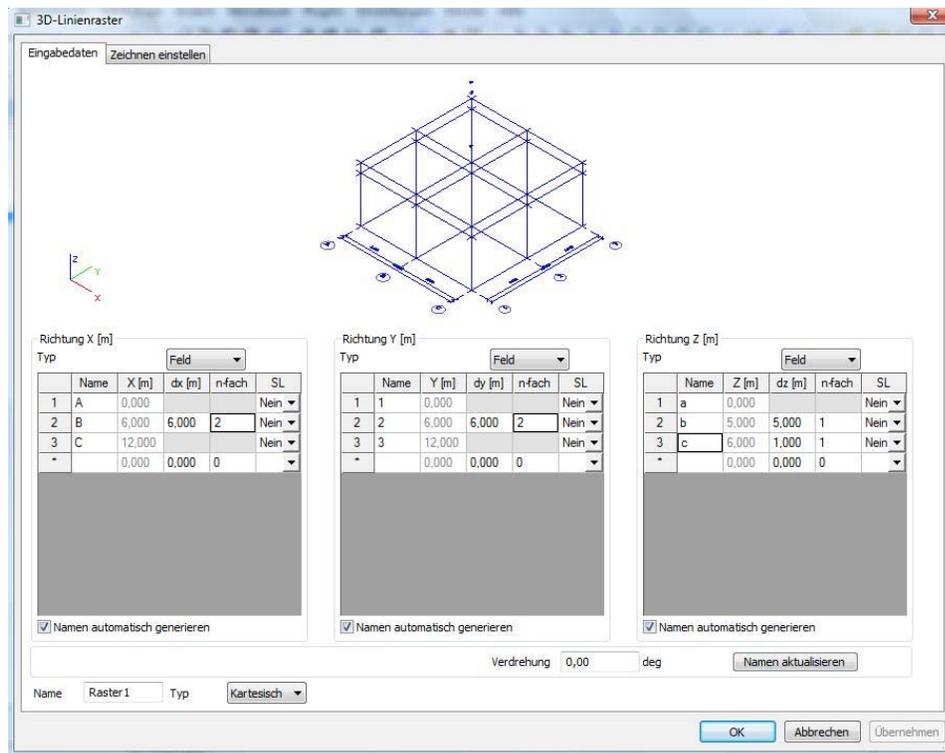
Wenn Sie ein neues Projekt starten, muss im ersten Schritt die Geometrie des Bauteils eingegeben werden.

Struktur

Es gibt zahlreiche Möglichkeiten, die Geometrie zu definieren. In der Grundeinstellung wird am Bildschirm ein Punktraster angezeigt, in dem die zu definierenden Punkte über Koordinaten eingegeben werden. In diesem Tutorial wird mit einem Linienraster gearbeitet.

Linienraster

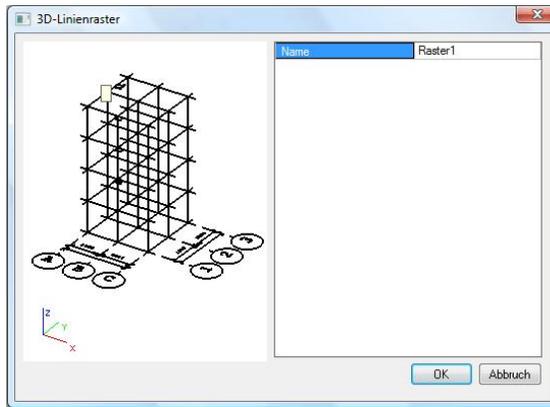
1. Klicken Sie im **Struktur**-Menü am linken Bildschirmrand auf **[Schließen]**.
2. Nun wählen Sie im **Menübaum** das Menü **Linienraster und Geschosse** per Doppel-Klick.
3. Im gewählten Menü wird nun abermals per Doppelklick **3D-Linienraster** selektiert. Es öffnet sich der Dialog **3D-Linienraster**.



4. Auf der Registerkarte **Eingabedaten** können nun in den Spalten **dx [m]**, **dy [m]** sowie **dz [m]** die gewünschten Achsabstände für die jeweilige Koordinatenrichtung eingegeben werden. Klicken Sie hierzu, bei **Eingabefeld 2 – dx [m]** beginnend, in die gewünschten Felder und tätigen Sie sodann die gewünschte Eingabe. Im benachbarten **Eingabefeld 2 – n-fach** wird eingestellt, wie oft ein Achsabstand hintereinander auftritt. Mit den Cursor-Tasten [\leftarrow , \uparrow , \rightarrow , \downarrow] oder durch Anwählen mit der linken Maus-Taste kann zwischen den Zellen navigiert werden. Wenn Sie mit den Eingaben fertig sind, sollte das Dialogfenster mit der obenstehenden Abbildung übereinstimmen.

Es macht keinen Unterschied, ob vor Dezimalstellen ein . (Punkt) oder ein , (Komma) gesetzt wird.

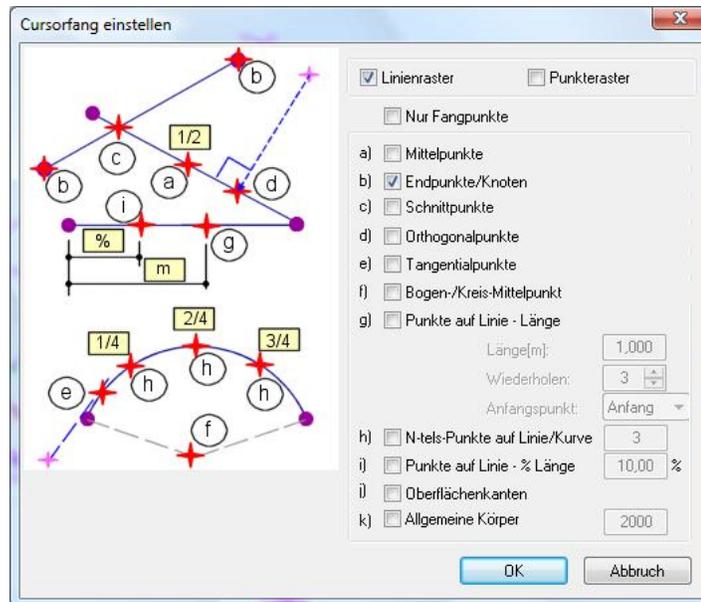
5. Auf der Registerkarte **Zeichnen einstellen** werden die Voreinstellungen belassen.
6. Klicken Sie auf **[OK]**. Ein weiterer Dialog mit der Bezeichnung **3D-Linienraster** wird geöffnet.



- Bei Bedarf kann der Liniennraster benannt werden. Klicken Sie anschließend auf **[OK]**.
- Der Raster kann nun durch Klicken auf die gewünschte Stelle am Bildschirm abgesetzt werden. Eine exaktere Möglichkeit ist es, in der **Befehlszeile** am unteren Bildschirmrand eine **0** (Null) einzugeben und dann auf **[Enter]** zu drücken. So wird der Raster direkt im Ursprung des Koordinatensystems positioniert. Um aus dem Befehl auszusteigen, drücken Sie **[Esc]** oder betätigen Sie die rechte Maustaste und wählen Sie im aufscheinenden Menü **Ende**.
- Durch Klick auf  in der Werkzeugleiste am oberen Bildschirmrand wird der aktuelle Eingabestatus bildfüllend und axonometrisch dargestellt.

Cursorfang

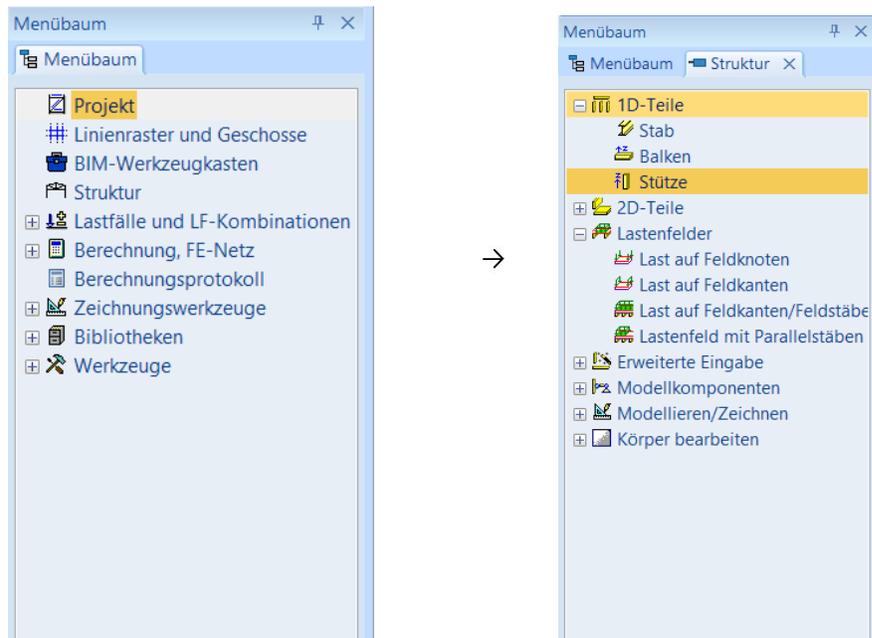
- Drücken Sie mit der rechten Maustaste auf den Bildschirm und wählen Sie im aufscheinenden Menü **Cursorfang einstellen**. Der Dialog **Cursorfang einstellen** erscheint.



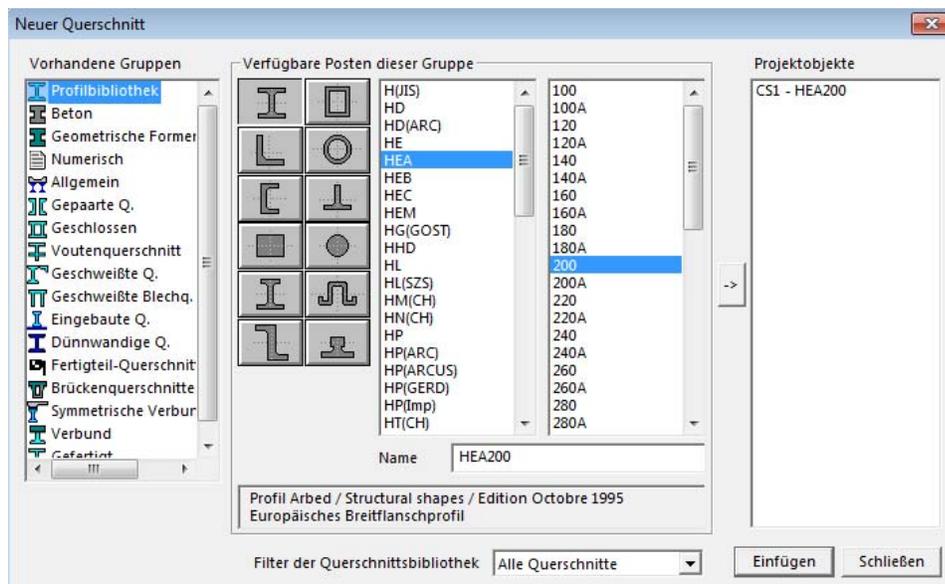
- Haken Sie die Kästchen **Linienraster** und **Endpunkte/Knoten** per Mausklick an und gehen Sie anschließend auf **[OK]**.
- Um das Linienraster-Menü zu verlassen, muss auf am linken Bildschirmrand im Menü **Linienraster und Geschosse** auf den **[Schließen]**-Button gedrückt werden. Der Liniennraster ist jetzt inaktiv.

Eingabe der Stützen

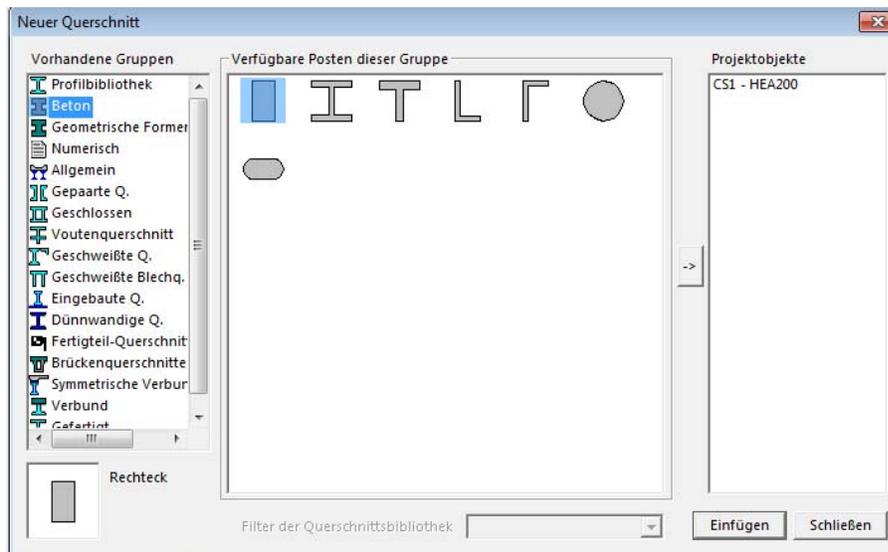
- Wählen Sie im **Menübaum** per Doppelklick das Menü **Struktur** aus.



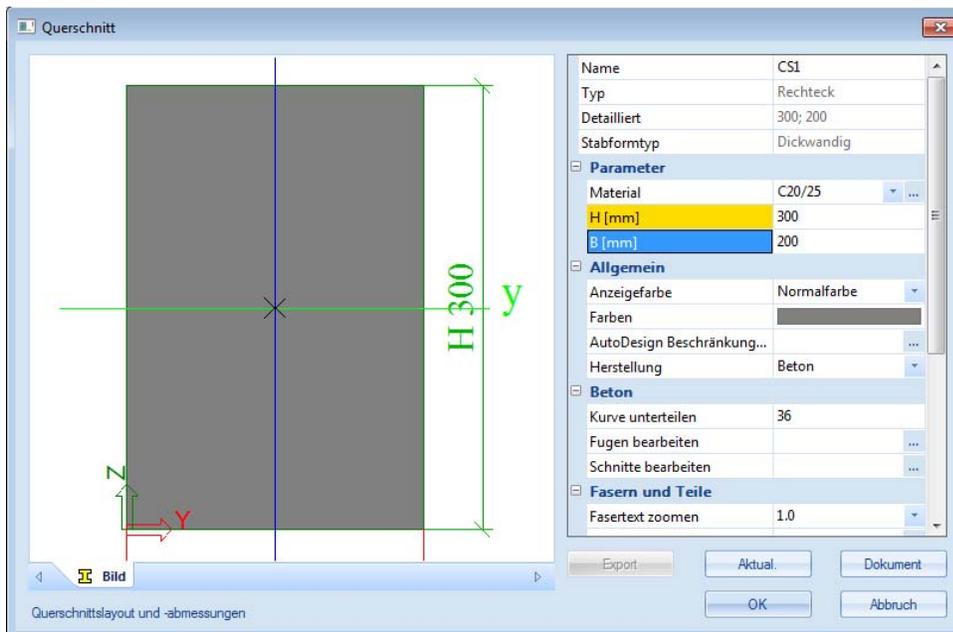
2. Durch Doppelklick auf **Stütze** öffnet sich zuerst das Fenster **Querschnitte** und sogleich darüber ein weiterer Dialog **Neuer Querschnitt**.



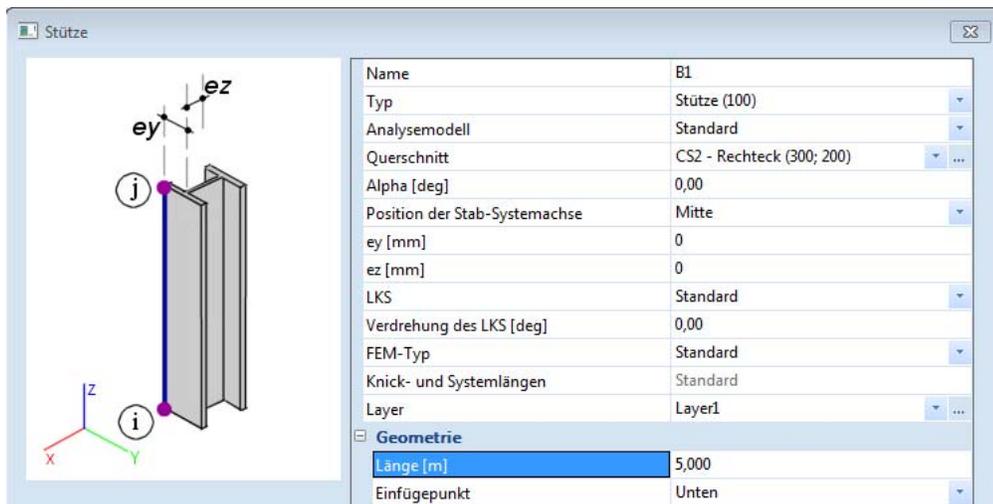
3. Mit der linken Maustaste wird **HEA** sowie **200** ausgewählt. Klicken Sie anschließend auf **Einfügen**. Im Feld **Projektebene** scheint nun der erste Querschnitt auf.
4. Gehen Sie danach oben links auf **Beton**, wählen das Rechtecksymbol



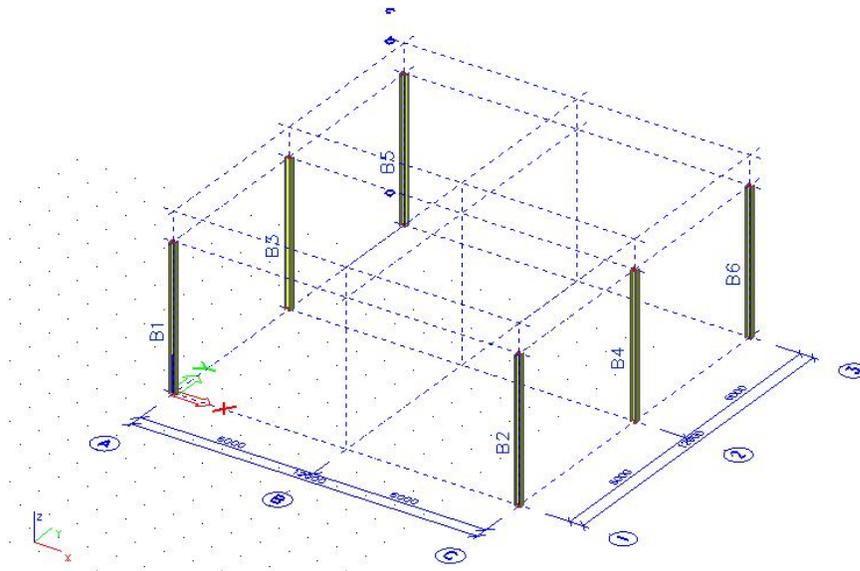
5. und fügen sich einen **Rechteckquerschnitt 300x200** hinzu.



6. Beenden Sie den Dialog über die Schaltfläche **[Schließen]**.
7. Im Fenster **Querschnitte** werden der Querschnitt und dessen Parameter angezeigt. Steigen Sie abermals über **[Schließen]** aus.
8. Der Dialog **Stütze** erscheint. Geben Sie für die **Länge [m]** den Wert **5,000** ein. Der Stütze sollte bereits der eben definierte **Querschnitt CS2 – Rechteck 300x200** zugeordnet sein.



9. Bestätigen Sie mit **[OK]**.
10. Stützen werden über die Definition ihrer Fußpunkte abgesetzt. Es werden nun sechs Stützen platziert. Klicken Sie der Reihe nach folgende Punkte in der Bodenebene an: **A-1, C-1, A-2** und **C-2**,
11. Durch Drücken der Taste **[Esc]** steigen Sie aus dem aktuellen Befehl aus, die mit diesem Befehl soeben eingefügten Bauteile bleiben jedoch ausgewählt. Nochmaliges Betätigen von **[Esc]** hebt auch diese Auswahl auf.
12. Auf die Punkte **A-3** und **C-3** kommen auf den gleichen Weg die Stützen mit dem **Querschnitt CS1-HEA200**
13. Durch Betätigen des Buttons  aus der Werkzeugleiste für die Ansichtsoptionen unterhalb des Modellfensters können die Bauteilbezeichnungen eingeblendet werden.
14. Über die Schaltflächen  und  wird die Ansicht des Modells gerendert.

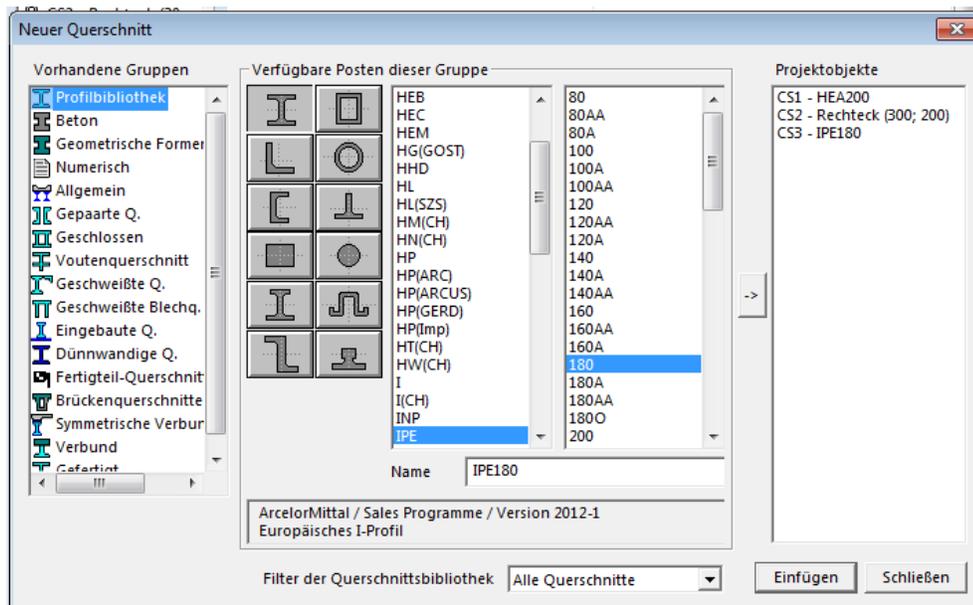


15. Der Punktraster kann über das Icon  deaktiviert werden.

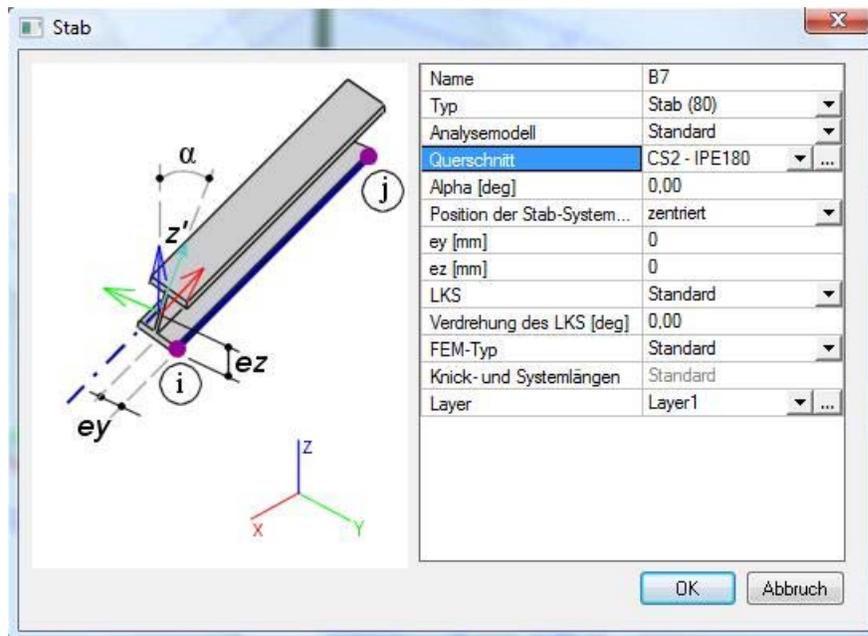
Bei Gedrückthalten der [Strg]- und der rechten Maustaste kann das Modell beliebig am Bildschirm rotiert werden. Wenn Sie eine PC-Maus mit Scroll-Rad besitzen, können Sie durch Drehen an diesem aus dem Bild heraus- bzw. in das Bild hinein-zoomen. Durch Verschieben der Maus bei gedrücktem Scroll-Rad kann die Position der Struktur am Bildschirm verändert werden. Doppelklicken auf das Scroll-Rad entspricht dem Befehl „Zoom alles“. Sollten Sie nicht über eine solche Hardware verfügen, kann die Position über die virtuellen Scroll-Räder (grau schattiert) in der rechten unteren Ecke des Anzeige-Fensters angepasst werden.

Eingabe der Riegel

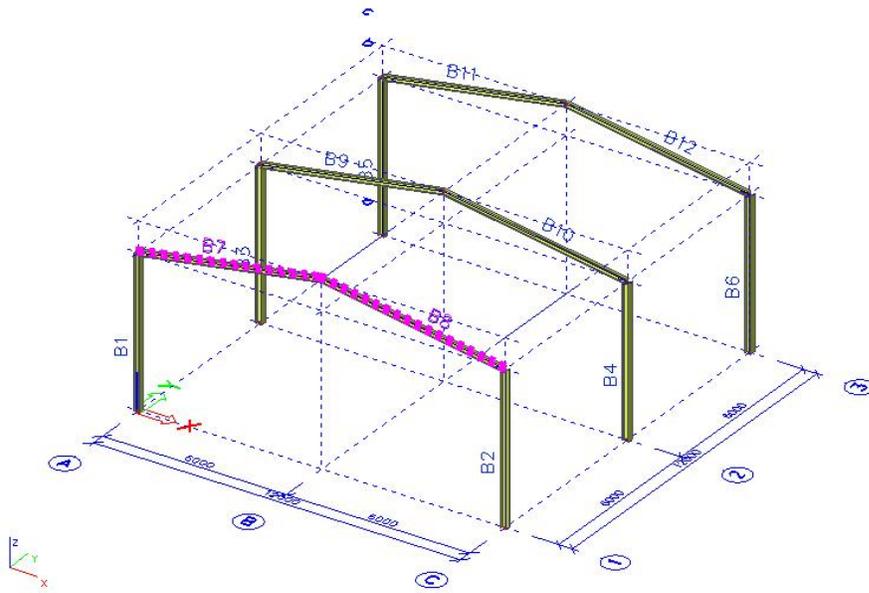
1. Per Doppelklick auf den Befehl **Stab** aus dem **Struktur**-Menü am linken Bildschirmrand wird das entsprechende Fenster geöffnet.
2. Klicken Sie in der Zeile **Querschnitt** auf das Symbol . Der Dialog **Querschnitte** erscheint.
3. Betätigen Sie die Schaltfläche **[Neu]**, um einen weiteren Querschnitt zu definieren.



4. Nach der bereits beschriebenen Vorgangsweise wird nun ein **IPE 180** eingefügt.
5. Schließen Sie das Dialogfenster.
6. Klicken Sie im Fenster **Querschnitte** auf **[OK]**. Der Dialog **Stab** erscheint wieder.



7. Kontrollieren Sie, ob für den Querschnitt **CS2 – IPE 180** ausgewählt ist und bestätigen Sie mit **[OK]**.
8. Zum Einfügen ins Modell wird zuerst der Anfangspunkt des Riegels festgelegt. Wählen Sie hierfür den Stützenkopf der Stütze **B1** per Mausklick an.
9. Der Endpunkt liegt im First. Klicken Sie also auf den Punkt **B-1** in der obersten Ebene des Linienrasters.
10. Die in 8 und 9 erläuterten Schritte werden wiederholt, diesmal von Stützenkopf **B2** zum Firstpunkt **B-1**. Wichtig ist hierbei immer, dass die Anfangspunkte an der Hallenaußenseite liegen, da diese Bauteile später noch modifiziert werden.
11. Verlassen Sie den Befehl über **[Esc]**. Die zwei soeben erzeugten Riegelbauteile **B7** und **B8** sind noch aktiv, was an der violett-strichlierten Umrandung zu erkennen ist.
12. Nun werden die Bauteile kopiert. Klicken Sie hierfür auf das Symbol  aus der Werkzeugleiste am linken oberen Bildschirmrand.
13. Zuerst wird der Stützenkopf der Stütze **B1** als Ausgangspunkt gewählt.
14. Anschließend werden die Stützenköpfe von **B3** und **B5** als Endpunkte bestimmt.
15. Beenden des Befehls mit **[Esc]**.

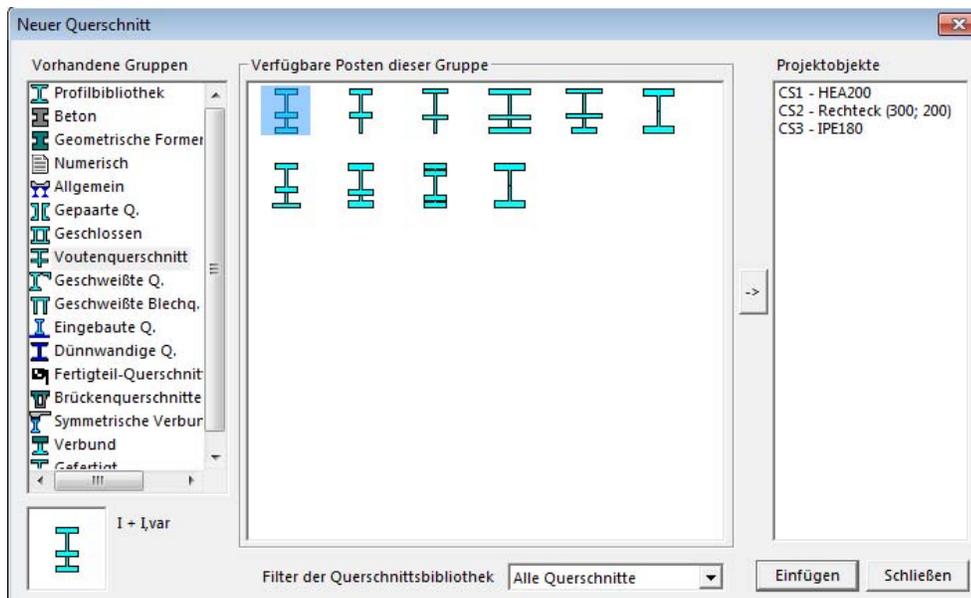


16. Durch nochmaliges Drücken von **[Esc]** wird die Auswahl aufgehoben, die violette Umrandung verschwindet.

*Wenn Sie einmal einen Fehler in der Eingabe haben und ein Element löschen möchten, wählen Sie dieses mit der linken Maustaste an. Sie können dann entweder die Taste **[Entf]** betätigen und den folgenden Dialog mit **[OK]** bestätigen oder per Rechtsklick ein Bildschirm-Menü aufrufen und aus diesem die Option „Löschen“ wählen.*

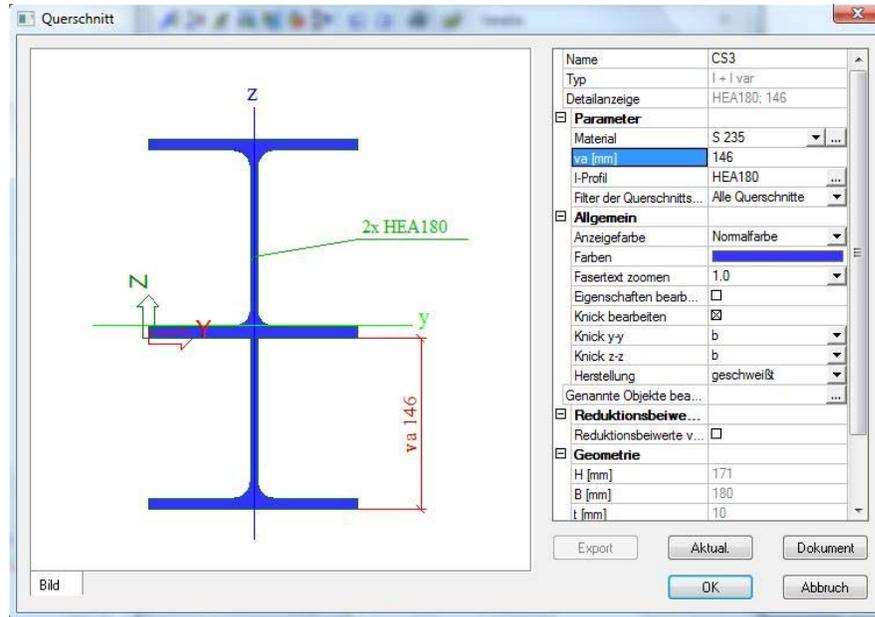
Definieren von Vouten

1. Über **1D-Teil-Komponenten > Voutenquerschnitt** im **Struktur**-Menü wird der entsprechende Befehl aufgerufen. Die Fenster **Querschnitte** und **Neuer Querschnitt** werden geöffnet.
2. Wählen Sie aus **Vorhandene Gruppen** die Option **Voutenquerschnitt** und aus **Vorhandene Objekte dieser Gruppe** die Option **„I + I var“** (erster Eintrag).

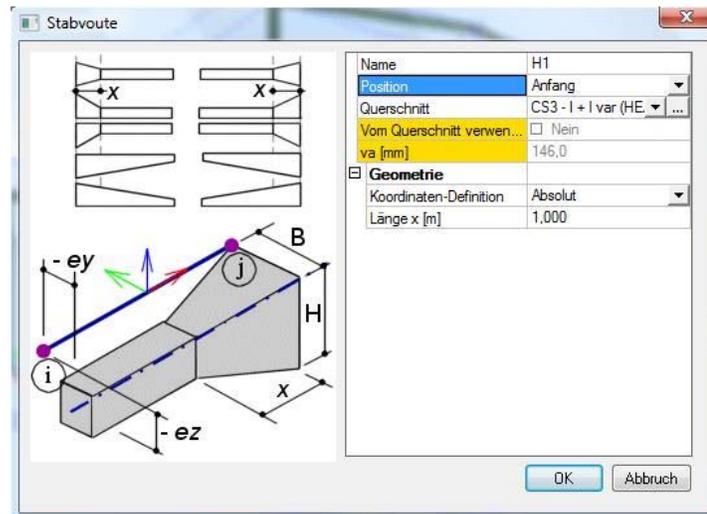


3. Nach Betätigen der Schaltfläche **[Einfügen]** erscheint der Dialog **Querschnitt**.

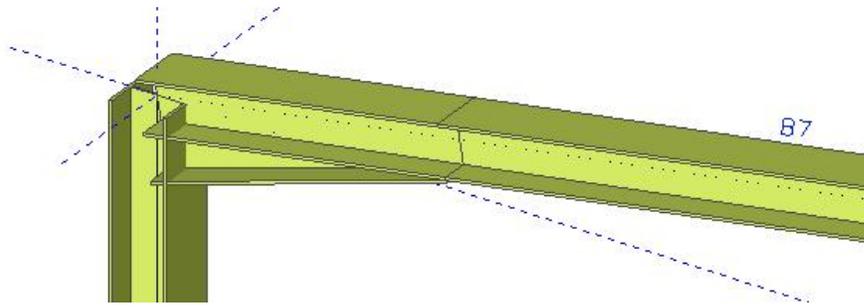
- Geben Sie unter **Parameter** in der Zeile **va [mm]** den Wert **146** ein. Dies entspricht der maximal zulässigen Höhe der Voute beim gegebenen Querschnitt.



- Bestätigen mit **[OK]**.
- Schließen Sie **Neuer Querschnitt** über die entsprechende Schaltfläche und beenden Sie den Dialog **Querschnitte** mit **[OK]**. Das Fenster **Stabvoute** wird geöffnet.

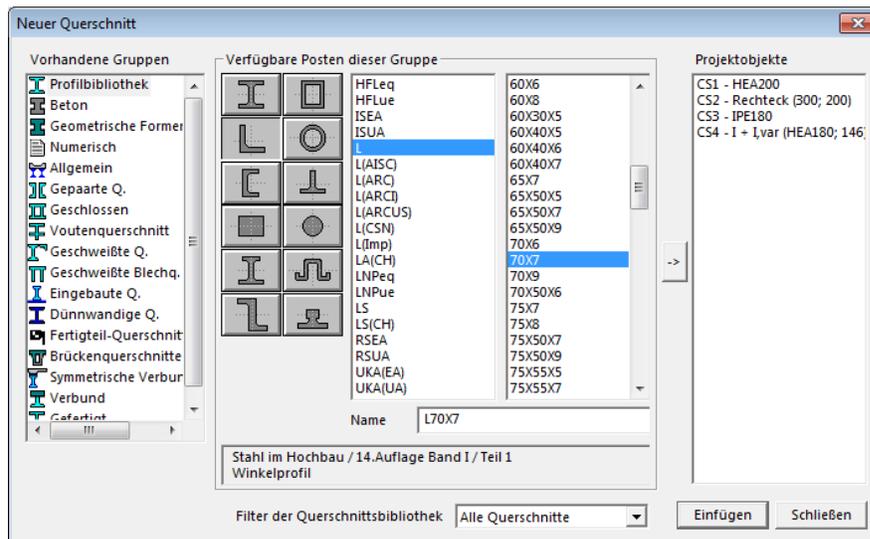


- Unter **Geometrie** wird für die **Koordinaten-Definition** aus der Dropdown-Liste **Absolut** ausgewählt, die **Länge x [m]** beträgt **1,000**.
- Überprüfen Sie, ob in der Zeile **Position** die Option **Anfang** eingestellt ist. Nun wird auch ersichtlich, warum es bei der Eingabe der Riegel notwendig war, den Anfangspunkt immer an der Hallenaußenseite zu wählen. So kommen die Vouten automatisch an der richtigen Stelle zu liegen.
- Bestätigen mit **[OK]**.
- Nun werden die Stäbe **B7** bis **B12** einzeln angeklickt, um diesen die Vouten zuzuweisen.
- Beenden des Befehls und Deselektieren der modifizierten Bauteile über zweimaliges Betätigen der Taste **[Esc]**.

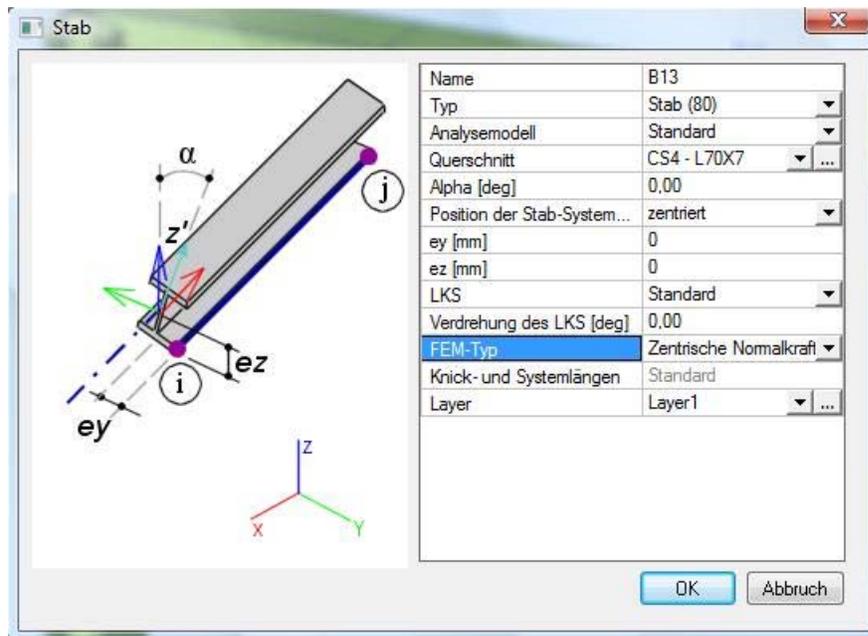


Eingabe der Windverbände

1. Öffnen Sie im **Struktur**-Menü den Befehl **Stab**.
2. Drücken Sie im Fenster **Stab** auf , um den Dialog **Querschnitte** aufzurufen.
3. Betätigen der Schaltfläche **[Neu]** öffnet das Dialogfenster **Neuer Querschnitt**.
4. Drücken Sie auf das Icon  und fügen Sie einen Querschnitt **L 70x7** ein.

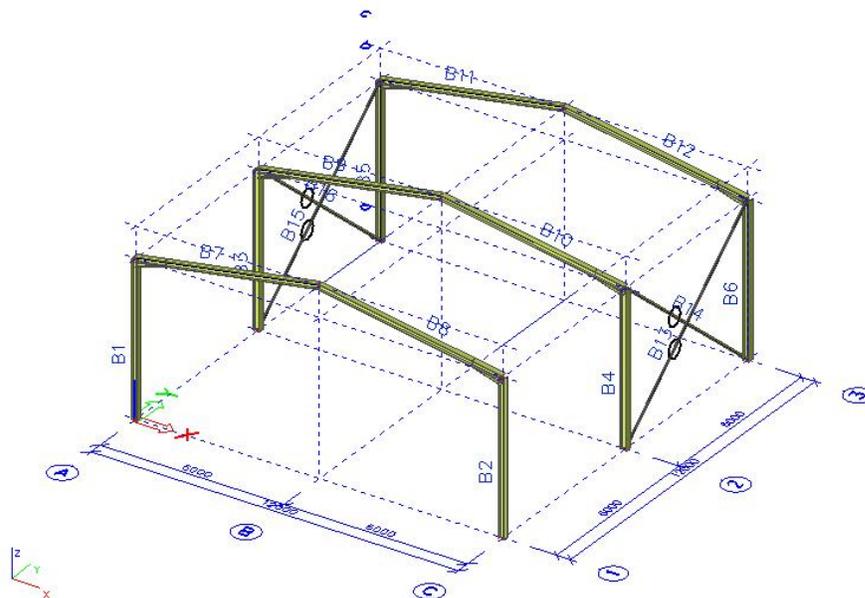


5. Anschließend können die Dialoge **Neuer Querschnitt** und **Querschnitte** geschlossen werden.
6. Wählen Sie im Fenster **Stab** in der Zeile **FEM-Typ** die Option **Zentrische Normalkraft**.

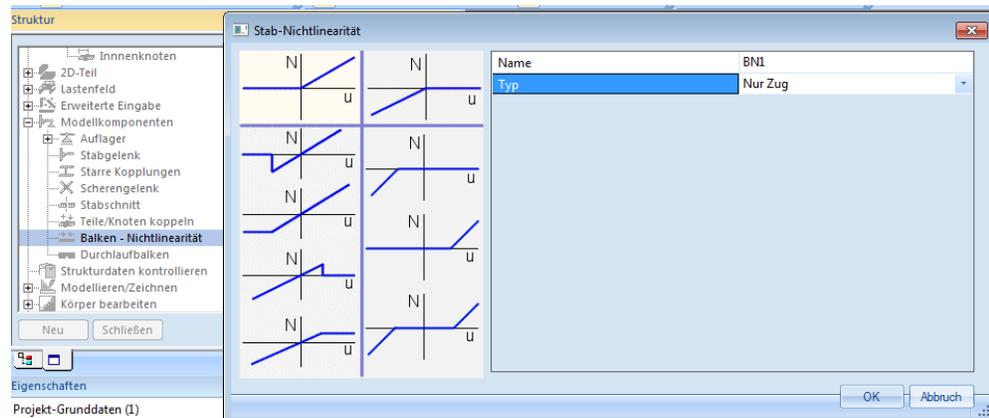


Da die Windverbände als aussteifende Elemente lediglich Normalkräfte abtragen sollen, muss dies vor der Berechnung so festgelegt werden. Linienlasten wie etwa das Eigengewicht, die zusätzlich noch andere Schnittkraftkomponenten hervorrufen würden, werden vom Programm in äquivalente Knotenkräfte umgerechnet.

7. Bestätigen mit [OK].
8. Fügen Sie nun sowohl zwischen den Stützen **B3** und **B5** wie auch zwischen **B4** und **B6** kreuzweise zwei Verbände ein.



9. Beenden des Befehls über einmaliges Betätigen der Taste [Esc].
10. Um den Verbänden zu sagen, dass diese nur Zug aufnehmen können, gehen Sie im Menübaum Struktur auf **Modellkomponenten** und **Balken Nichtlinearität**, sagen hier **nur Zug** und bestätigen mit [Ok].

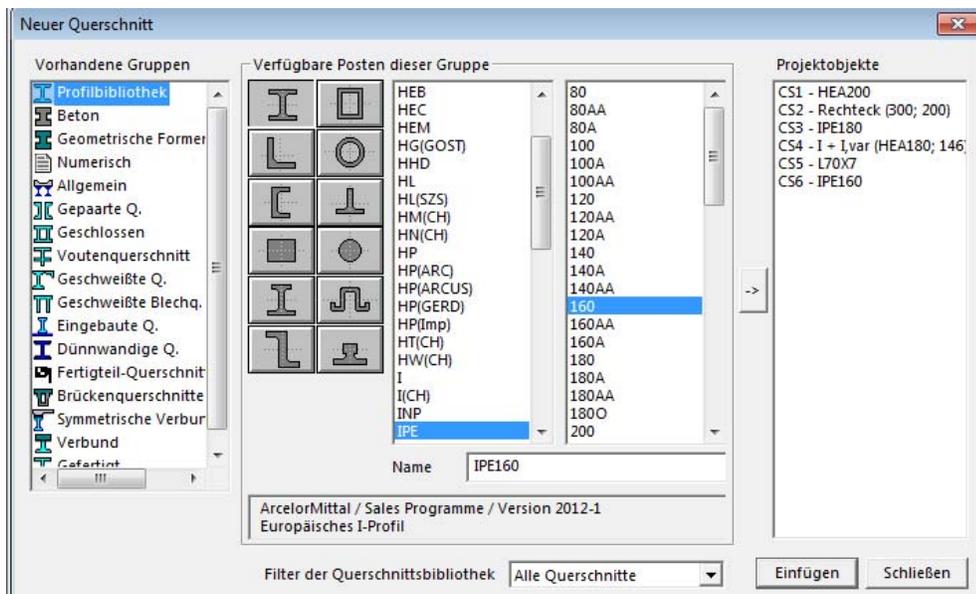


Eingabe der Druckstäbe

1. Führen Sie die Schritte 1 bis 3 des Abschnitts „Eingabe der Windverbände“ erneut aus.

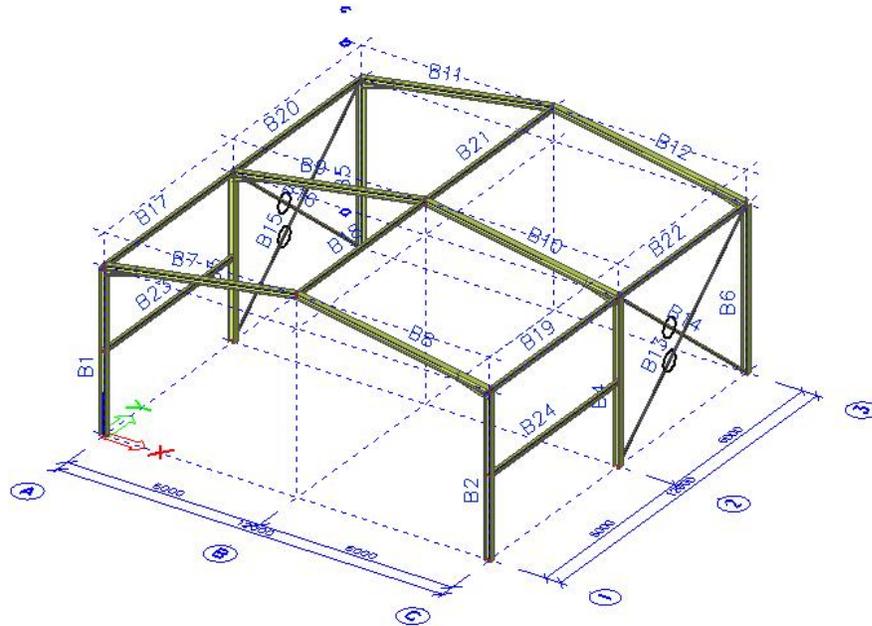


2. Drücken Sie auf das Icon  und fügen Sie einen Querschnitt **IPE 160** ein.



3. Anschließend können die Dialoge **Neuer Querschnitt** und **Querschnitte** wieder geschlossen werden.
4. Wählen Sie im Fenster **Stab** für **FEM-Typ** wieder die ursprüngliche Einstellung **Standard** und bestätigen Sie mit **[OK]**.
5. Die Stäbe werden nun zwischen den Stützenköpfen **B1** und **B3**, zwischen den Firstpunkten **B-1** und **B-2** sowie zwischen den Stützenköpfen **B2** und **B4** eingefügt.
6. Beenden des Befehls mit **[Esc]**.
7. Klicken Sie in der Werkzeugleiste auf , um die drei soeben erzeugten Stäbe zu kopieren. Als Anfangspunkt wird Stützenkopf **B1** gewählt, als Endpunkt Stützenkopf **B3**.
8. Beenden des Befehls und Deselektieren der modifizierten Bauteile über zweimaliges Betätigen der Taste **[Esc]**.

9. Durch Aktivieren des Buttons  in der Befehlszeile am unteren Bildschirmrand werden auch die Mittelpunkte der Bauteile vom Cursorfang erkannt.
10. Wählen Sie per Mausklick die Stäbe **B17** und **B19** aus den soeben erzeugten Elementen aus.
11. Rufen Sie über  abermals den Befehl „Kopieren“ auf. Anfangspunkt ist der Stützenkopf von **B1**, Endpunkt ist der Mittelpunkt selbiger.
12. Betätigen Sie zweimal **[Esc]**.

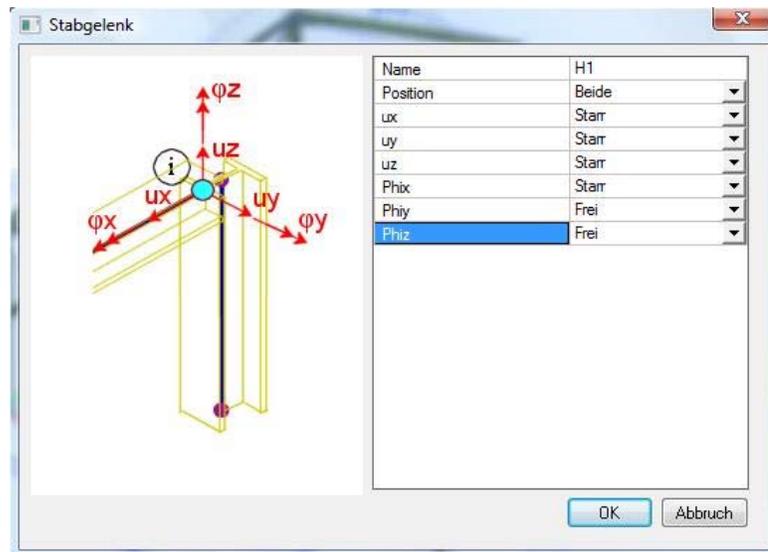


Auflager und Gelenke

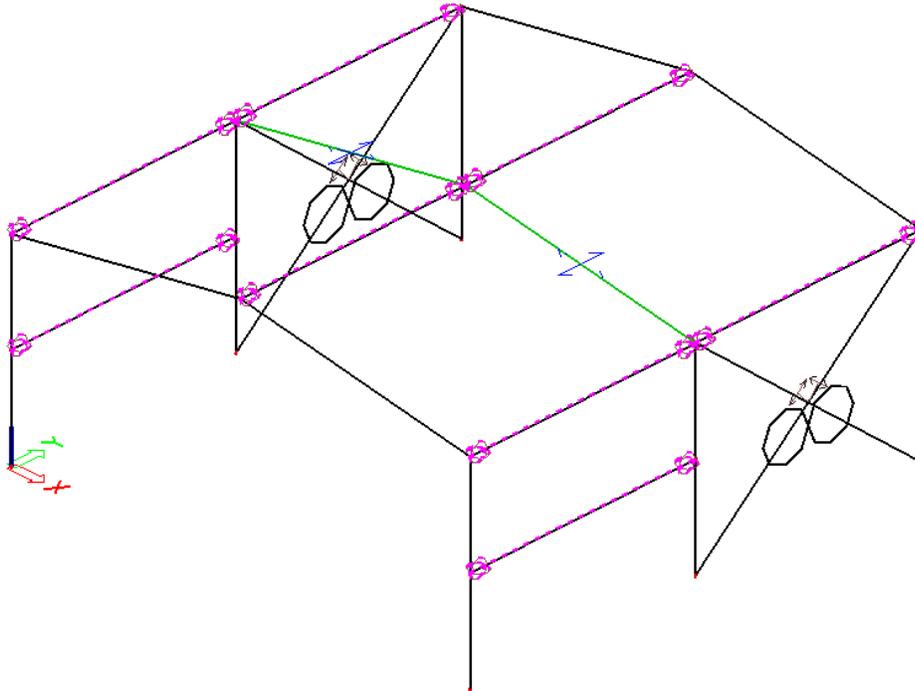
Als vorletzten Punkt der Geometrieingabe werden die Verbindungen der Bauteile untereinander sowie die Lagerung der Struktur festgelegt. Da es sich im vorliegenden Beispiel um einen Stahl-Skelettbau handelt, findet man mit Stabgelenken und Knotenauflägern das Auskommen.

Stabgelenke

1. Deaktivieren Sie zur besseren Übersicht über die Buttons  und  die gerenderte Ansicht.
2. Über **Modellkomponenten > Stabgelenk** aus dem **Struktur**-Menü wird der entsprechende Dialog aufgerufen.



3. Stellen Sie in der Zeile **Position** die Option **Beide** ein. So wird an beiden Enden des Stabes ein Gelenk definiert.
4. Die Verdrehungskomponenten φ_y (**Phiy**) und φ_z (**Phiz**) werden auf **Frei** gestellt, die restlichen Freiheitsgrade werden auf **Starr** gesetzt.
5. Klicken Sie auf **[OK]**.
6. Selektieren Sie nun per Mausklick der Reihe nach alle horizontalen Stäbe der Struktur.

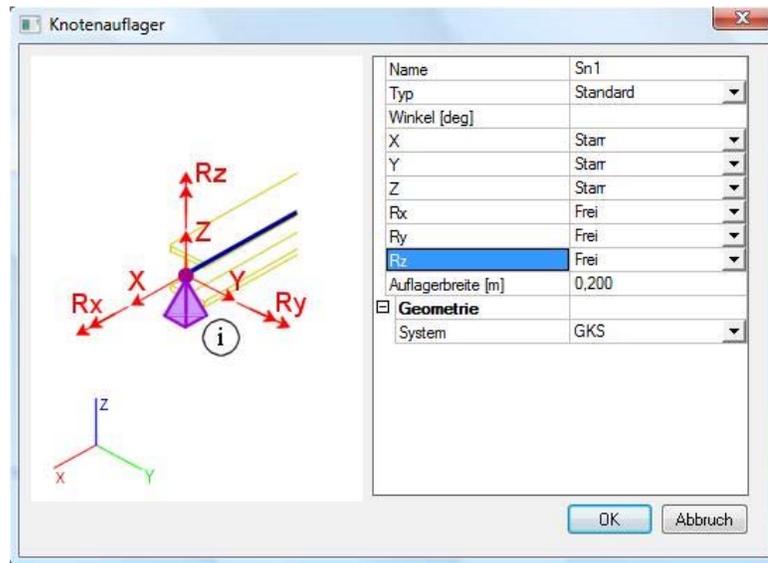


7. Beenden des Befehls und Deselektieren der aktiven Strukturobjekte über zweimaliges Betätigen von **[Esc]**.

Wenn zwischen zwei Bauteilen kein Gelenk definiert wird, kommt dies einer biegesteifen Verbindung gleich. Es entspricht also der Option, dass alle Freiheitsgrade auf „starr“ gesetzt sind. Siehe hierzu im aktuellen Beispiel die Verbindungen zwischen den Stützen und Riegeln.

Knotenaufleger

1. Über die Schaltfläche  aus der Werkzeugleiste wird in die Y-Ansicht gewechselt.



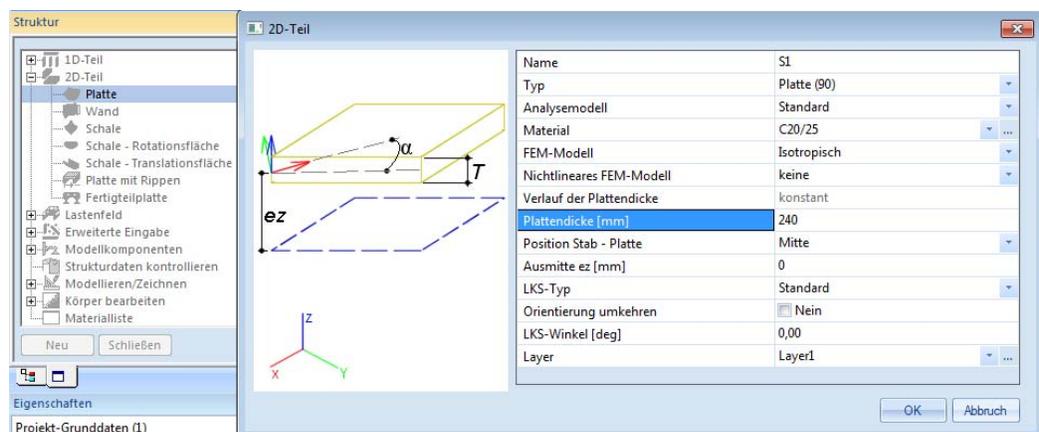
2. Rufen Sie über **Modellkomponenten > Auflager > in Knoten** das Fenster **Knotenaufleger** auf.
3. Die Verschiebungen **X**, **Y** und **Z** werden auf **starr** gestellt, die Rotationen **R_x**, **R_y** und **R_z** auf **frei**. Dies sind die Einstellungen für ein unverschiebliches Gelenkaufleger.
4. Bestätigen Sie mit **[OK]**.
5. Wählen Sie die unteren Knoten der Stahlstützen in Ebene 3 aus.

Bodenplatte

Als letzten Punkt der Geometrieingabe geben wir an den 4 Betonstützen in den Ebenen 1 und 2 eine Bodenplatte ein.

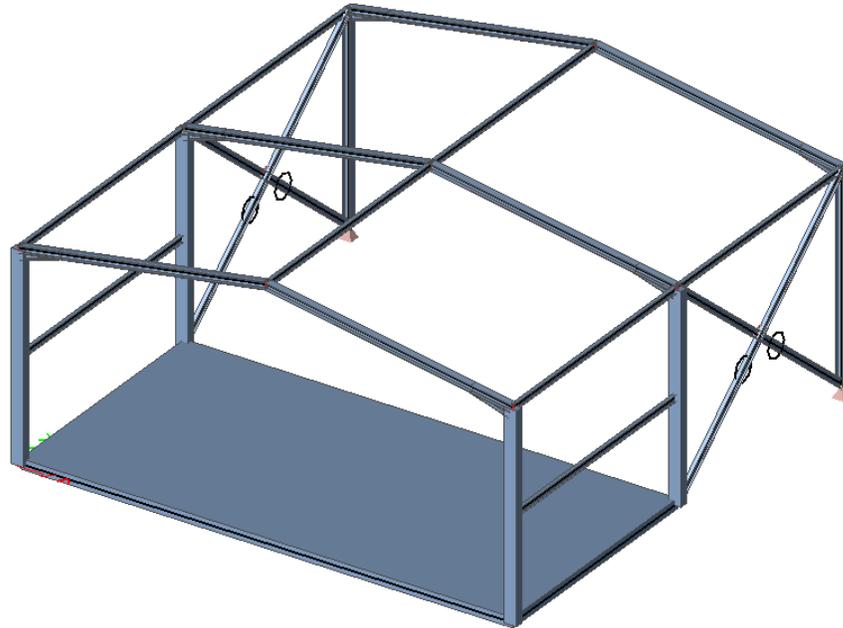
Bodenplatte

1. Gehen Sie im Menübaum Struktur auf **2D-Teil** und **Platte** und wählen das Material **C20/25** bei einer Dicke von **240mm**.

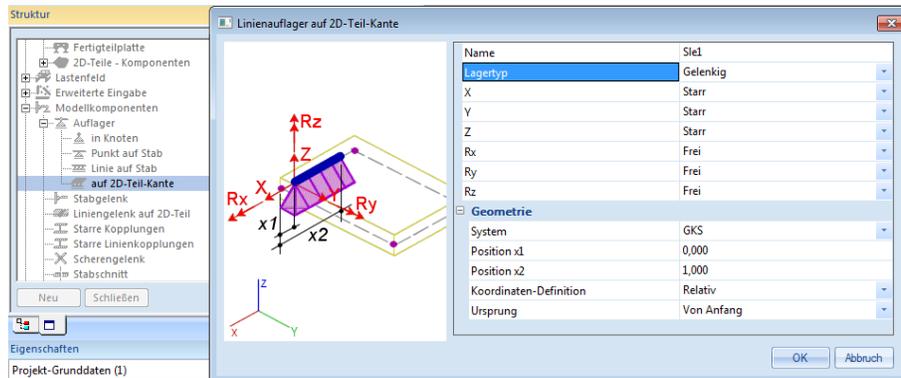


2. Bestätigen Sie mit **[OK]**

3. Dann fragt das Programm nach Punkten, wobei Sie die vier Betonstützenfüße jetzt reihum anklicken.



4. Geben Sie dann ähnlich wie bei den Knotenauflagern an den Außenkanten der Platte gelenkige Auflager auf **2D-Teil-Kante** an



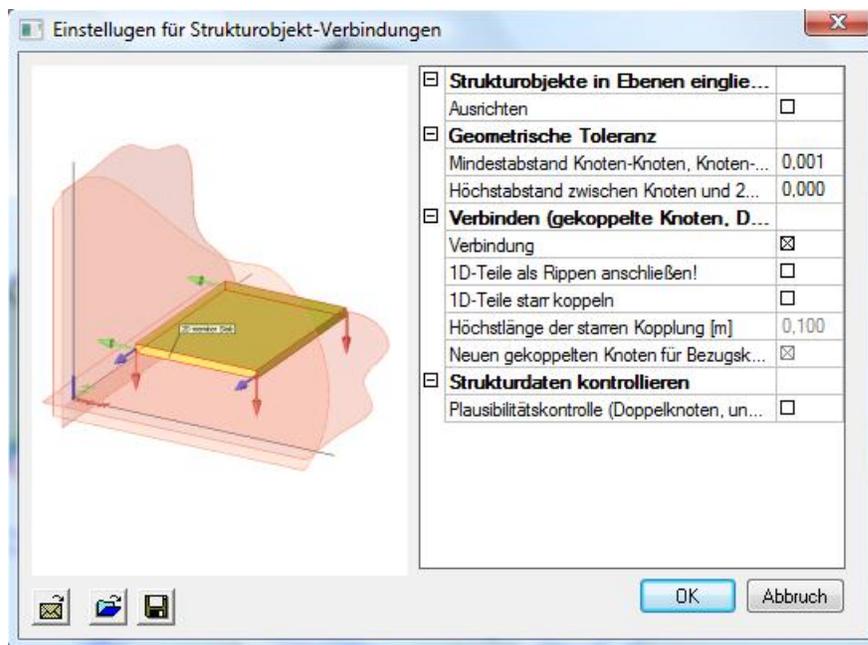
Kontrolle der Eingaben

Abschließende Einstellungen

Knoten koppeln

Um das System in ein Kontinuum überzuführen, bei dem alle Bauteile an ihren Enden mit dem benachbarten Bauteil verbunden sind, ist es notwendig, die sogenannten Knoten zu koppeln. Auf Basis dieser Koppelungen kann SCIA Engineer dann ein korrektes FE-Netz für das gesamte Modell generieren.

1. Klicken Sie in der Werkzeugleiste auf das Symbol . Ein Popup stellt die Frage, ob Sie alle Objekte weiter bearbeiten wollen.
2. Betätigen Sie mit **[Ja]**. Das Dialogfenster **Einstellungen für Strukturobjekt-Verbindungen** erscheint.

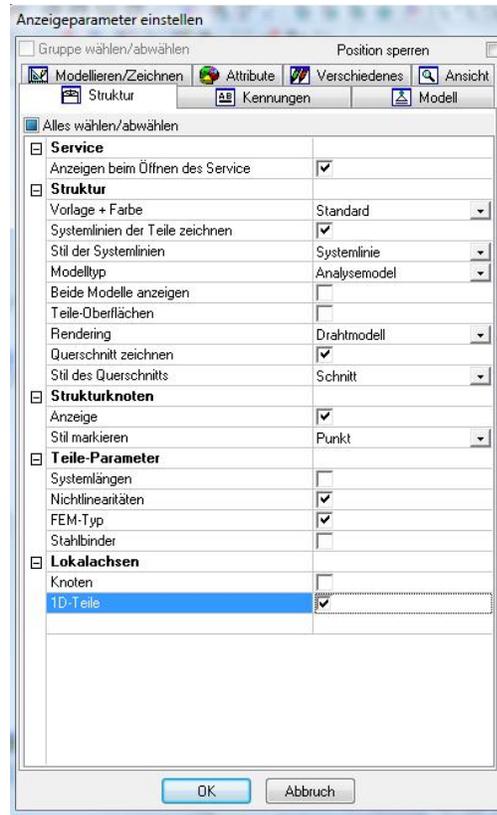


3. Kontrollieren Sie, ob das Kästchen in der Zeile **Verbindung** angekreuzt ist, und bestätigen Sie mit **[OK]**.
4. Ein weiteres Popup informiert Sie darüber, dass vier Knoten eingebunden wurden. Bestätigen Sie abermals mit **[OK]**.

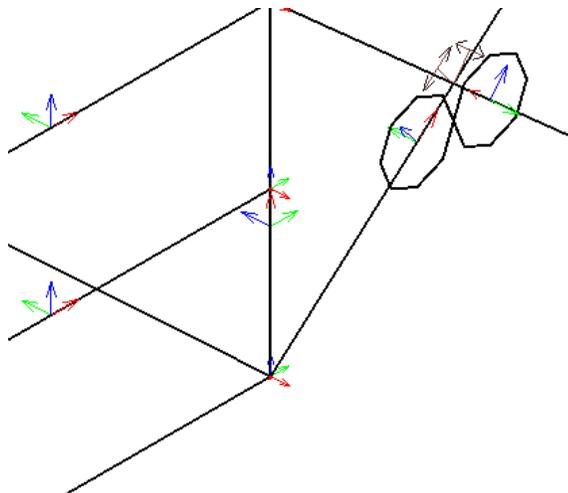
Anpassen der Ansichtsparameter

1. Über das Symbol  aus der Werkzeugleiste für die Ansichtsoptionen kann der **Linienraster-Manager** aufgerufen werden.
2. Durch Abwählen der angehakten Kästchen und abschließendes Bestätigen mit **[OK]** wird der Linienraster deaktiviert.
3. Über das Icon  werden die Bauteilkennungen ausgeblendet.
4. Mit  können die Auflager im Modell dargestellt werden.

- Klicken Sie in der Leiste oberhalb der Befehlszeile auf das Symbol  und wählen Sie aus der aufscheinenden Liste die Option **Einstellungsdialog**. Das Fenster **Anzeigeparameter einstellen** wird geöffnet.
- In der Registerkarte **Struktur** werden die Kästchen bei **Struktur > Querschnitt zeichnen** und **Lokalachsen > 1D-Teile** angehakt.



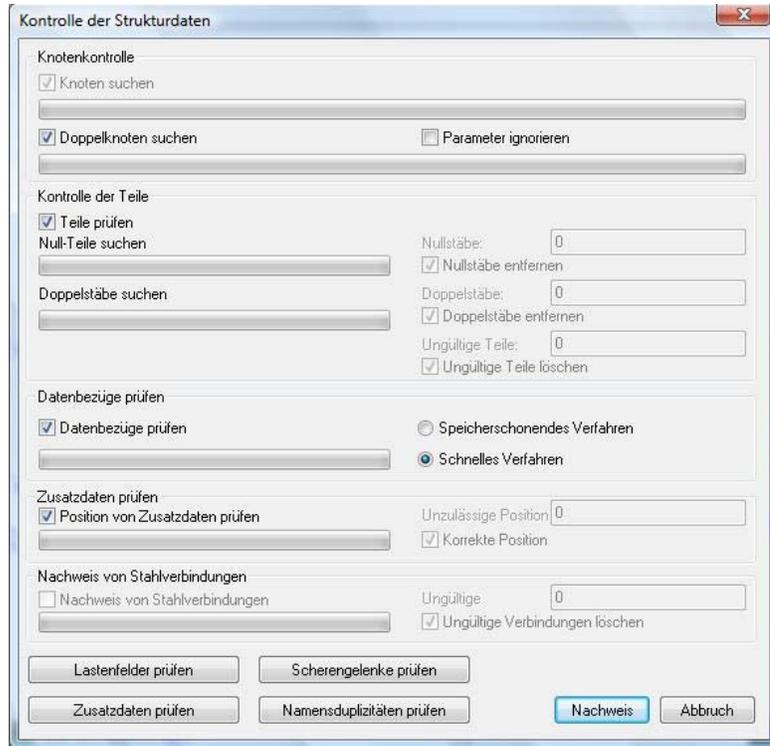
- Bestätigen mit **[OK]**.



Systemkontrolle

Im letzten Schritt wird eine Kontrolle der Strukturdaten durchgeführt, um sicher zu gehen, dass bei der Eingabe keine Fehler aufgetreten sind.

1. Klicken Sie in der Werkzeugleiste auf das Symbol . Der Dialog **Kontrolle der Strukturdaten** wird geöffnet.



Kontrolle der Strukturdaten

Knotenkontrolle

Knoten suchen

Doppelknoten suchen Parameter ignorieren

Kontrolle der Teile

Teile prüfen

Nullstäbe suchen Nullstäbe entfernen

Doppelstäbe suchen Doppelstäbe entfernen

Ungültige Teile: Ungültige Teile löschen

Datenbezüge prüfen

Datenbezüge prüfen Speicherschonendes Verfahren Schnelles Verfahren

Zusatzdaten prüfen

Position von Zusatzdaten prüfen Korrekte Position

Nachweis von Stahlverbindungen

Nachweis von Stahlverbindungen Ungültige Verbindungen löschen

Lastenfelder prüfen Scherengelenke prüfen

Zusatzdaten prüfen Namensduplizitäten prüfen **Nachweis** Abbruch

2. Betätigen Sie den **Nachweis**-Button. Wenn die Struktur korrekt eingegeben wurde, wird die Datenkontrolle keine Probleme feststellen.
3. Beenden Sie mit **[OK]**.
4. Die Eingabe der Geometrie ist somit fertiggestellt. Speichern Sie aus Sicherheitsgründen in regelmäßigen Abständen die Datei über das Icon .

Grundsätzliches

Nach Eingabe der Geometrie der Struktur muss die Belastung selbiger definiert werden.

Lasten stellen wahrscheinlich den wichtigsten Bestandteil eines Modells dar. Sie sollten dem korrekten Definieren von Lasten, denen die zu modellierende Struktur ausgesetzt sein wird, stets große Aufmerksamkeit widmen.

Um einen guten Überblick über dieses Kapitel zu erhalten, sollte zwischen folgenden Begriffen unterschieden werden.

Lasten

Unter dem Begriff „Lasten“ sind alle unterschiedlichen Lasttypen zusammengefasst. Dies können beispielsweise Punktlasten, Linienlasten, Flächenlasten, Momentlasten, Temperaturlasten, Auflagerverschiebungen etc. sein.

Lastfälle

Einzelne Lasten müssen in Lastfällen zusammengefasst werden. Der Lastfall ist ein geläufiger und allgemein verständlicher Begriff der Fachterminologie, der auch in nationalen technischen Normen, die sich mit Lasten von Bauwerken beschäftigen, verwendet wird. Die Handhabung von Lastfällen in SCIA Engineer entspricht den in der Baupraxis gängigen, ja sogar verbindlich eingeführten Regeln der Behandlung von Lasten.

Mit jedem Lastfall sind bestimmte Eigenschaften verknüpft, die für die Bildung der Lastfallkombinationen relevant sind. So wird etwa beim Lastfalltyp zwischen „ständig“ und „variabel“ unterschieden.

Beispiele für diese Kategorie sind Eigengewicht, Aufbaulast, Schneelast, Windlast etc.

Lastgruppen

Lastgruppen legen fest, wie einzelne Lastfälle zusammen kombiniert werden können, wenn sie in einer Lastfallkombination zusammenwirken.

Lastgruppen sind insbesondere für die automatische Generierung von Lastfallkombinationen wichtig. Mit Lastgruppen können Sie auf einfache Art festlegen, welche Lastfälle zusammenwirken MÜSSEN, welche Lastfälle sich gegenseitig AUSSCHLIESSEN oder welche Lastfälle zusammenwirken KÖNNEN.

Lastfallkombinationen

Im Projekt definierte Lastfälle können in Lastfallkombinationen kombiniert werden. Anschließend können die Kombinationen zum Auswerten der Ergebnisse und Normnachweise benutzt werden.

Es gibt verschiedene Typen von Lastfallkombinationen. Jeder Typ wird für andere Nachweise oder Prüfungen eingesetzt. So gibt es unter anderem den Kombinationstyp „Umhüllende – Traglast“, der die Vorschrift für automatische Generierung von Lastfallkombinationen für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit darstellt. Analog dazu gibt es den Typ „Umhüllende – Gebrauchslast“.

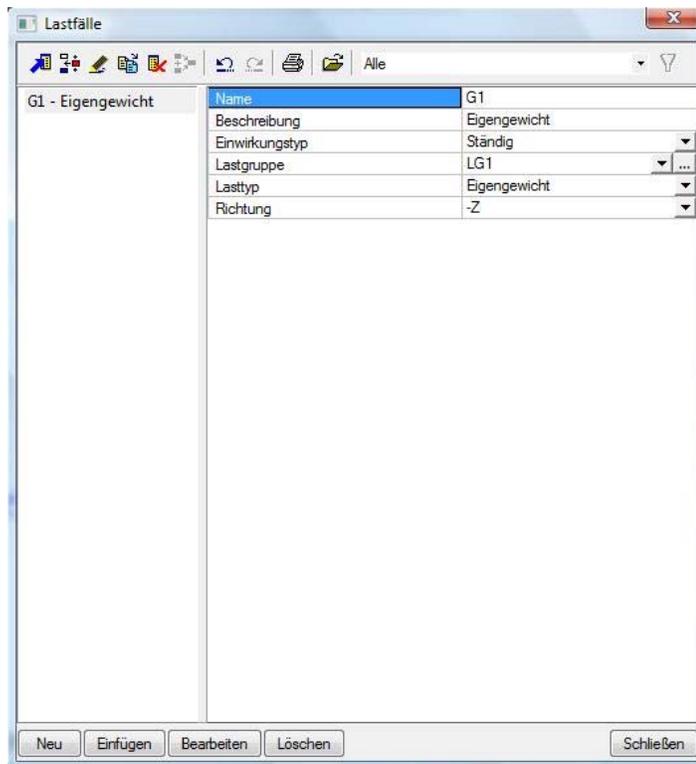
Für nähere Informationen empfiehlt es sich, das Kapitel „Lasten“ in der Referenzanleitung von SCIA Engineer zu studieren.

Lastfälle, Lasten und Lastfallkombinationen

Erzeugen von Lastfällen

Einwirkungstyp „Ständig“

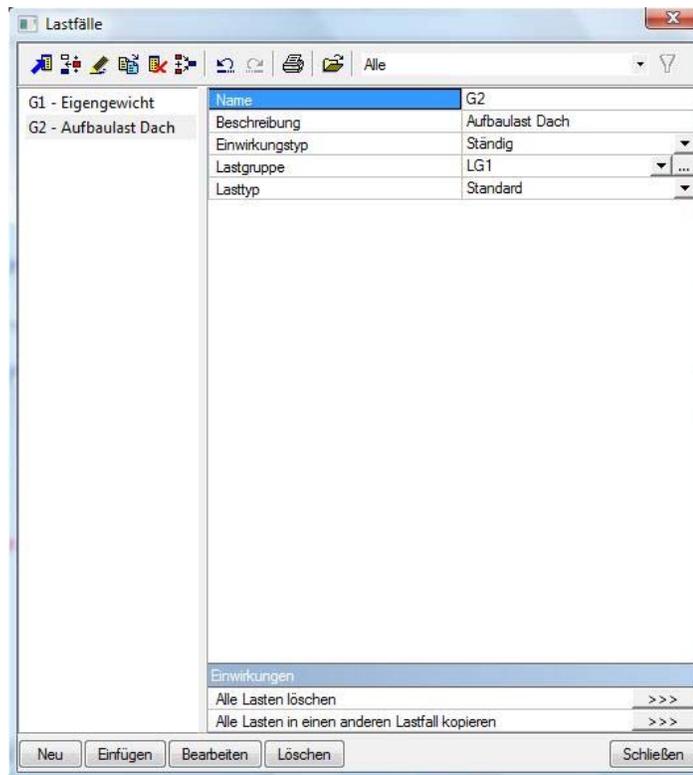
1. Falls Sie noch im **Struktur**-Menü sind, steigen Sie durch Betätigung der Schaltfläche **[Schließen]** aus diesem aus.
2. Im **Menübaum** wird unter **Lastfälle und LF-Kombinationen > Lastfälle** der **Lastfälle**-Dialog aufgerufen.



3. Geben Sie die Daten entsprechend obenstehender Abbildung ein. Da es sich um den Lastfall Eigengewicht handelt, muss besonderes Augenmerk darauf gelegt werden, dass für den **Einwirkungstyp Ständig** eingestellt ist. Dieser Lastfall ist standardmäßig der **Lastgruppe LG1** zugeordnet.

Da für den Lasttyp die Option „Eigengewicht“ eingestellt ist, ermittelt das Programm automatisch die aus der Geometrie und den Materialeigenschaften resultierende Belastung.

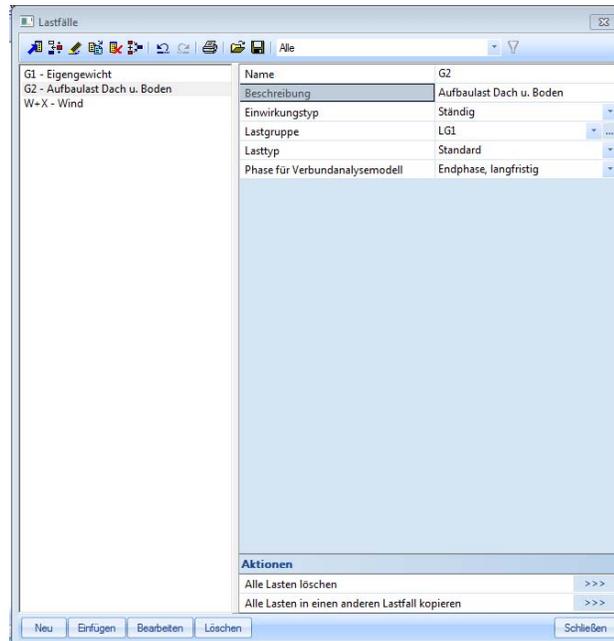
4. Über die Schaltfläche **[Neu]** wird ein weiterer Lastfall hinzugefügt.



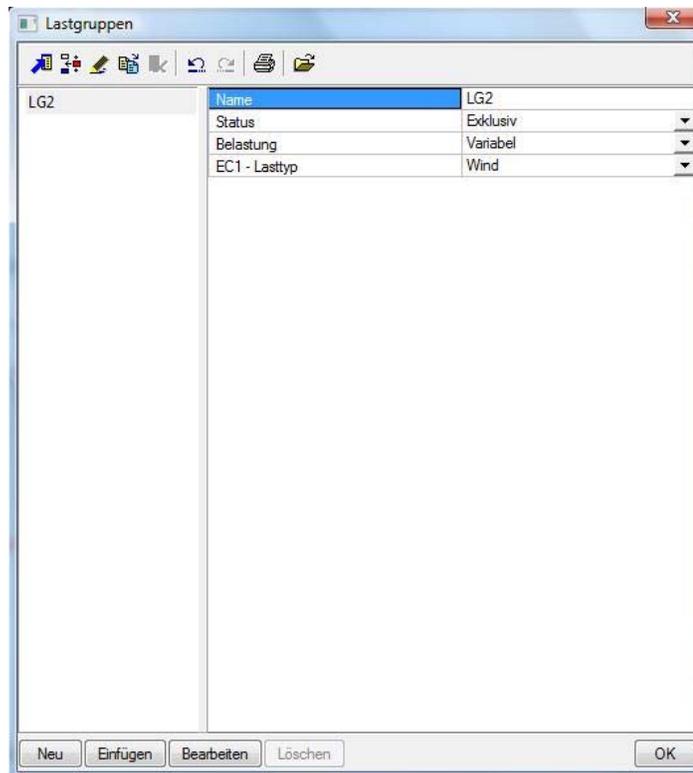
5. Geben Sie wieder die Daten entsprechend obenstehender Abbildung ein. Bei diesem Lastfall, der die Aufbaulasten (Dachkonstruktion, Boden) repräsentiert, ist ebenfalls **Einwirkungstyp ständig** zu wählen. Der Lastfall wird der **Lastgruppe LG1** zugeordnet, für den **Lasttyp** wird **Standard** eingestellt. Dies ist für die Bildung der Lastfallkombinationen relevant.
6. Durch Klick auf [**Neu**] wird der nächste Lastfall erzeugt.

Einwirkungstyp „Variabel“

1. Der folgende Lastfall erhält den **Namen W+X** und ist vom **Einwirkungstyp Variabel**. Dieser Lastfall repräsentiert die Richtung von Windkräften in die positive X-Richtung.



- Bei Auswählen der Option **Variabel** ordnet das Programm den Lastfall automatisch einer anderen **Lastgruppe** zu, in diesem Fall **LG2**. Durch Betätigen der Schaltfläche  öffnet sich das Dialogfenster **Lastgruppen**.



- Der **Status** wird auf **Exklusiv** gesetzt. Anmerkungen hierzu siehe weiter unten. Die **Belastung** muss auf **Variabel** gesetzt werden, damit das Programm die korrekten Teilsicherheitsbeiwerte (Gamma-Beiwerte) für die Einwirkungsseite wählen kann. Bei **EC1 – Lasttyp** müssen Sie die Option **Wind** einstellen. Hieraus bestimmt das Programm die Kombinationsbeiwerte (Psi-Beiwerte).
- Bestätigen Sie mit **[OK]**.
- Beenden Sie das Fenster **Lastfälle** mit **[Schließen]**.

Für die Bildung der Lastfallkombinationen ist es essentiell, dass Sie die einzelnen Lastfälle gleich systematisch entsprechenden Lastgruppen zuordnen.

Lastgruppen-Status „Standard“ bedeutet, dass die dieser Lastgruppe zugeordneten Lastfälle in JEDLICHER KOMBINATION auftreten können, d.h. alleine, mehrere zusammen oder alle gleichzeitig. Für Lasten, die in den unterschiedlichen Feldern eines Systems in beliebiger Variation auftreten können, ist eine Lastfallgruppe mit diesem Status zu erzeugen. So wird bei der Kombination auf jeden Fall die maßgebliche Laststellung berücksichtigt. Als Beispiel seien hier gewöhnliche Nutzlasten erwähnt.

Im Gegensatz dazu bedeutet Lastgruppen-Status „Exklusiv“, das die in einer solchen Lastgruppe auftretenden Lastfälle NIE gleichzeitig auftreten können. So sind etwa die Lastfälle „Wind von Richtung X“ und „Wind von Richtung -X“ einer solchen Lastgruppe zuzuordnen.

Erzeugung von Lasten

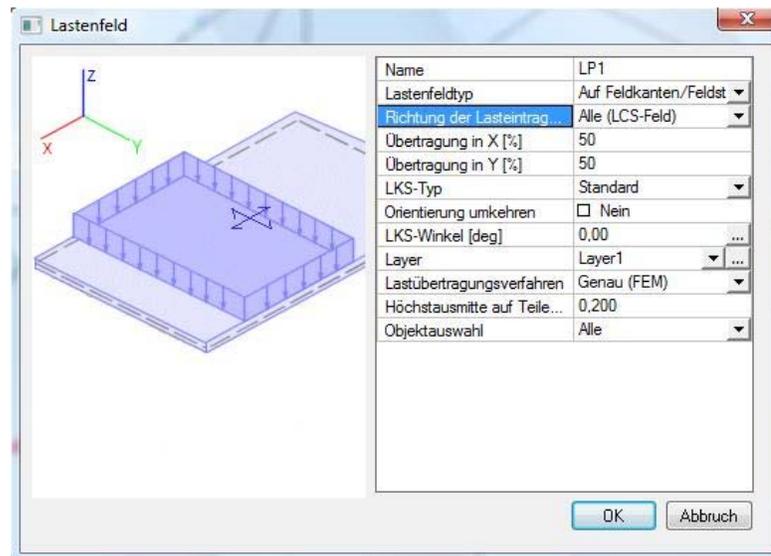
Definieren der Lasten für den Lastfall G1 – „Eigengewicht“

Da SCIA Engineer aus der Geometrie und den Baustoffeigenschaften der Struktur selbstständig die daraus resultierenden Eigengewichte ermittelt, muss der Benutzer diesen Lastfall nicht weiter konkretisieren.

Definieren der Lasten für den Lastfall G2 – „Aufbaulast Dach u. Boden“

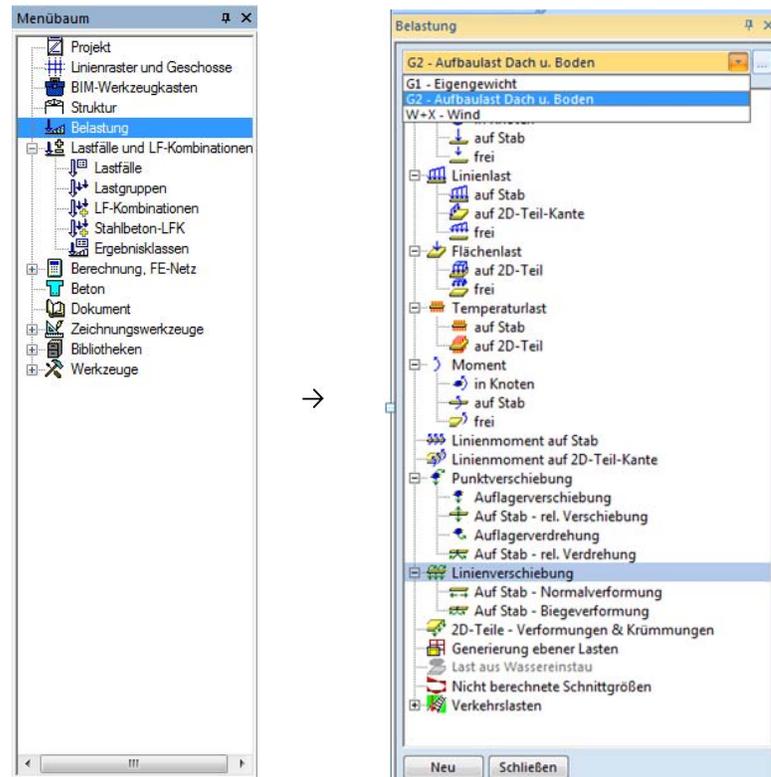
Die Aufbaulasten der Dachkonstruktion werden über sogenannte „Lastenpaneele“ definiert. Dabei können für die Dachfläche Flächenlasten erzeugt werden, aus denen das Programm anschließend Linienlasten für die lastabtragenden 1D-Teile generiert.

1. Im **Struktur**-Menü wird der Befehl **Last auf Feldkanten/Feldstäbe** aufgerufen. Der Dialog **Lastenfeld** öffnet sich.
2. In der Zeile **Richtung der Lasteintragung** wird **Alle (LCS-Feld)** ausgewählt. Diese Einstellung bewirkt, dass die Lastabtragung nach dem Schema einer zweiseitig gespannten Platte in beide Achsrichtungen erfolgt.
3. Bestätigen mit **[OK]**.

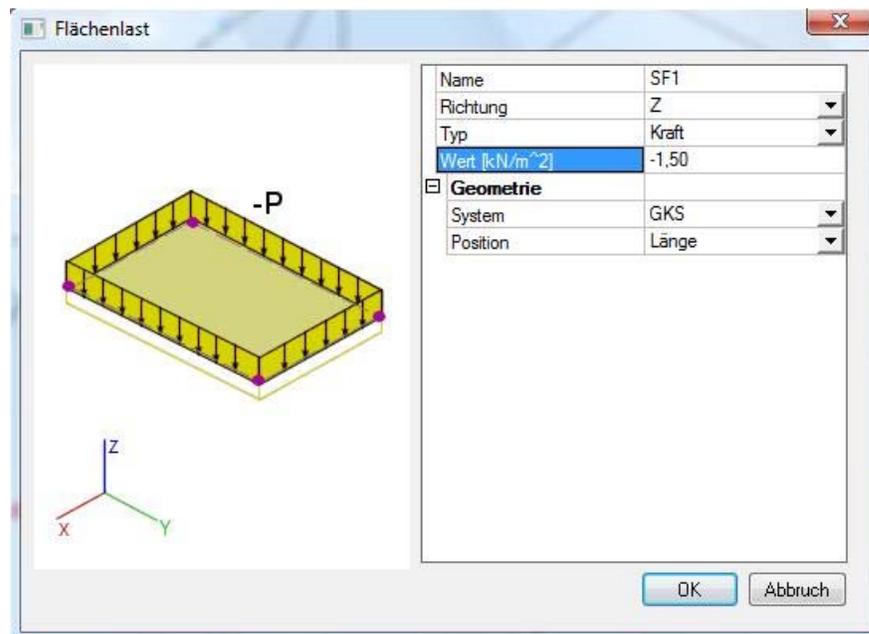


4. Erzeugen Sie nun ein Polygon, das die erste Dachfläche umrandet, indem Sie nacheinander die entsprechenden Eckpunkte anklicken.
5. Drücken Sie **[Esc]**.
6. Wiederholen Sie die Schritte 4 und 5 für die zweite Dachfläche.
7. Nun können Sie das **Struktur**-Menü über **[Schließen]** verlassen.

8. Durch Doppelklick auf **Belastung** im **Menübaum** rufen Sie das **Belastungs**-Menü auf.
9. Wählen Sie aus der Dropdown-Liste oben im Menü per Mausklick **G2 – Aufbaulast Dach u. Boden** aus.



10. Über **Flächenlast** > **auf 2D-Teil** wird das Fenster **Flächenlast** aufgerufen.
11. In die Zeile **Wert [kN/m²]** wird der Wert **-1,50** eingetragen.

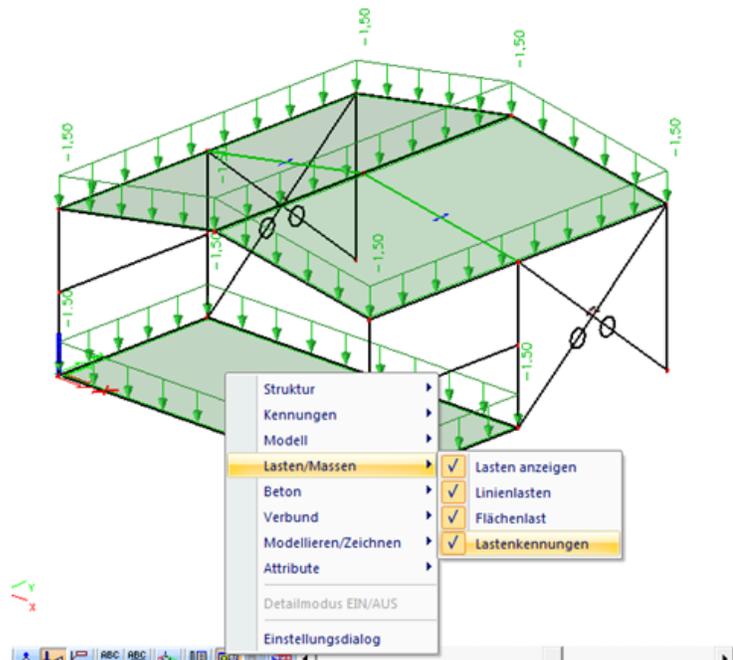


12. Unter **Geometrie** muss für **System** die Option **GKS** gewählt werden. So wird gewährleistet, dass die Last nicht normal auf die Systemebene wirkt, sondern in Richtung der globalen Z-Achse. Dies ist notwendig, da die Dachfläche eine Neigung aufweist.

- Die Einstellung für **Position** lautet auf **Länge**.

Die Option „Projektion“ für die Position bewirkt, dass die Belastung nicht auf die schräge Bauteilachse bezogen wird, sondern stattdessen auf die horizontale Bezugsebene projiziert wird. Dies ist etwa bei der Definition von Schneelasten notwendig.

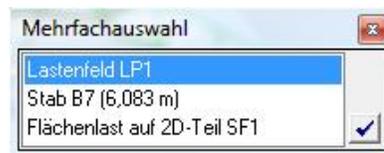
- Bestätigen mit **[OK]**.
- Wählen Sie nun per Mausklick die beiden zuvor definierten Lastenfelder auf den Dachflächen und die Bodenplatte aus.
- Beenden des Befehls über zweimaliges Betätigen von **[Esc]**.
- Über  > **Lasten/Massen** > **Lastenkennungen** können die Werte der Lasten im Modell eingblendet werden.



Generieren der aus den Lastpaneelen resultierenden Linienlasten

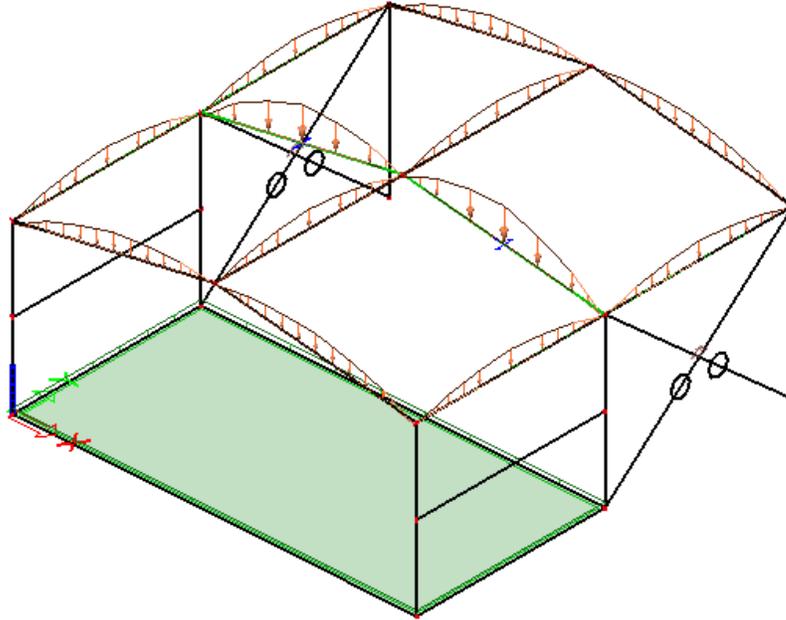
Grundsätzlich ist die Eingabe der Aufbauasten mit der Erzeugung der Flächenlasten über Paneele abgeschlossen. SCIA Engineer 2018 ermittelt automatisch im Hintergrund die Lastverteilung auf die tragenden Bauteile. Sie haben jedoch die Möglichkeit, die resultierenden Linienlasten anzeigen zu lassen.

- Wählen Sie im Modell das **Lastenfeld LP1** aus.
- Wenn die **Mehrfachauswahl** erscheint, doppelklicken Sie auf den entsprechenden Eintrag.



- Nun können durch Klick auf  im **Eigenschaften**-Menü am linken Bildschirmrand die resultierenden Lasten generiert werden.
- Deselektieren über **[Esc]**.

5. Um die Übersicht zu bewahren, empfiehlt es sich, die Lastenkennungen über  > **Lasten/Massen** > **Lastenkennungen** auszuschalten.
6. Wiederholen Sie die Schritte 1 bis 4 für das **Lastenfeld LP2**.

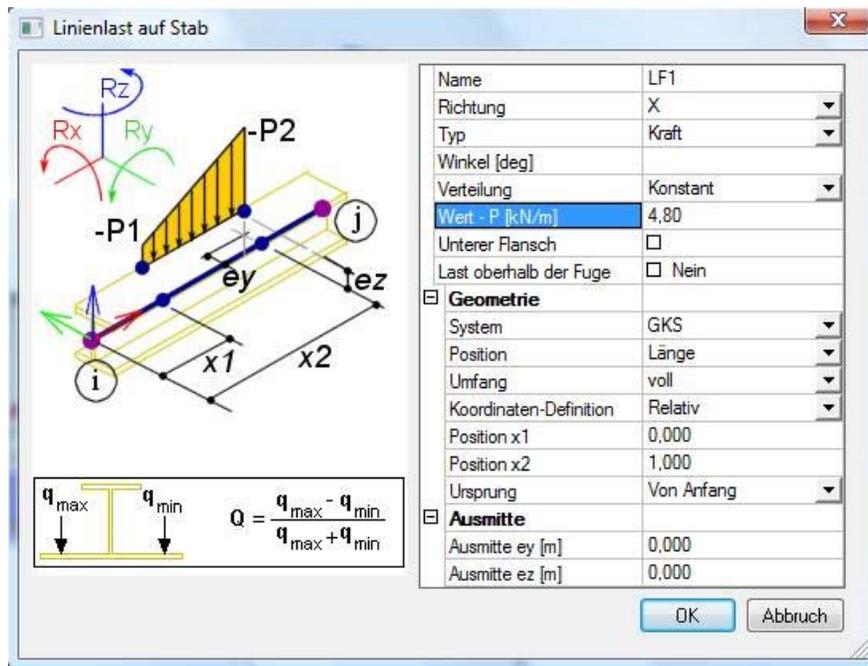


7. Um wieder zur ursprünglichen Ansicht zu gelangen, muss über  > **Einstellungsdialog** das Fenster **Ansichtparameter einstellen** aufgerufen werden.
8. Im Register **Lasten/Massen** kann unter **Lasten anzeigen** > **Generatoren** die Option **Original** ausgewählt werden.
9. Unter **Lastenkennungen** sollten anschließend noch die Kästchen in den Zeilen **Kennungen anzeigen**, **Name** und **Wert** angekreuzt werden.
10. Bestätigen der Änderungen mit **[OK]**.

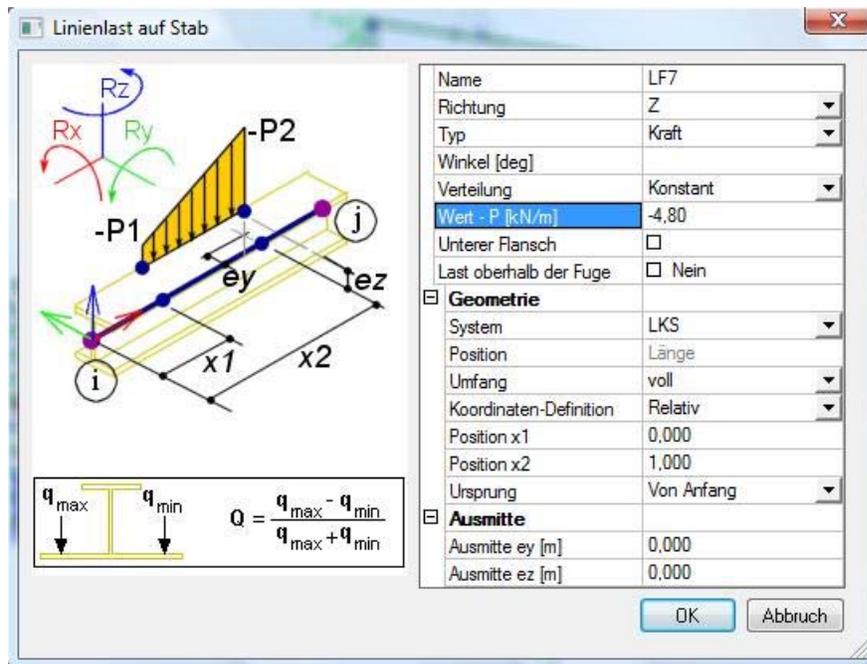
Definieren der Lasten für den Lastfall W+X – „Wind“

Prinzipiell kann die Vorgangsweise mit Lastpaneelen auch für Windkräfte angewendet werden. In diesem Tutorial soll jedoch auch exemplarisch die Erzeugung von Linienlasten wiedergegeben werden.

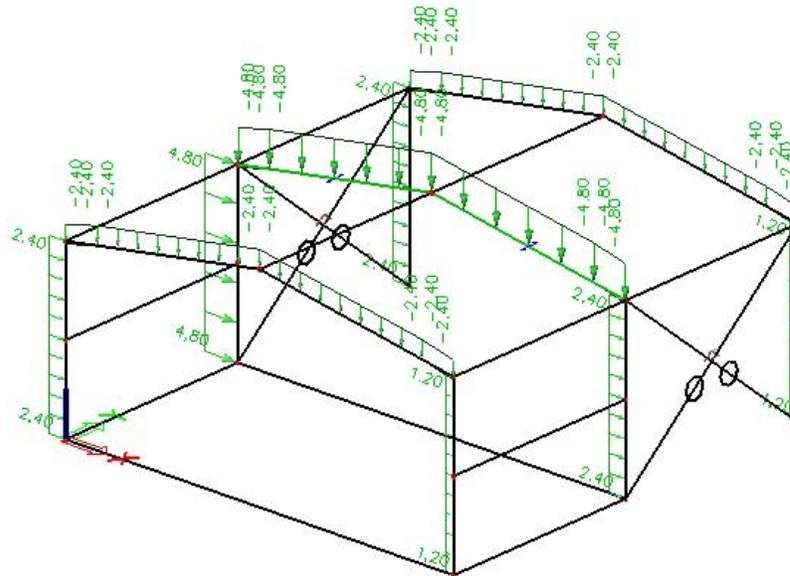
1. Wählen Sie aus der Dropdown-Liste oben im **Belastungs**-Menü per Mausklick **W+X – Wind** aus.
2. Rufen Sie den Befehl **Linienlast** > **Linienlast auf Stab** aus.
3. Die Last wirkt mit der Größe **4,80 kN/m** in Richtung **X** des globalen Koordinatensystems (**GKS**). Stellen Sie den Dialog laut nachstehender Abbildung ein.



4. Bestätigen mit [OK].
5. Wählen Sie im Modell die Stütze **B3**, also die Mittelstütze der linken Systemhälfte, aus.
6. Beenden mit [Esc].
7. Generieren Sie nun nach der in den Schritten 2 bis 6 dargestellten Vorgangsweise eine Linienlast der Größe **2,80 kN/m**. Diese wird den Stützen **B1** und **B5** sowie der Stütze **B4** zugeteilt.
8. Für die Stützen **B2** und **B6** beträgt die Größe der Linienlast **1,20 kN/m**.
9. Zuletzt werden noch die Windlasten auf die Riegel festgelegt. Die mittleren Riegel **B9** und **B10** werden mit einer Linienlast von **-4,80 kN/m** belastet. Da diese Belastung normal auf die Stabachse wirken soll, muss für die **Richtung** die Koordinate **Z** ausgewählt und unter Geometrie das **System** auf lokales Koordinatensystem (**LKS**) umgestellt werden.



10. Alle übrigen Riegel sind mit $-2,40 \text{ kN/m}$ zu belasten. Vergessen Sie hierbei nicht, dass der Wert aufgrund der lokalen Z-Richtung mit einem negativen Vorzeichen behaftet sein muss. Nach der Generierung aller Windlasten sollte Ihr Modell der folgenden Abbildung entsprechen.



Erzeugen von Lastfallkombinationen

Lastfallkombination GZT – Grenzzustand der Tragfähigkeit

1. Schließen Sie das Menü Belastung über den [Schließen]-Button und gehen Sie im **Menübaum** auf **Lastfälle und LF-Kombinationen > LF-Kombinationen**. Da im Projekt noch keine Kombination definiert wurde, öffnet sich automatisch das Dialogfenster **Kombination – CO1**.
2. Benennen Sie diese Kombination im Feld **Name** mit **GZT** und wählen Sie aus der Liste bei **Typ** die Option **EN-GZT (STR/GEO) Satz B** aus.

Bei diesem Typ handelt es sich um die in DIN EN 1990 definierte Grundkombination für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (Gleichung 6.10).

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Tragsicherheitsnachweise für Bauteile (STR), die keine geotechnischen Einwirkungen enthalten, sollten mit den Teilsicherheitsbeiwerten in Tabelle A.1.2(B) (siehe Anhang A.1 in DIN EN 1990) geführt werden. Durch die ausgewählte Option werden diese normativen Vorgaben automatisch berücksichtigt.

- Über den Button **Alles Einfügen** werden alle Lastfälle in das Feld **Kombinationsgehalt** kopiert.

Kombination - CO1

Kombinationsgehalt

- Lastfall
 - G1 - Eigengewicht
 - G2 - Aufbaulast Dach u. Boden
 - W+X - Wind

Übersicht der Lastfälle

- Lastfall
 - G1 - Eigengewicht
 - G2 - Aufbaulast Dach u. Boden
 - W+X - Wind

Name: CO1

Beiwert: 1 Korrektur

Typ: EN-GZT (STR/GEO) Satz B

Tragwerk: Gebäude

Beschreibur

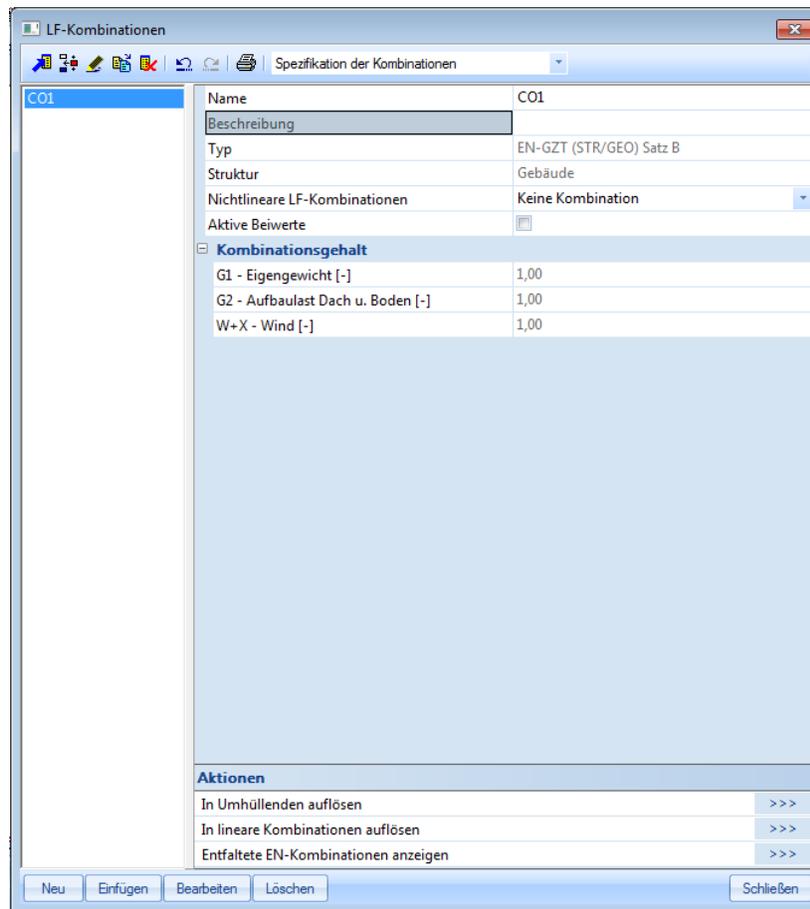
Nichtlineare Kombinator: No combi

Löschen Einfügen

Alles löschen Alles einfügen

OK Abbruch

- Bestätigen Sie mit [OK].

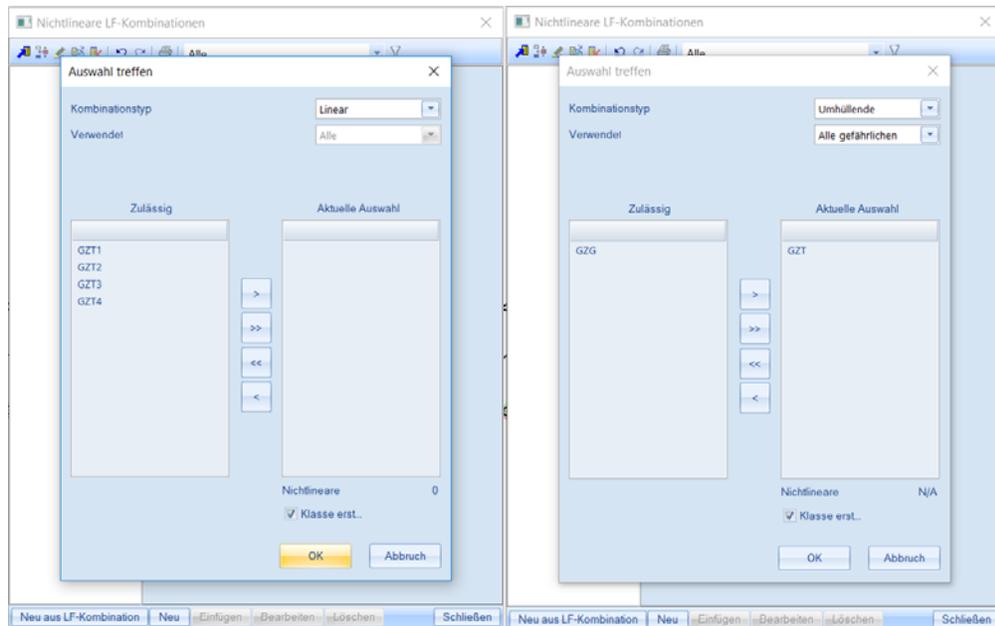


5. Danach lösen Sie die Normkombination unten rechts in **lineare Kombinationen** auf, wobei dann die ergebnisbringenden Kombinationen mit Gamma und psi direkt sichtbar werden.

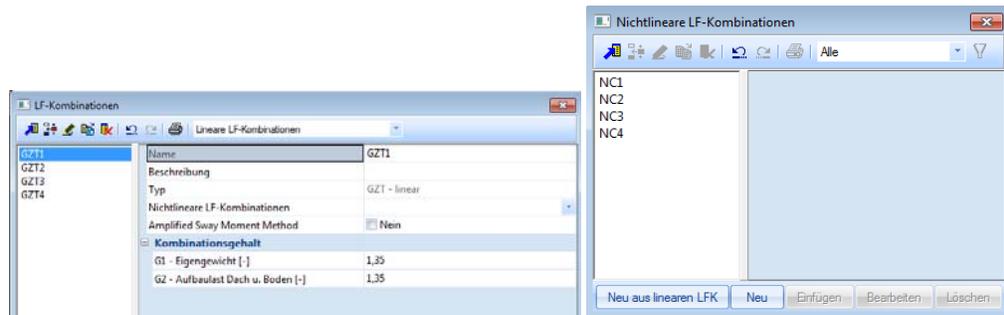


6. Nun gehen Sie im Menübaum auf **Nichtlineare LF-Kombinationen**, sagen dann **[Abbruch]** um über die Schaltfläche links unten **Neu aus LF Kombinationen** diese aus den gerade gebildeten

linearen Kombinationen zu übertragen, oder nur die **Gefährlichen** aus einer „Umhüllenden“ (lineare Ergebnisse müssen hierfür vorhanden sein!).

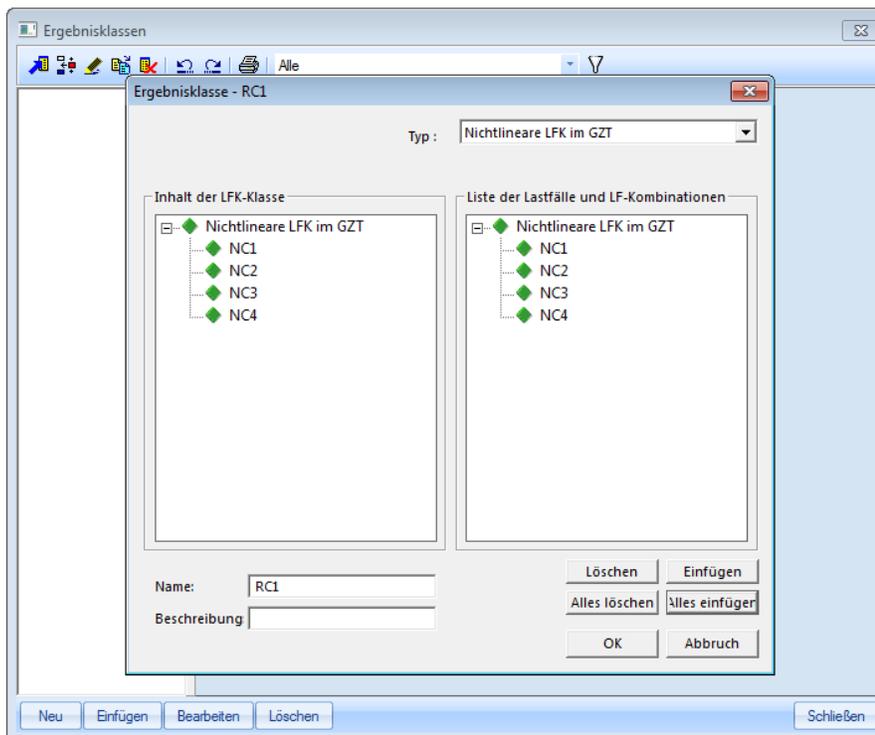


7. Dazu erstellen Sie im rechten Bereich eine Aktuelle Auswahl und sagen dem Programm oben rechts, wie die nichtlineare Kombinationen daraus gebildet werden sollen.



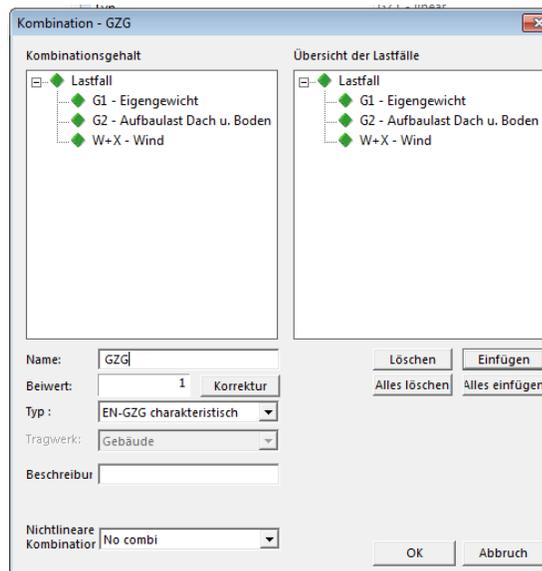
Diese vier nichtlinearen Kombinationen fassen wir nun in einer **Ergebnisklasse RC1** zusammen und diese Ergebnisklasse werden wir später aus, um zu sehen, welche der nichtlinearen Kombinationen maßgebend werden.

Gehen Sie hierzu im Menübaum auf **Ergebnisklassen**-> stellen oben den Typ auf **Nichtlineare LFK im GZT** und fügen alles nach links in den Inhalt der LFK-Klasse sein.

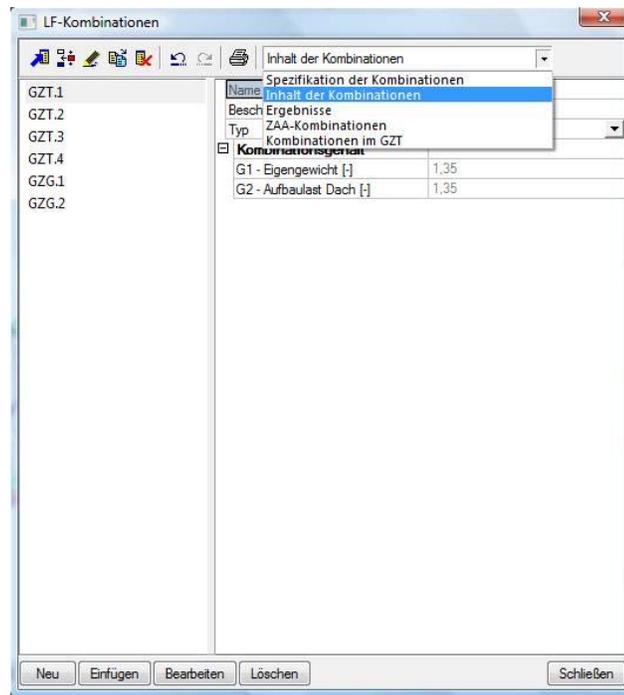


Lastfallkombination GZG – Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

1. Klicken Sie im Dialogfenster **LF-Kombinationen** auf [Neu], um eine weitere Kombination zu erzeugen. Ein neues Fenster wird geöffnet.
2. Wir benennen diese Kombination mit **GZG** und wählen für den **Typ EN-GZG Charakteristisch** aus. Der Kombinationsgehalt enthält wieder alle definierten Lastfälle.



3. Bestätigen mit [OK].
4. Im Fenster **LF-Kombinationen** kann über die Dropdown-Liste die Option **Inhalt der Kombinationen** aufgerufen werden. So erhält der Nutzer Einblick in alle vom Computer generierten Kombinations-Varianten zur jeweiligen Lastfallkombination.



5. Verlassen Sie den Dialog über **[Schließen]**.

Berechnung und Ergebnisse

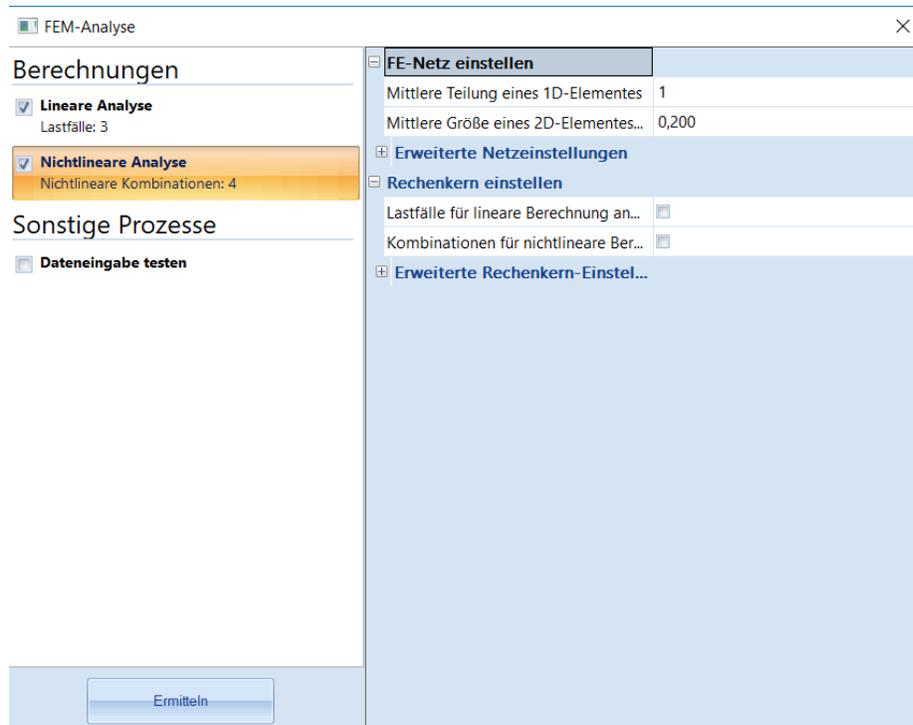
Berechnung

Speichern

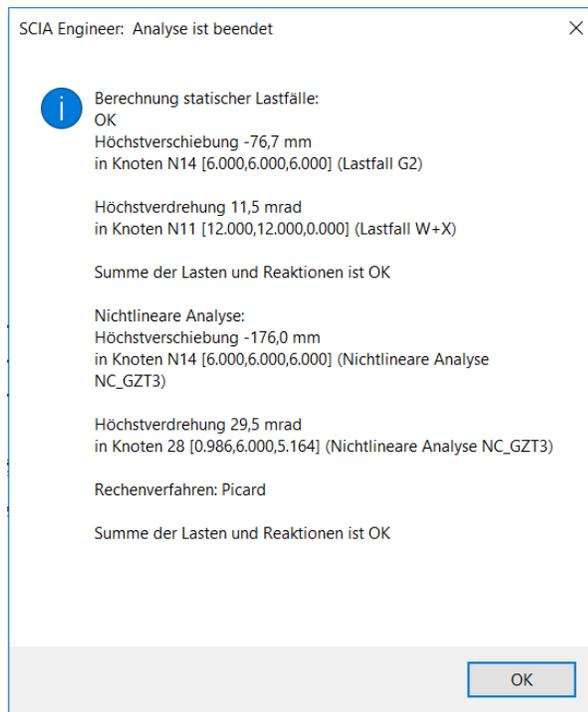
Bevor Sie die Berechnung starten, empfiehlt es sich, wie auf Seite 7 beschrieben, eine Sicherung der *.esa-Datei am gewünschten Ort durchzuführen.

FEM-Analyse

1. Durch Doppelklick auf **Berechnung, FE-Netz > Berechnung** im **Menübaum** wird der Dialog **FEM-Analyse** aufgerufen.



2. Da in diesem Beispiel nicht-lineare Kombinationen für den Druckausfall der Verbände auftreten, führen wir die **lineare** und **nichtlineare** Analyse in einem Schritt durch, und zwar durch beiderlei Anwählen oben links.
3. Klicken Sie auf **[OK]**. Die Berechnung kann etwas Zeit in Anspruch nehmen. Anschließend wird das Fenster **SCIA Engineer: Analyse ist beendet** angezeigt.



4. Weiter mit **[OK]**.

Ergebnisse

Nach Abschluss der Finite-Elemente-Berechnung können für alle Bauteile die Verformungen, Schnittgrößen und Spannungen angezeigt werden. Darüber hinaus ist es auch möglich, die Verbindungskräfte und Auflagerreaktionen abzurufen.

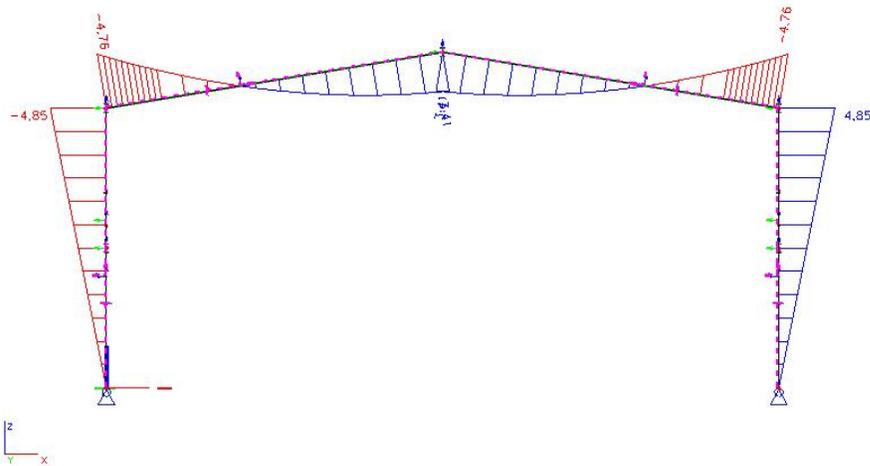
Graphische Darstellung der Stabschnittgrößen

Biegemomente unter Lastfall „Eigengewicht“

1. Doppelklicken Sie im **Menübaum** auf **Ergebnisse**, um ins gleichnamige Menü zu gelangen.
2. Klicken Sie im **Ergebnisse**-Menü auf **Stäbe > Stabschnittgrößen**.
3. Auf der rechten Seite des Bildschirms werden nun im **Eigenschaften**-Menü die gewünschten Einstellungen getätigt.



4. Für **Auswahl** wird **Aktuell** eingestellt, bei **Lasttyp Lastfälle**. Als ersten Lastfall lassen wir das **G1 – Eigengewicht** anzeigen. **Werte** wird auf **My** gesetzt, für **Extremwerte** wird die Option **Bauteil** gewählt.
5. Nun werden der Reihe nach im Modell alle Komponenten des mittleren Rahmens ausgewählt. Dies sind die Stützen **B3** und **B4** sowie die Riegel **B9** und **B10**.
6. Klicken Sie anschließend in der rechten unteren Bildschirmcke auf .
7. Durch Wählen der Y-Ansicht über den Button  können die Ergebnisse übersichtlich dargestellt werden.

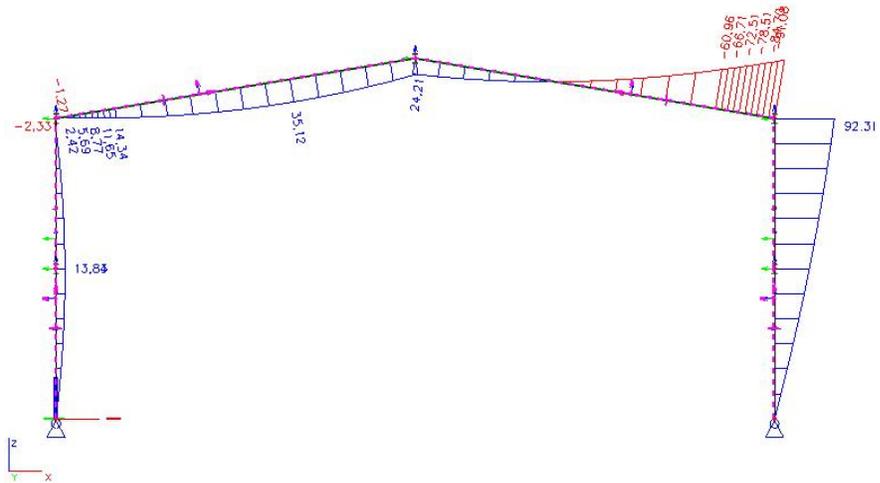


Aufgrund der Einstellung auf lokale Extremwerte zeigt das Programm für jedes Bauteil der Auswahl das Maximum und Minimum an.

Bei der Eingabe der Struktur sowie bei der Definition der Belastungen können Eingabefehler passieren. Daher empfiehlt es sich immer, Plausibilitätskontrollen durchzuführen. Der qualitative Verlauf der Biegemomente unter Eigengewichtsbelastung ist meist leicht nachvollziehbar und kann daher zur Prüfung herangezogen werden.

Biegemomente unter Lastfall „Wind“

1. Im **Eigenschaften**-Menü muss lediglich die Einstellung in der Zeile **Lastfälle** auf **W+X – Wind** umgestellt werden.
2. **Aktualisieren** über den entsprechenden Button rechts unten.

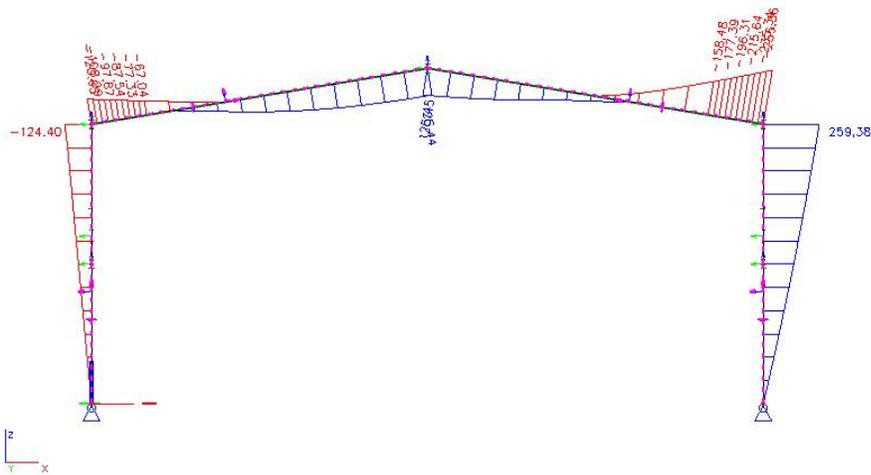


Umhüllende der Lastfallkombination „GZT“

1. Im **Eigenschaften**-Menü wird der **Lasttyp** auf **LF-Kombinationen** gesetzt.
2. Es erscheint eine Folgezeile **LF-Kombinationen**. Wir wollen die Kombination **GZT** betrachten.



3. **Aktualisieren** über den entsprechenden Schalter.



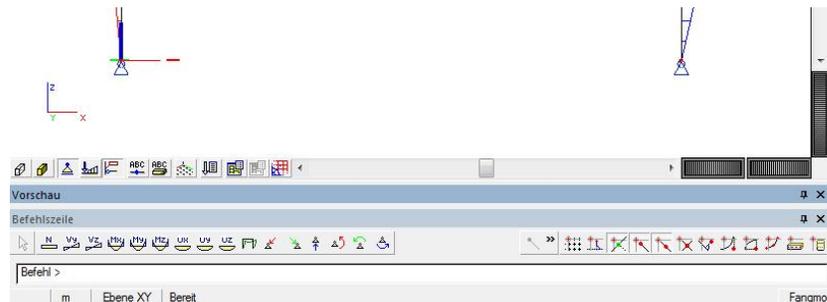
Das Programm stellt die Umhülle aus allen in der Kombination enthaltenen Lastfällen gemäß der gewählten Kombinationsvariante dar.

Tabellarische Darstellung der Stabschnittgrößen

1. Betätigen Sie in der rechten unteren Ecke des Bildschirms den Schalter



2. Eventuell erscheint im ersten Moment kein Fenster. Falls dies der Fall sein sollte, finden Sie zwischen Befehlszeile und der Werkzeugleiste für die Ansichtsoptionen eine Leiste mit dem Titel **Vorschau**.



3. Schieben Sie bei gedrückter linker Maustaste die Leiste in die Mitte des Bildschirms und vergrößern Sie das so entstehende Fenster, in dem Sie an einem seiner Ränder ziehen, bis der Inhalt ersichtlich wird

4. Mit dem Icon  gelangen Sie zur Seitenansicht der Tabelle.

Protokollvorschau

Lineare Analyse
 Kombination: GZT
 Koordinatensystem: Hauptsystem
 Extremwerte 1D: Bauteil
 Auswahl: Alle

Name	dx [m]	LF	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B1	0,000	GZT/1	-72,12	2,11	-15,52	0,02	27,49	-3,93
B1	5,000	GZT/2	-30,36	-0,53	-14,93	0,02	-48,26	0,00
B1	2,500+	GZT/3	-45,95	-0,71	-20,15	0,02	-14,77	1,78
B1	0,000	GZT/4	-58,75	1,41	-10,30	0,02	18,25	-2,64
B1	5,000	GZT/1	-61,56	-0,54	-33,52	0,02	-95,14	0,00
B1	0,000	GZT/3	-51,54	2,70	-20,15	0,02	35,61	-4,98
B2	5,000	GZT/2	-30,36	-0,53	14,93	-0,02	48,26	0,00
B2	2,500+	GZT/1	-69,17	-1,60	38,02	-0,03	21,58	4,00
B2	5,000	GZT/1	-64,20	-1,60	33,52	-0,03	111,02	0,00
B2	0,000	GZT/1	-74,76	5,89	42,52	-0,03	-79,11	-10,74
B3	0,000	GZT/1	-126,67	-2,35	-29,36	-0,02	51,63	5,12
B3	5,000	GZT/2	-56,73	0,28	-28,62	-0,01	-92,77	0,00
B3	2,500+	GZT/3	-81,55	0,37	-38,64	-0,02	-28,64	-0,93
B3	0,000	GZT/4	-104,08	-1,56	-19,34	-0,01	34,01	3,39

- Über [X] in der rechten oberen Fensterecke schließen Sie die Vorschau wieder.

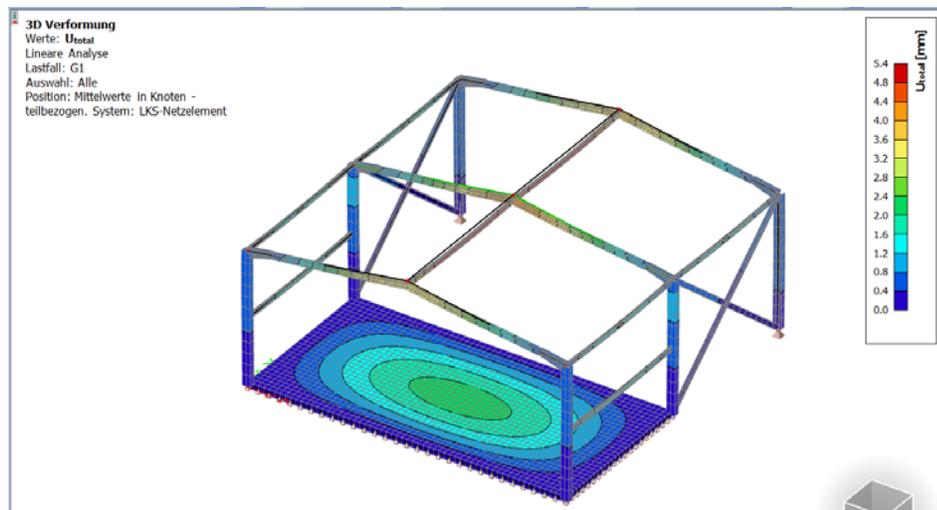
Graphische Darstellung der Stabverformungen

Globale Knotenverschiebungen unter Lastfall „Eigengewicht“

- Mit  wird in die axonometrische Ansicht gewechselt.
- Deselektieren Sie die letzte Auswahl mit [Esc].
- Klicken Sie im **Ergebnisse**-Menü auf den ersten Eintrag **3D-Verformungen**.
- Im **Eigenschaften**-Menü werden nun die Einstellungen laut folgender Abbildung vorgenommen.

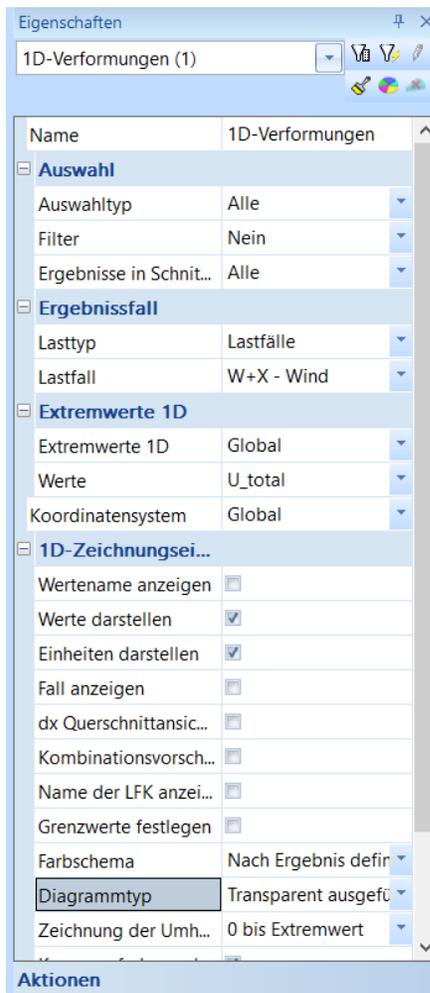


5. Nach Betätigen der Schaltfläche **Aktualisieren** werden im Modell alle gewählten Komponenten der Verschiebungen dargestellt. Die voreingestellte Einheit ist [mm].

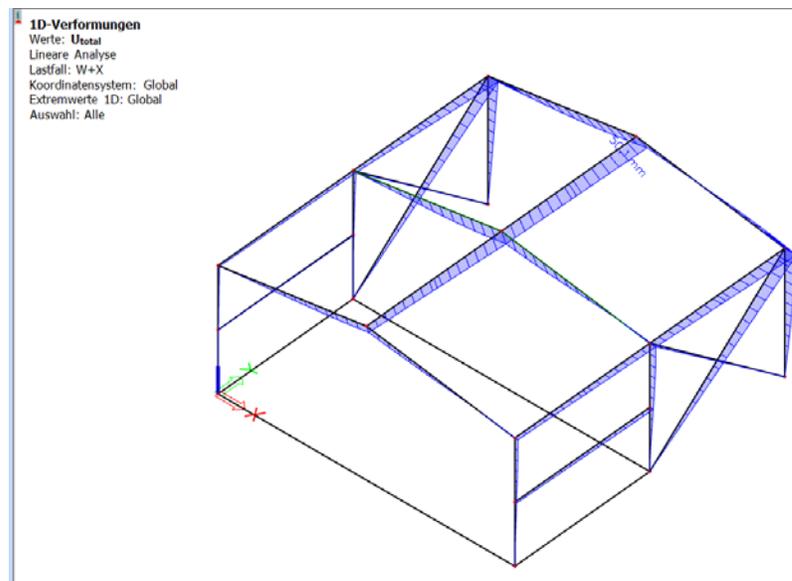


Darstellung der verformten Struktur unter Lastfall „Wind“

1. Klicken Sie im **Ergebnisse**-Menü auf **Stäbe** > **Stabverformungen**.
2. Im **Eigenschaften**-Menü werden wieder die Einstellungen laut folgender Abbildung vorgenommen.

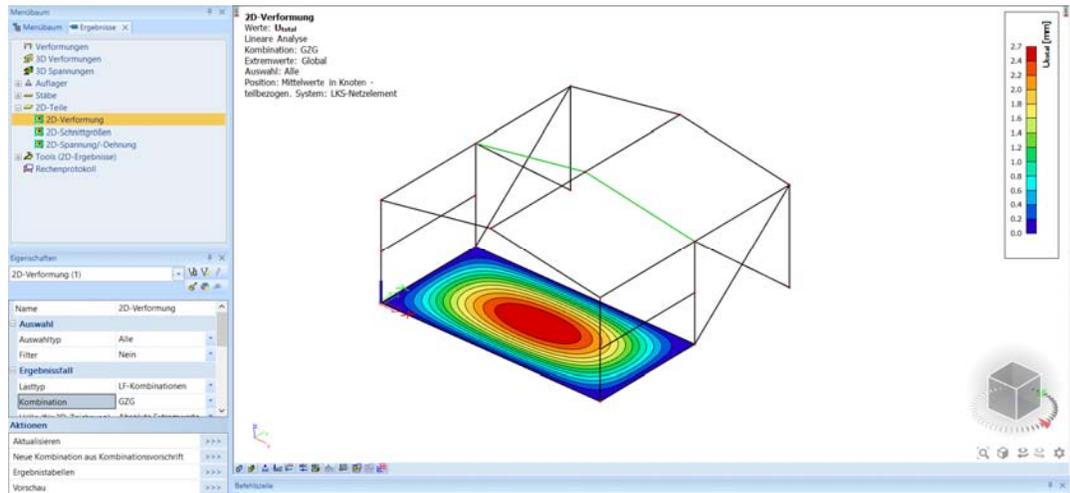


3. Nach Betätigen der Schaltfläche **Aktualisieren** wird die qualitative Verformung der Struktur durch graue Linien angedeutet.



Graphische Darstellung der FEM-Verformungen

6. Klicken Sie im **Ergebnisse**-Menü auf **2D-Teile > 2D-Verformungen**.
7. Als Lasttyp wählen wir die **LF-Kombination GZG** und unten wieder **Aktualisieren**



Nachweise für Stahl

SCIA Engineer bietet zahlreiche Module für den konstruktiven Stahlbau und Betonbau an. Nachfolgend eine kurze Übersicht der Funktionalitäten:

- Einfache Eingabe und Bearbeitung der Stabilitätsdaten
- Eingabe von Verstärkungselementen, z.B. Steifen
- Querschnittsnachweise
- Querschnitts-Optimierung
- Nachweis des Feuerwiderstandes
- Eingabe und Bemessung diverser Stahlverbindungen
- Automatische Generierung von Konstruktions-Zeichnungen
- Verformungsnachweis

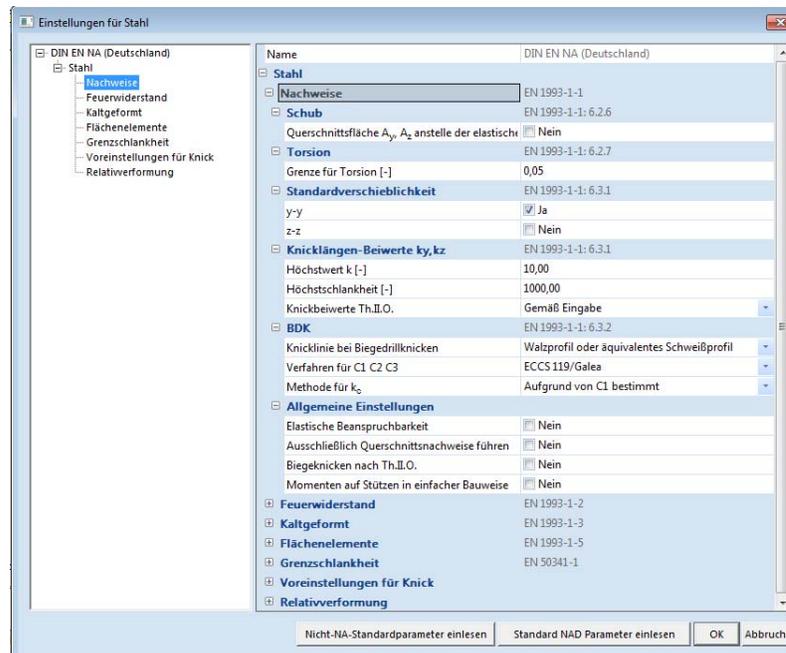
Nachweisführung bei Stahlbauteilen

Im folgenden Abschnitt wird der Ablauf bei der Nachweisführung von Stahlbauteilen dargestellt. Für detaillierte Informationen zu diesem Thema wird auf das Handbuch „Stahl-Normnachweis“ verwiesen.

Kontrolle der Knicklängen

Basiseinstellungen

1. Schließen Sie das Menü **Ergebnisse**.
2. Doppelklicken Sie im **Menübaum** auf **Stahl**, um ins gleichnamige Menü zu gelangen.
3. Doppelklicken Sie im **Stahl**-Menü auf **Stäbe > Einstellungen für Stahl**. Das gleichnamige Dialogfenster wird geöffnet.



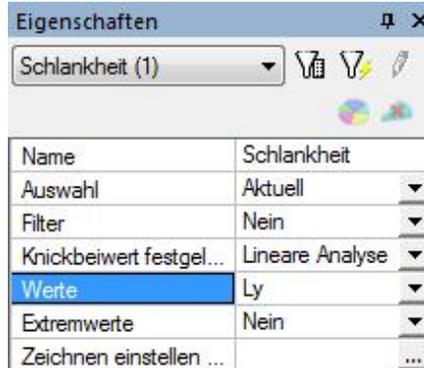
Die Berechnung erfolgt nach den im Projekt-Grunddaten-Dialog festgelegten Normen. Im gegebenen Fall sind dies der EC-EN und der Nationale Anhang DIN EN NA.

In der Voreinstellung ist die Verschieblichkeit der Stäbe in y-y-Richtung aktiviert und in z-z-Richtung deaktiviert. Diese Annahme kann aufgrund der Aussteifungen normal zur Rahmenebenen als korrekt angesehen werden. Die Einstellungen sind für die interne Berechnung der Knicklängen-Beiwerte k_y und k_z relevant, welche Bestandteil des Nachweisformats laut EUROCODE 3 sind.

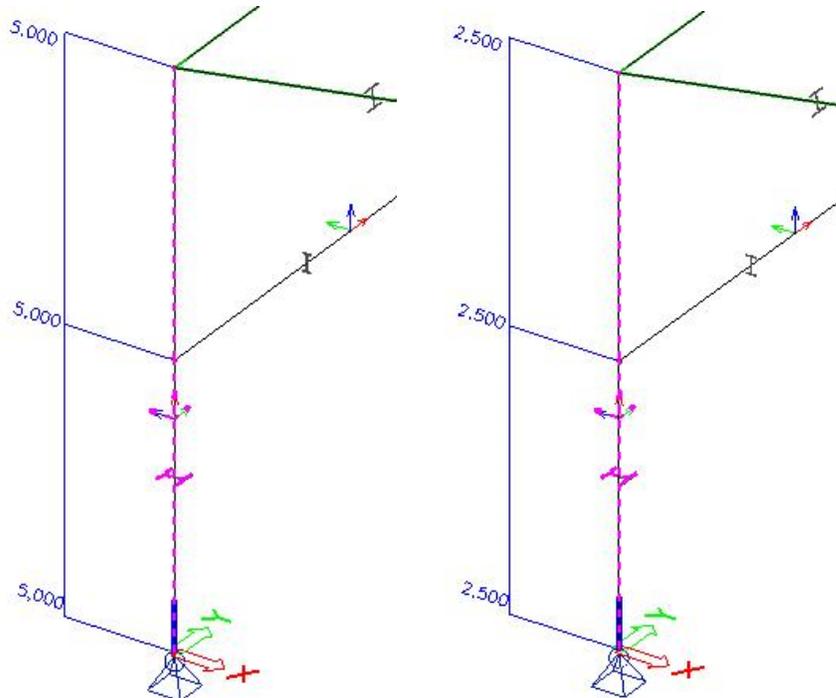
- Da die Voreinstellungen passen, kann das Fenster über [OK] wieder geschlossen werden.

Anzeigen der Systemlänge

- Wählen Sie im Modell die Stütze **B1** aus.
- Nun wird im **Stahl**-Menü der Befehl **Stäbe > Schlankheit** aufgerufen.
- Im **Eigenschaften**-Menü muss nun die **Auswahl** auf **Aktuell** und die **Werte** auf **Ly** gestellt werden.



- Nach Betätigen der Schaltfläche **Aktualisieren** kann man die Systemlänge der ausgewählten Stütze kontrollieren.



- Wenn Werte auf **Lz** gesetzt wird, erkennt man, dass das Programm automatisch den angeschlossenen Druckstab auf halber Höhe in z-z-Richtung als seitliche Halterung interpretiert.

Ändern der System-Parameter

Die Betrachtung des Gesamtsystems zeigt, dass die horizontalen Druckstäbe immer zwischen den Mittelpunkten zweier Stützen situiert sind. Da keine der Stützen in diesen Mittelpunkten durch eine Aussteifung oder ähnliche Maßnahmen festgehalten wird, sollte auch dem verbindenden Druckstab keine lagernde Wirkung zugesprochen werden. Somit muss die Stabgeometrie manuell geändert werden.

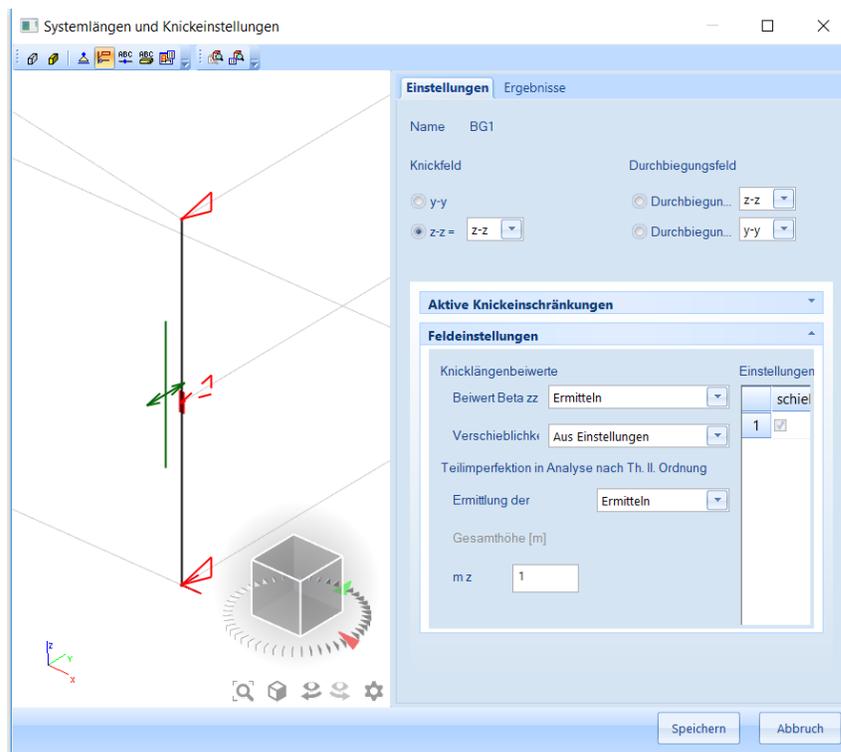
- Um Änderungen an den Knick-Daten vorzunehmen, muss im **Eigenschaften**-Menü das Element **Stab (1)** aus der Dropdown-Liste gewählt werden.



- Klicken Sie im Eigenschaftsfenster von dem Stab auf die Schaltfläche Systemlängen und Knickeinstellungen:



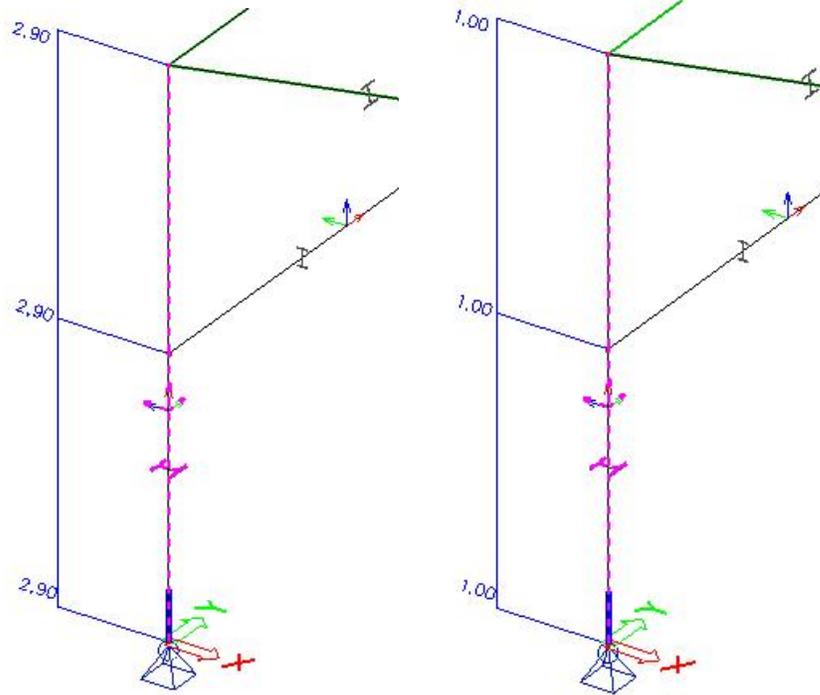
- Das gleichnamige Fenster öffnet sich.
- Um die Halterungen in z-z-Richtung zu modifizieren, muss bei **Eingabetyp** das Kästchen **zz** aktiviert sein.
- Per Mausclick wird das mittlere Lager wegdefiniert. Es ist nun nur noch strichliert angedeutet.



- Über **[OK]** werden die Änderungen bestätigt.
- Durch Zurückstellen der Dropdown-Liste im **Eigenschaften**-Menü auf **Schlankheit (1)** und Betätigen von **Aktualisieren** kann man sich davon überzeugen, dass die Systemlänge **Lz** jetzt auch mit **5,000m** berücksichtigt wird.

Anzeigen der Knicklängen-Beiwerte

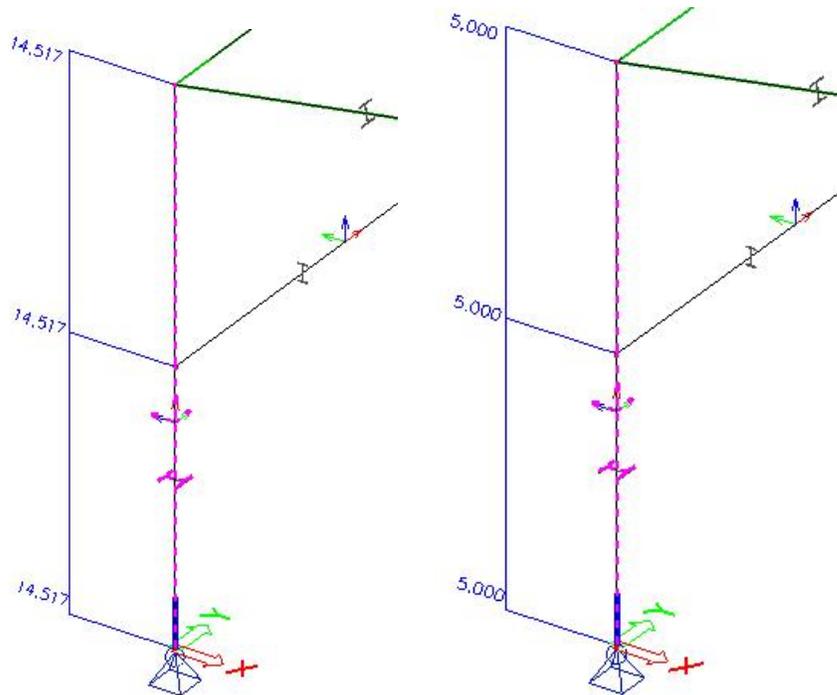
1. Stellen Sie die Option **Werte** auf **ky** bzw. **kz**.
2. Über **Aktualisieren** wird der gewünschte Wert dargestellt.



Anzeigen der Knicklänge

Die Knicklänge ist definiert als das Produkt von Systemlänge und Knicklängenfaktor.

1. Stellen Sie die Option **Werte** auf **ly** bzw. **lz**.
2. Über **Aktualisieren** wird der gewünschte Wert dargestellt.



Nachweis

Bei der Nachweisführung sollten folgende Punkte im Hinterkopf behalten werden.

Die Bemessungsschnittgrößen liegen einer linearen Berechnung zugrunde. Die Werte entsprechen also jenen nach linearer Stabtheorie. Geometrische Nichtlinearität kann mit dieser Theorie nicht erfasst werden.

In der DIN EN 1993-1-1 werden im Kapitel 6.3.3 die Nachweisverfahren für auf Biegung und Druck beanspruchte gleichförmige Bauteile geregelt. Hier sieht Punkt (3) vor, dass die Wirkung der Theorie 2. Ordnung auf ein seitenverschiebliches Tragwerk entweder durch vergrößerte Randmomente des herausgeschnittenen Bauteils oder durch geeignete Knicklängenbestimmung berücksichtigt werden soll.

Im gegebenen Fall erfolgt der Nachweis am Ersatzstab, das heißt die Knicklänge wird entsprechend der Knickfigur des Gesamtsystems berücksichtigt. So können die Schnittkräfte aus der linearen Analyse herangezogen werden. Da die starke Achse der Stützen in Rahmenebene orientiert ist, überrascht es daher nicht, dass die Knicklänge l_y mit 14,517m nahe an den dreifachen Wert der eigentlichen Systemlänge heranreicht.

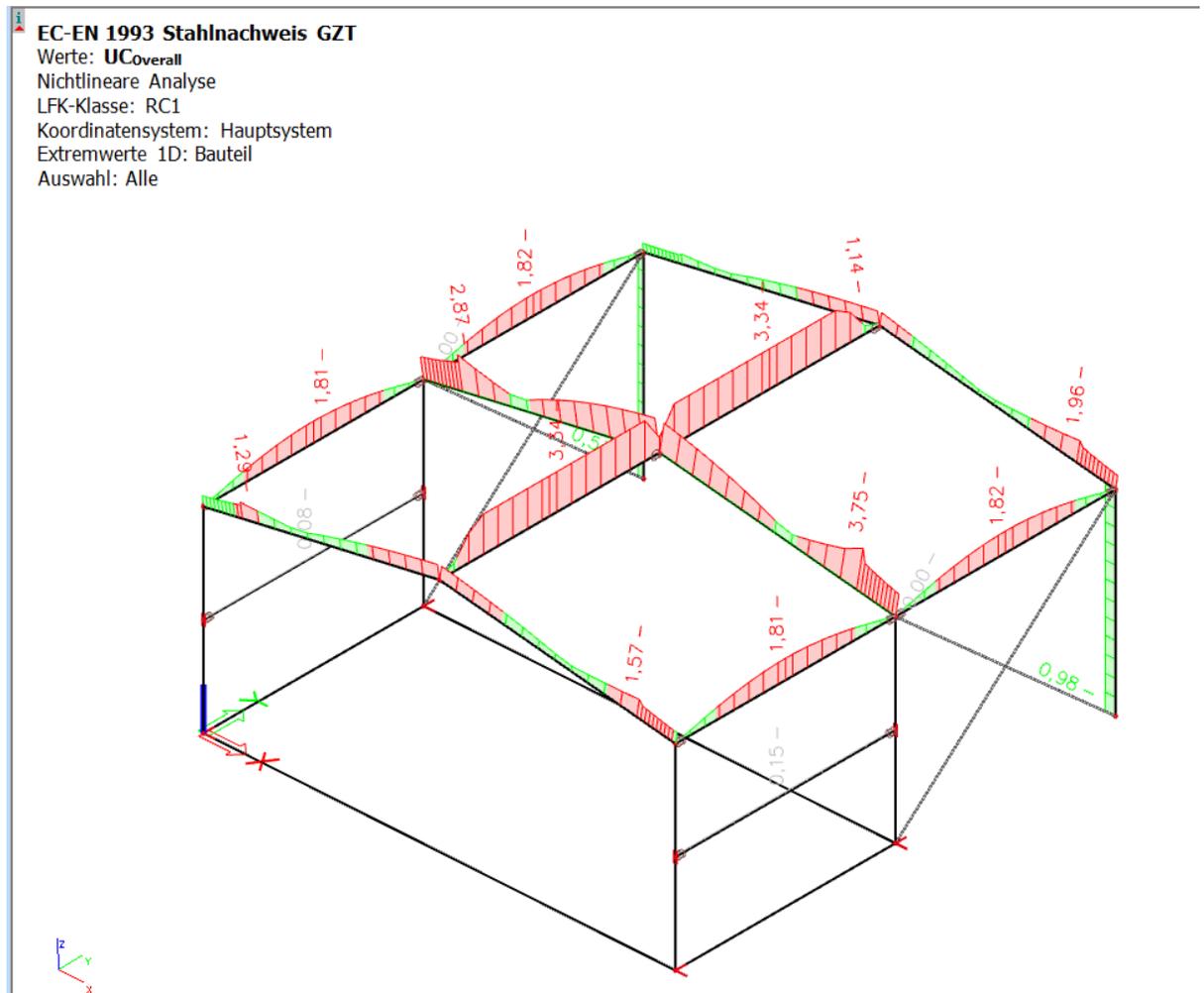
Nähere Informationen zur nichtlinearen Berechnung und entsprechenden Zusatzmodulen für Stabilitätsuntersuchungen finden Sie in der Referenzanleitung von SCIA Engineer.

Graphische Darstellung des Ausnutzungsgrades

1. Deselektieren Sie die aktuelle Auswahl mit [Esc].
2. Im **Stahl**-Menü wird der Befehl **Nachweise im GZT > Nachweis** aufgerufen.
3. Im **Eigenschaften**-Menü werden nun die Einstellungen laut nachstehender Abbildung getätigt.

Eigenschaften	
Stahlnachweise (1)	
Name	EC 3
Auswahl	Alle
Lasttyp	LFK-Klasse
LFK-Klasse	RC1
Filter	Nein
Werte	Einheitsnachw.
Extremwerte	Teil
Ausgabe	Kurz
Zeichnen einstellen 1D	

4. Die Ausnutzungsgrade werden nach Betätigung von **Aktualisieren** im Modell dargestellt.



Bei Bauteilen, die den Tragfähigkeitsnachweis erfüllen, werden die Ausnutzungsgrade und deren Verlauf entlang der Stabachse grün angezeigt, während Überbeanspruchungen rot markiert sind.

Tabellarische Ausgabe der Nachweise

Es gibt die Möglichkeit einer kurzen und einer detaillierten Ausgabe der Nachweise. Sie werden hier nacheinander vorgestellt.

1. Kontrollieren Sie, ob im **Eigenschaften**-Menü die Einstellungen noch mit jenen des vorigen Abschnitts übereinstimmen. **Auswahl** steht auf **Alle**, **LFK-Klasse** auf **RC1** und für die **Ausgabe** ist **Kurz** gewählt.
2. Betätigen Sie die Schaltfläche für **Vorschau** in der unteren rechten Bildschirmecke. Die Ausnutzungsgrade aller Bauteile scheinen in tabellarischer Form auf.

Protokollvorschau

Default

Stahlnachweise

Nichtlineare Analyse, Extremwerte : Teil
Auswahl : Alle
LFK-Klasse : RC1

Teil	css	mat	LF	dx [m]	Einheitsnachw. [-]	Q.-Nachweis [-]	Stabilität [-]
B5	CS1 - HEA200	S 235	NC3	0,000	0,91	0,05	0,91
B6	CS1 - HEA200	S 235	NC3	5,000	2,42	2,42	1,95
B7	CS4 - I + I,var	S 235	NC3	1,000	1,27	0,78	1,27
B8	CS4 - I + I,var	S 235	NC3	5,083	1,44	0,94	1,44
B9	CS4 - I + I,var	S 235	NC3	1,000	2,70	2,40	2,70
B10	CS4 - I + I,var	S 235	NC3	5,083	3,60	3,60	3,26
B11	CS4 - I + I,var	S 235	NC3	5,659	1,38	0,98	1,38
B12	CS4 - I + I,var	S 235	NC3	5,083	1,74	1,65	1,74
B13	CS3 - IPE180	S 235	NC3	0,000	0,00	0,00	0,00
B14	CS3 - IPE180	S 235	NC3	7,810	0,00	0,00	0,00
B15	CS3 - IPE180	S 235	NC3	0,000	0,00	0,00	0,00
B16	CS3 - IPE180	S 235	NC1	7,810	0,00	0,00	0,00
B17	CS6 - IPE160	S 235	NC1	3,000	1,82	0,71	1,82
B18	CS6 - IPE160	S 235	NC3	3,000	1,82	0,71	1,82
B19	CS6 - IPE160	S 235	NC3	3,000	1,82	0,71	1,82
B20	CS6 - IPE160	S 235	NC3	3,000	1,82	0,71	1,82
B21	CS6 - IPE160	S 235	NC3	3,200	3,34	1,91	3,34
B22	CS6 - IPE160	S 235	NC3	3,000	3,34	1,93	3,34
B23	CS6 - IPE160	S 235	NC3	3,000	0,08	0,04	0,08
B24	CS6 - IPE160	S 235	NC1	3,000	0,04	0,04	0,03

3. Eventuell muss im aufscheinenden Fenster die Ansicht über das Icon  angepasst werden.

Nicht erfüllte Nachweise weisen die Formatierung „Fett“ auf.

4. Schließen Sie die Ansicht über **[X]**.
5. Im Modell wird nun ein Bauteil ausgewählt, für den man einen vollständigen Nachweis aufrufen möchte, z.B. die Stütze **B6**.
6. Nun muss im **Eigenschaften**-Menü die **Auswahl** auf **Aktuell** und die **Ausgabe** auf **Detailanzeige** umgestellt werden.
7. Betätigen von **Aktualisieren**.
8. Betätigen von **Vorschau**. Es öffnet sich wieder ein Fenster. Nun wird ein vollständiger Querschnittsnachweis und anschließend ein kompletter Stabilitätsnachweis für den selektierten Bauteil angezeigt.
9. Bei Bedarf kann über  der Druckbefehl für das aktuelle Dokument gegeben werden.
10. Schließen des Fensters mit **[X]** und Aufheben der aktuellen Auswahl über **[Esc]**.

Querschnitts-Optimierung

Optimierungsprinzipien

Der Optimierungsmechanismus von SCIA Engineer beruht auf den folgenden Prinzipien.

Ein Optimierungsschritt bezieht sich ausschließlich auf einen einzelnen Querschnitt

Das heißt, es ist für jeden Querschnittstyp gesondert ein Optimierungslauf durchzuführen.

Ein Optimierungsschritt bezieht sich nur auf ausgewählte Stäbe

Es ist vorgesehen, den Optimierungsprozess nur auf eine Auswahl von Stäben zu beschränken. Der Programmbenutzer richtet seine Auswahl nach Stäben desselben Querschnittstyps und wählt aus, anhand welcher Stäbe optimiert werden soll.

Ein Optimierungsschritt erfasst die ganze Struktur

Ein optimierter Querschnitt wird allen Stäben der Struktur zugewiesen, welche das spezifizierte Profil aufweisen. Es hat keine Bedeutung mehr, ob der Optimierungsprozess auf eine ausgewählte Gruppe von Stäben beschränkt wurde oder nicht. Der Effekt der Optimierung besteht darin, dass überall der ursprüngliche Querschnitt durch den neuen, optimierten Querschnitt ersetzt wird.

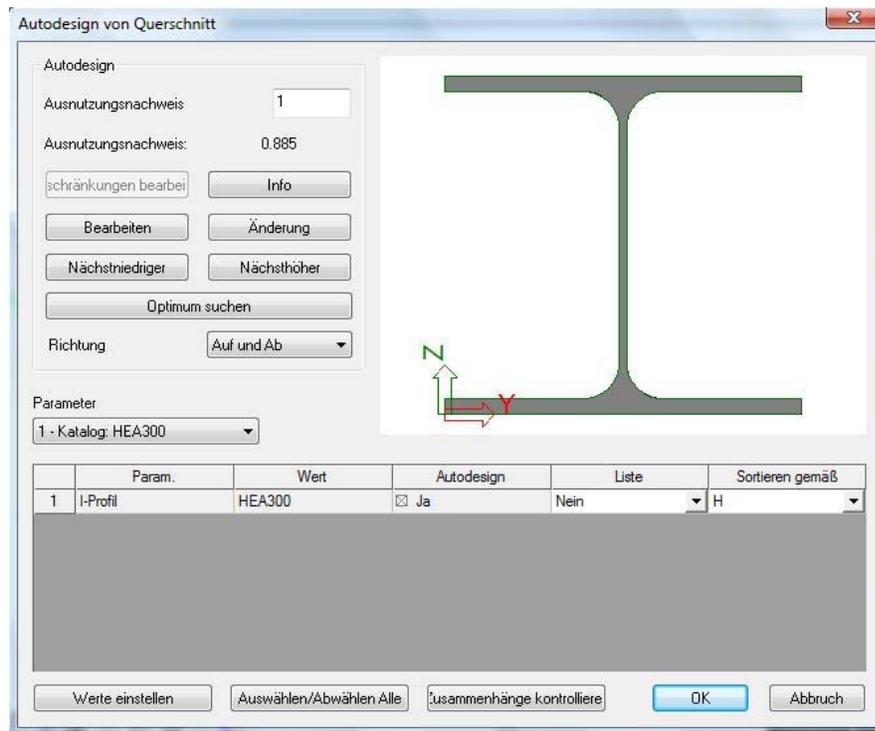
Optimieren von Stäben

Automatische Optimierung der Stützen

1. Tätigen Sie im **Eigenschaften**-Menü die Einstellungen laut nachstehender Abbildung. Über den Filter werden nun alle Elemente, denen der Querschnitt **CS1 – HEA 200** zugewiesen ist, berücksichtigt.



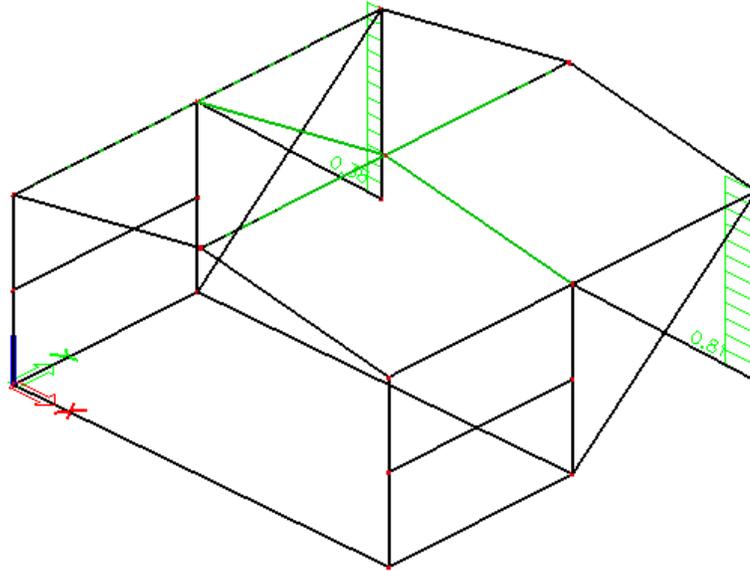
2. Klicken Sie auf **Aktualisieren**.
3. Nun wird über **Autodesign** >>> der Dialog **Autodesign von Querschnitt** aufgerufen.
4. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Optimum suchen**. Das Programm befindet nach einem kurzen Iterationsprozess den Querschnitt **HEA 300** für geeignet.



5. Bestätigen mit **[OK]**.
6. Klicken Sie auf **Aktualisieren**. Die Nachweise sind jetzt erbracht.

Durch die Umstellung der Querschnitte verändern sich auch zwangsläufig die Massen der betroffenen Bauteile sowie die Steifigkeit des Gesamtsystems. Dies macht eine erneute Berechnung der Struktur notwendig.

7. Rufen Sie über  den Dialog **FEM-Analyse** auf.
8. Nach Betätigen von **[OK]** wird eine neuerliche Berechnung ausgeführt.
9. Schließen Sie das Fenster **SCIA Engineer: Ende der Analyse** mit **[OK]**.
10. Um die tatsächlichen Ausnutzungsgrade der optimierten Stützen aufzurufen, betätigen Sie im **Eigenschaften**-Menü wieder die Schaltfläche **Aktualisieren**.
11. In der Praxis wäre nun für die anderen Querschnitte analog vorzugehen.



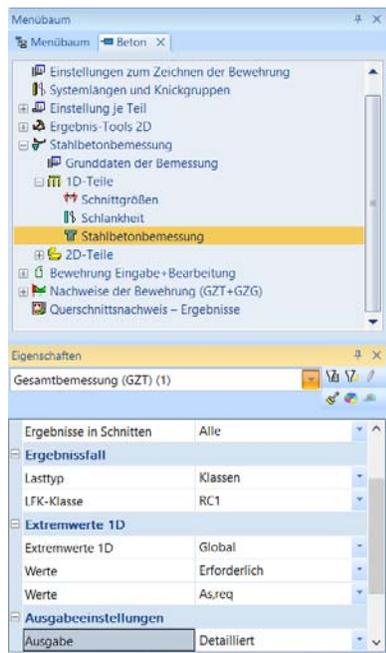
12. Beenden Sie das Menü **Stahl** über [**Schließen**].

Nachweise der Betonteile

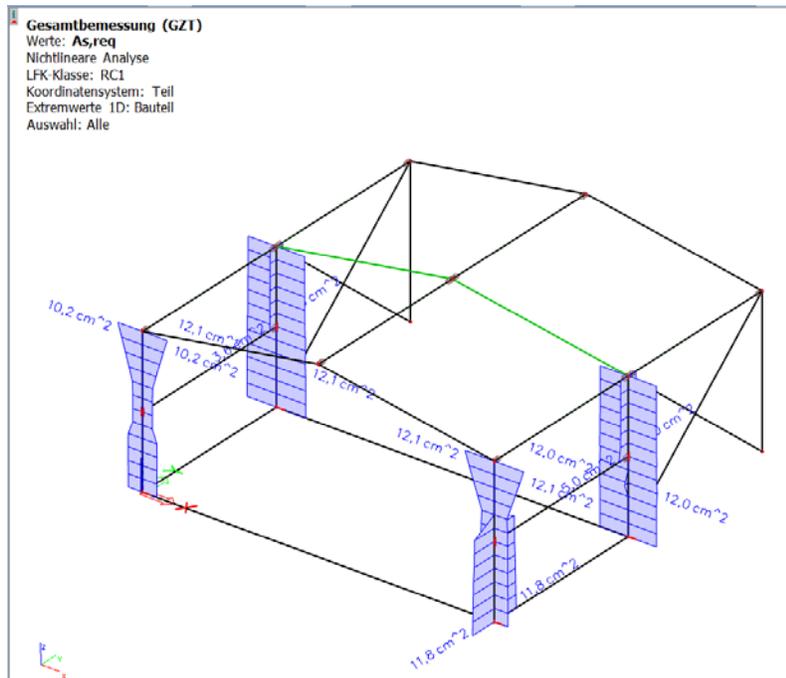
Bemessung der Betonstützen

Im folgenden Abschnitt wird der Ablauf bei der Nachweisführung der Betonstützen dargestellt. Für Betonträger wäre die Vorgehensweise identisch.

1. Gehen Sie im Menübaum auf **Beton**.
2. Dann **Stahlbetonbemessung 1D-Teile->Stahlbetonbemessung**.
3. Wählen Sie dann im Eigenschaftsfenster die **LFK-Klasse RC1, Extremwerte global und Ausgabe Detailliert**



4. Nach dem **Aktualisieren** wird der entsprechend global höchste Bewehrungswert grafisch angezeigt.



- Wenn Sie auf **Vorschau** klicken, dann entsprechend detailliert tabellarisch.

Entwurf der Längsbewehrung

Endgültige Bewehrungsfläche

$A_{s,z+}$: NC_GZT3 : $N_{Ed} = -62$ kN, $M_{Edy} = -97$ kNm, $M_{Edz} = 0$ kNm

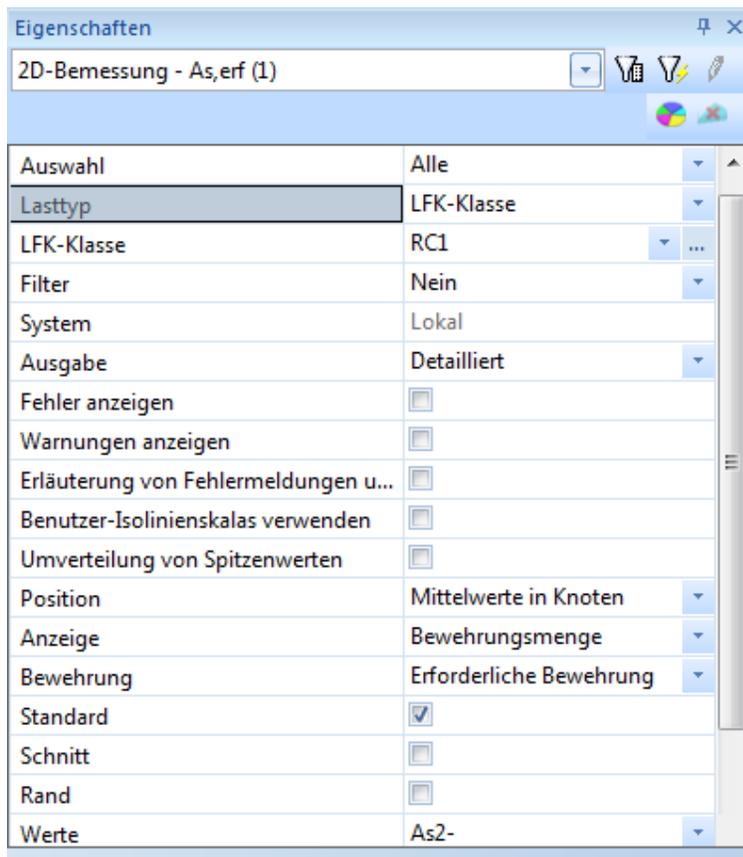
$A_{s,z-}$: NC_GZT3 : $N_{Ed} = -62$ kN, $M_{Edy} = -97$ kNm, $M_{Edz} = 0$ kNm

Rand	Ebene	y [m]	z [m]	$A_{s,stat}$ [mm ²]	$A_{s,det,min}$ [mm ²]	$A_{s,det,max}$ [mm ²]	$\Delta A_{s,tor}$ [mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]	$A_{s,req,bar}$ [mm ²]	Bewehrung
1	1	0	-0.099	1018	402	573	0	1018	1206	N/A
3	1	0	0.099	1018	402	573	0	1018	1206	N/A

Bemessung der Bodenplatte

Im folgenden Abschnitt wird der Ablauf bei der Nachweisführung der Bodenplatte dargestellt. Für Betonwände und -schalen wäre die Vorgehensweise identisch.

- Gehen Sie im Menübaum auf **Beton**.
- Dann **2D-Teile->Bemessung->Bewehrungsbemessung im GZT**.
- Wählen Sie dann im Eigenschaftsfenster die **LFK-Klasse RC1**, **Extremwerte global**, **Ausgabe Detailliert** und den Wert auf **As2-** für die erforderliche untere Bewehrung in y-Richtung.



4. Nach dem **Aktualisieren** wird die erforderliche Bewehrung grafisch angezeigt oder bei Betätigen der **Vorschau** auch wieder tabellarisch.

Protokollvorschau

2D-Bemessung - As,erf

Nichtlineare Analyse, Extremwerte : Global
Auswahl : Alle
LFK-Klasse : RC1
Erforderliche Bewehrung

Untere Hauptbewehrung von ausgewählten 2D-Teilen

Teil	Knoten	LF	n1-	z-	ϵ_{s1}	σ_c	σ_{s1}	$A_{s,user1}$	$A_{s,add1}$	$A_{s,tot1}$	E/W_1
			[kN/m]	[mm]	[1e-4]	[MPa]	[MPa]	[cm ² /m]	[cm ² /m]	[cm ² /m]	
			n2-	x-	ϵ_{s2}		σ_{s2}	$A_{s,user2}$	$A_{s,add2}$	$A_{s,tot2}$	E/W_2
			[kN/m]	[mm]	[1e-4]		[MPa]	[cm ² /m]	[cm ² /m]	[cm ² /m]	
S1	59	RC1	427,83	160	21,7	0,00	434,78	0,0	18,0	18,0	101
			202,97	0	0,0		434,78	0,0	7,5	7,5	101
S1	1889	RC1	226,00	160	21,7	0,00	434,78	0,0	5,2	5,2	101
			935,93	0	0,0		434,78	0,0	21,5	21,5	101
S1	N1	RC1	-814,44	152	-35,0	0,00	-0,08	0,0	0,0	0,0	9
			166,52	0	0,0		0,02	0,0	0,0	0,0	9

Design von Verbindungen

Mit SCIA Engineer 2011 steht Ihnen ein umfangreiches Werkzeug für den Entwurf von Rahmenverbindungen bei Stahlstrukturen zur Verfügung. So können etwa Träger-Stütze-Verbindungen, Träger-Träger-Verbindungen sowie Fußplatten eingebunden werden.

Detaillierte Informationen zur Bemessung von Stahlverbindungen sind dem Handbuch „Modul Verbindungen“ zu entnehmen.

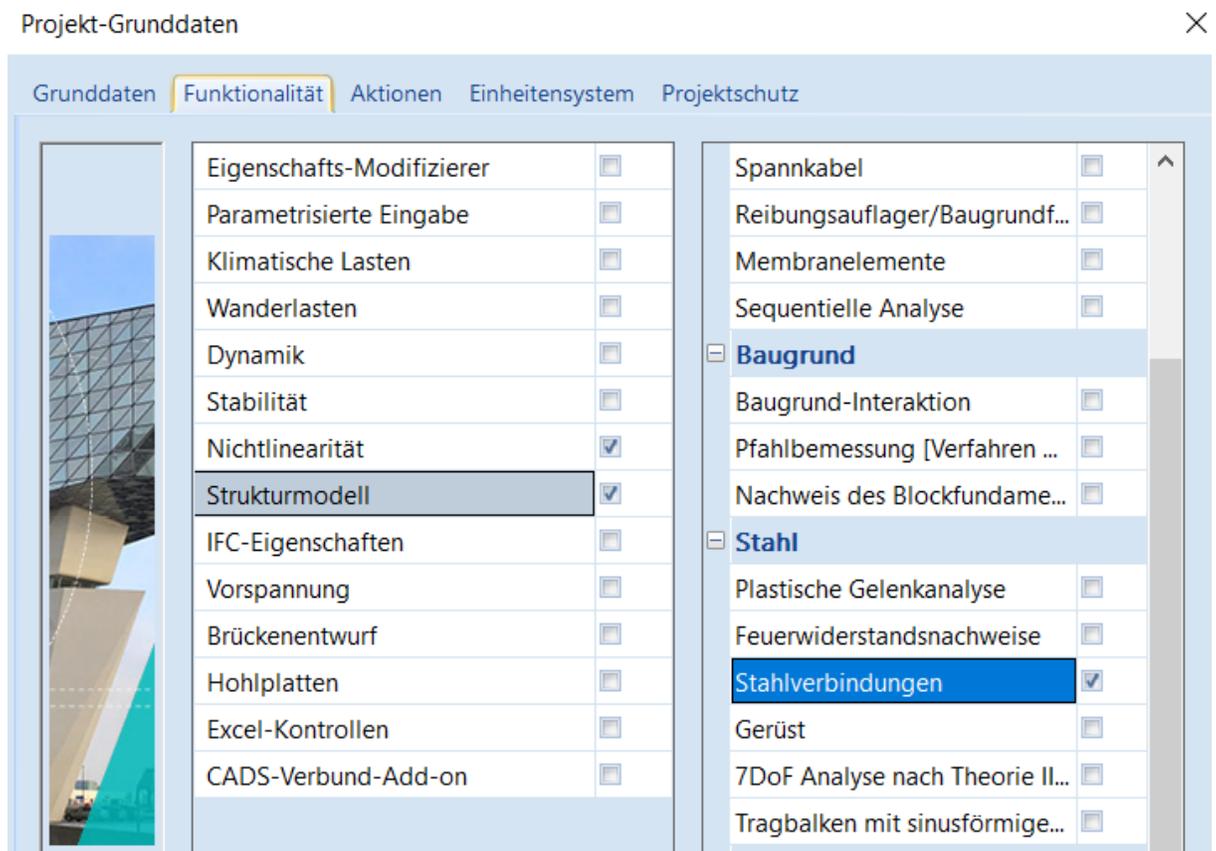
Bemessung einer biegesteifen Rahmenecke

Für das gegebene Beispiel wird im Folgenden eine biegesteife Rahmenecke zwischen Stütze und Riegel konstruiert.

Voreinstellungen

Aktivieren des entsprechenden Moduls

1. Doppelklicken Sie im **Menübaum** auf den ersten Eintrag, **Projekt**.
2. Wechseln Sie sodann im **Projekt-Grunddaten**-Dialog auf die Registerkarte **Funktionalität**.
3. Unter **Stahl** auf der rechten Seite des Fensters ist das Kästchen bei **Stahlverbindungen** zu aktivieren. Diese Einstellung aktiviert außerdem automatisch das **Strukturmodell**.

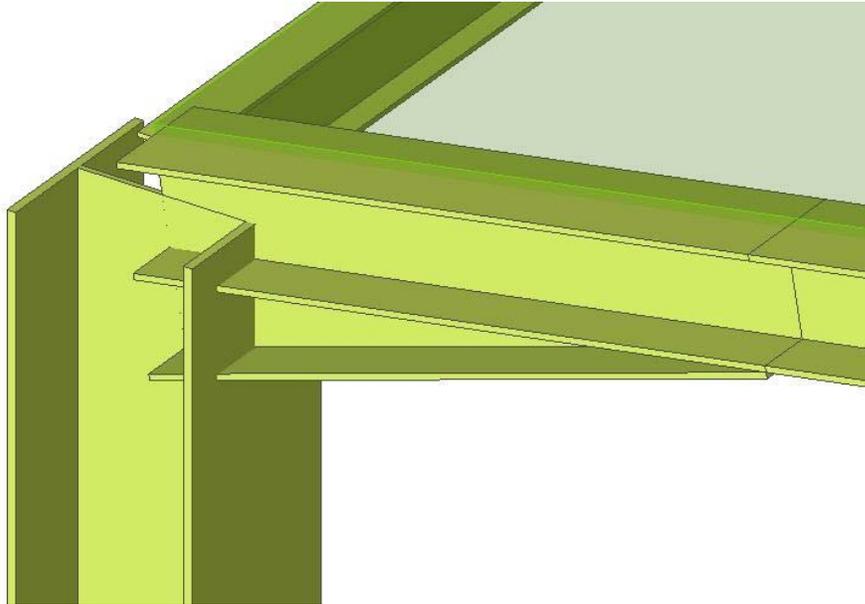


4. Bestätigen mit **[OK]**.

Darstellen des Details

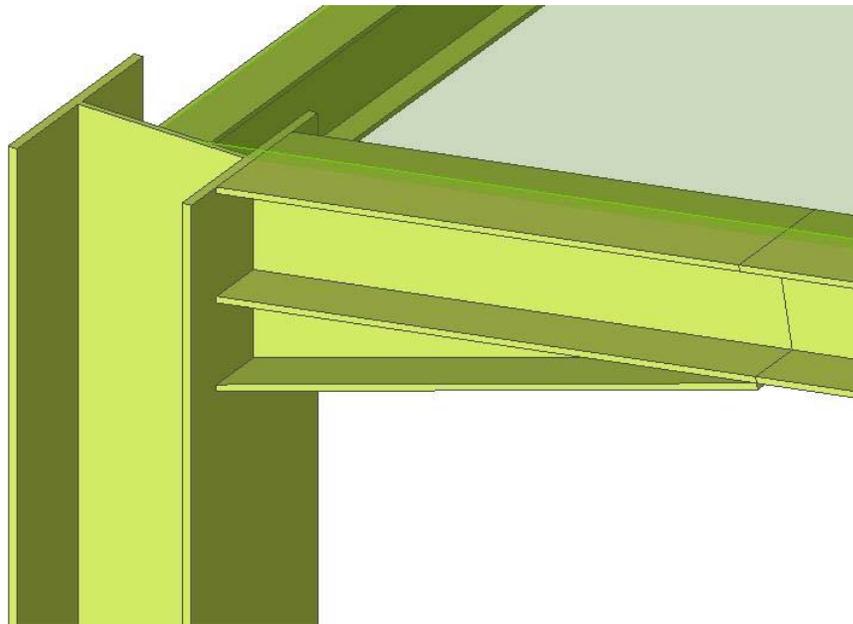
1. Zoomen Sie auf den Knoten, der Stütze **B1** mit Riegel **B7** verbindet.

2. In der Werkzeugleiste für die Ansichtsoptionen sind die Icons  und  zu aktivieren. Das Berechnungsmodell wird abgebildet.



Im Berechnungsmodell erreichen alle Stäbe denselben Knoten. In der Ausführung jedoch muss der Riegel beim Flansch der Stütze enden bzw. umgekehrt. Das Strukturmodell berücksichtigt diesen Umstand.

3. Aus der Menüleiste am oberen Bildschirmrand wird über **Ansicht > Anzeigeparameter einstellen > Strukturmodell generieren** das Strukturmodell erzeugt.



Das Strukturmodell arbeitet mit Prioritäten. Das Element mit der höheren Priorität hat Vorrang gegenüber dem niedriger eingestuftem Element. Standardmäßig wird Stützen eine höhere Priorität zugewiesen als Riegeln. Daher endet der Riegel im gegebenen Fall am Flansch der Stütze.

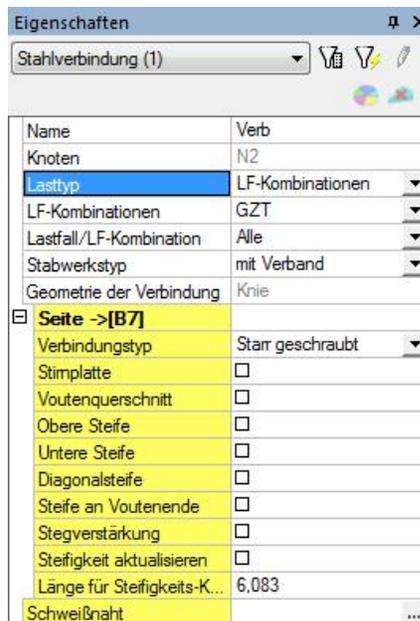
Stahlverbindungen basieren immer auf dem Strukturmodell. Wenn die Stütze durchgeht, wird auf dem Riegel eine Kopfplatte modelliert, geht der Riegel durch, gilt Umgekehrtes.

Um die Priorität zu ändern, ist nach Auswahl des entsprechenden Bauteils im **Eigenschaften**-Menü unter **Typ** die gewünschte Einstellung zu tätigen.

Eingabe einer Stahl-Verbindung

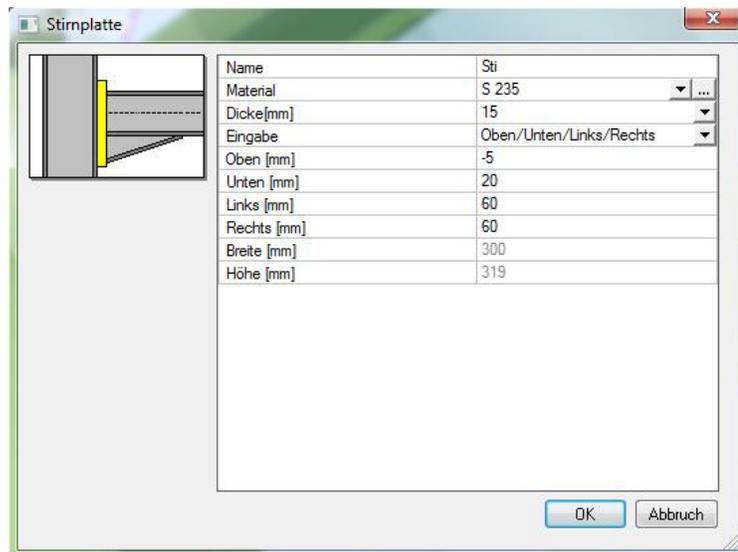
Auswahl des Verbindungstyps

1. Rufen Sie per Doppelklick das Menü **Stahl** aus dem **Menübaum** auf.
2. Über **Verbindungen** > **Rahmen geschraubt/geschweißt – starke Achse** wird der gewünschte Befehl aufgerufen.
3. Als Verbindungspunkt wird der Knoten **N2** ausgewählt. Falls Sie ihn nicht finden, kann die gerenderte Ansicht vorübergehend ausgeschaltet werden.
4. Im nächsten Schritt wird definiert, welche Stäbe zu verbinden sind. Das Programm aktiviert automatisch alle Stäbe, die den Knoten berühren. Da wir allerdings nur die Verbindung der Stütze und des Riegels bemessen möchten, muss der Träger **B17** durch Anklicken bei gedrückter **[Strg]**-Taste deselektiert werden.
5. Mit **[Esc]** wird der Befehl beendet.
6. Im **Eigenschaften**-Menü sind die Einstellungen gemäß nachstehender Abbildung zu tätigen.



Eingabe einer Stirnplatte

1. Aktivieren Sie im **Eigenschaften**-Menü die Option **Stirnplatte**. Es wird sogleich eine Platte ins Modell eingefügt.
2. Durch Drücken von in der entsprechenden Zeile wird der Einstellungsdialog **Stirnplatte** aufgerufen. Hier können bei Bedarf Änderungen vorgenommen werden.



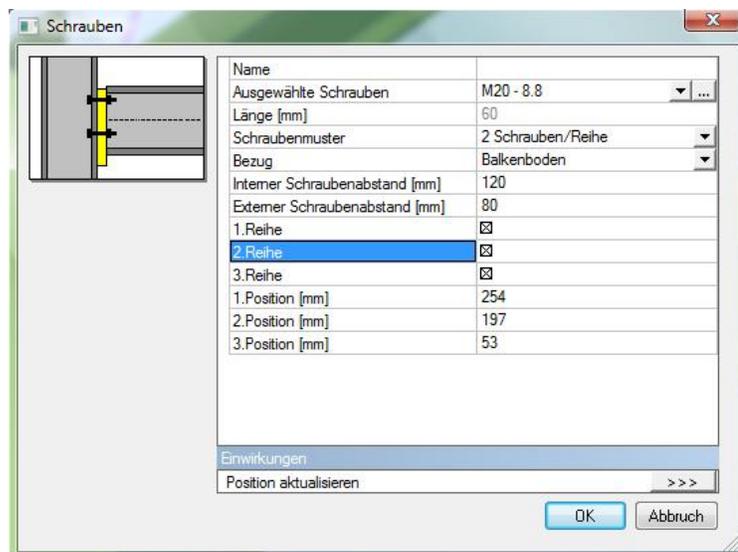
3. Die Voreinstellungen werden übernommen, bestätigen Sie mit **[OK]**.

Eingabe der Schrauben

1. Aktivieren Sie im **Eigenschaften**-Menü die Option **Schrauben**.
2. Durch Drücken von  in der entsprechenden Zeile wird der Einstellungsdialog **Schrauben** aufgerufen.
3. Für **Ausgewählte Schrauben** wird **M20 – 8.8** aus der Dropdown-Liste gewählt. Ein Popup informiert Sie darüber, dass die Schraubenanordnung verändert wurde. Bestätigen Sie mit **[Ja]**.

Das Programm passt nach Bestätigung durch den User automatisch die Schraubenpositionen, Zwischenabstände, Randabstände etc. an den ausgewählten Schraubentyp an.

4. In der Voreinstellung sind zwei Schraubenreihen aktiv, die **1. Reihe** und die **3. Reihe**. Aktivieren Sie nun noch zusätzlich die **2. Reihe**.



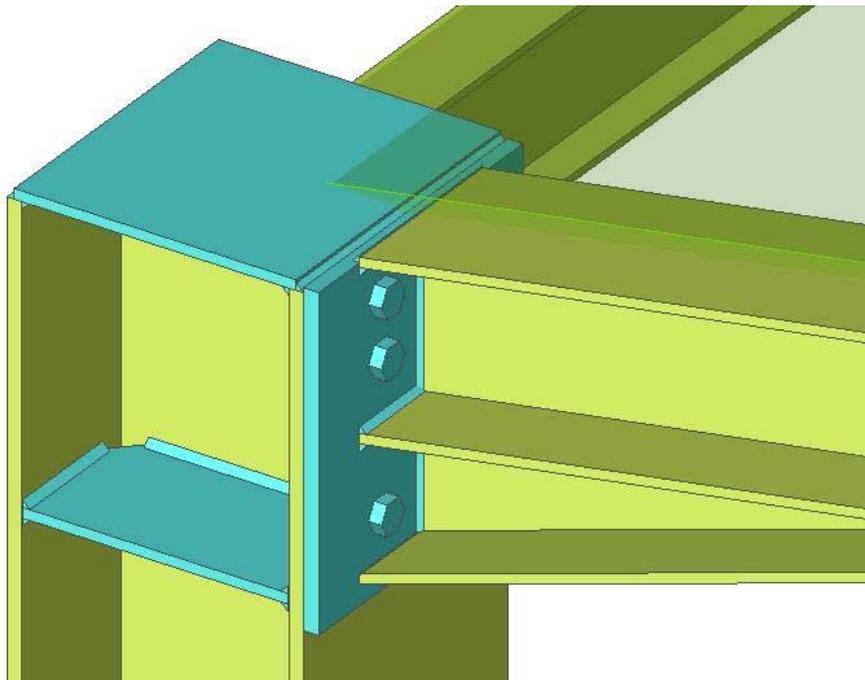
5. Übernehmen der Änderungen und Schließen des Fensters über **[OK]**. Die Schrauben werden im Modell abgebildet.

Eingabe der Steifen

1. Aktivieren Sie im **Eigenschaften**-Menü die Optionen **Obere Steife** und **Untere Steife**.
2. Die Eigenschaften der Steifen können bei Bedarf wieder über  angepasst werden. Hier werden die Einstellungen beibehalten.
3. Um die Darstellung der Verbindung zu optimieren, öffnen Sie Über  (**Schnellanpassung von Ansichtsparametern der Auswahl**) > **Einstellungsdialog** das Fenster **Anzeigeparameter einstellen**.
4. Die Einstellungen werden gemäß folgender Abbildung getroffen.



5. Bestätigen mit **[OK]** und Regenerieren der Verbindung über **Aktualisieren**.
6. Aufheben der Auswahl über **[Esc]**. Die Verbindung wird nun übersichtlich dargestellt.



Nachweis der Verbindung

Ausgabeformat

1. Klicken Sie im Modell auf die gewünschte Verbindung.
2. Betätigen Sie im **Eigenschaften** die Ausgabe entsprechend **kurz/Übersicht oder detailliert und dann** **Vorschau öffnen** **>>>** in den Aktionen.

Im Dialog werden die Ergebnisse aller zu führenden Nachweise aufgelistet. Falls ein Nachweis nicht erbracht sein sollte, wird das entsprechende Feld rot schattiert.

Protokollvorschau

Default

Stahlverbindung

Name	Verb2
Knoten	N18
Verbindungstyp	Starr geschraubt
Geometrie der Verbindung	Einseitig
Rechentyp	Schnittgrößen
LF/Kombi	Tragf

Verbindungsanalyse (Zusammenfassung): Seite [B12]

Schnittgrößen

NEd	-9.12	kN
Vz,Ed	18.82	kN
My,Ed	-28.14	kNm
Vy,Ed	0.17	kN
Mz,Ed	-0.01	kNm

...:BERECHNUNG FÜR STARKE ACHSE:...

Bemessungswiderstände

Mj,y,Rd	28.46	kNm
Nj,Rd	236.14	kN
Vz,Rd	27.75	kN

Begrenzende Teile

Zugbeansprucht	Zugbeanspruchte Schraube (Ft,Rd)
Druckbeansprucht	Schubbeanspruchter Stützensteg

Steifigkeit

Sj,ini	19.5474	MNm/rad
Sj	6.7468	MNm/rad

Klassifizierung	System ELASTISCH VERFORMBAR
Nachweis der Steifigkeit	OK

...:BERECHNUNG FÜR SCHWACHE ACHSE:...

Bemessungswiderstände

Mj,z,Rd	5.34	kNm
Vy,Rd	62.43	kN

Steifigkeit

Sj,ini	1.4980	MNm/rad
Sj	1.4980	MNm/rad

...:ERGEBNISSE:...

Einheitsnachweis

My,Ed/Mj,y,Rd	0.99
Mz,Ed/Mj,z,Rd	0.00
Mz,Ed/Nj,Rd	0.04

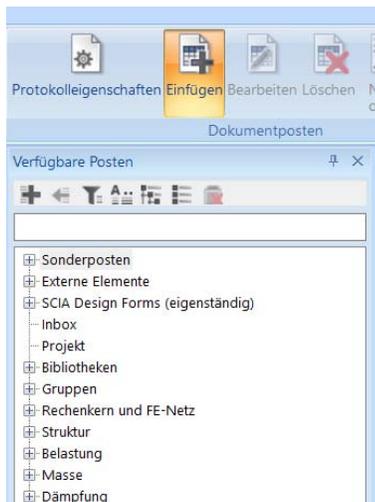
In dem letzten Kapitel dieses Tutorials behandeln wir das Zusammenstellen eines Berechnungsprotokolls.

Berechnungsprotokoll

1. Klicken Sie auf  **Berechnungsprotokoll** im **Menübaum** oder auf  in den Werkzeugleisten. Wenn zuvor noch kein Report angelegt war, dann spring automatisch **Report-1**. Der Berechnungsprotokoll-Prozess ist eigenständig. Man sieht dies auch einzeln in der Taskleiste.



2. Klicken Sie auf **Einfügen** in der Ribbonleiste um Tabellen in den Navigator einzupflegen. Ein Fenster mit **Verfügbaren Posten** erscheint unter dem Einfügebutton.



Diese unterschiedlichen Daten können in das Berechnungsprotokoll eingefügt werden.

- Öffnen Sie **Bibliotheken** und wählen Sie **Material**. Doppelklicken Sie auf diesen Eintrag oder klicken Sie den  Button um dieses Element in den Navigator zu schieben
- Fügen Sie beispielsweise auch **Querschnitte** aus Bibliotheken, **Stäbe** aus der Struktur-Gruppe und **Stabschnittgrößen** oder **Reaktionen** aus der Ergebnisse-Gruppe ein

3. Sie sehen diese sofort im Navigator gelistet und auch als Vorschau.

3. Stäbe

Name	Querschnitt	Material	Länge	Auf. Koordinate	Endkoordinate	Typ
B1	CS4 - Rechteck (CS4; 200)	C1215	3,000	163	162	Stütze (100)
B2	Stützen - HEA220	S 235	7,000	163	164	Stütze (100)
B3	CS5 - I + Lev (IPE220; 170)	S 235	7,000	162	166	Träger (80)
B4	CS2 - IPE100	S 235	7,000	165	166	Träger (80)
B5	Stützen - HEA220	S 235	7,000	1610	166	Stütze (100)
B7	Stützen - HEA220	S 235	3,000	161	162	Stütze (100)
B8	CS5 - I + Lev (IPE220; 170)	S 235	7,000	1612	166	Träger (80)
B9	Stützen - HEA220	S 235	7,000	1616	1615	Stütze (100)
B10	CS2 - IPE100	S 235	7,000	1614	1613	Träger (80)
B11	Stützen - HEA220	S 235	7,000	1617	1618	Stütze (100)
B12	CS5 - I + Lev (IPE220; 170)	S 235	7,000	1618	1615	Träger (80)
B13	CS2 - IPE100	S 235	3,000	166	167	Träger (80)
B14	CS2 - IPE100	S 235	3,000	167	1613	Träger (80)
B15	CS2 - IPE100	S 235	3,000	163	166	Träger (80)
B16	CS2 - IPE100	S 235	3,000	166	1614	Träger (80)
B17	CS2 - IPE100	S 235	3,000	164	166	Träger (80)
B18	CS2 - IPE100	S 235	3,000	168	1615	Träger (80)
B19	CS4 - H216	S 235	6,103	163	167	Wandverband (0)
B20	CS4 - H216	S 235	6,103	1610	166	Wandverband (0)
B21	CS4 - H216	S 235	6,103	161	166	Wandverband (0)

4. Stabschnittgrößen

Name	Querschnitt	Material	Länge	Auf. Koordinate	Endkoordinate	Typ
B22	CS4 - H216	S 235	6,103	161	165	Wandverband (0)
B24	CS4 - H216	S 235	6,103	1610	162	Wandverband (0)
B25	CS4 - H216	S 235	6,103	1612	1621	Wandverband (0)
B26	CS10 - H213 S102	S 235	6,103	1620	1618	Wandverband (0)
B27	CS4 - H216	S 235	6,103	162	1622	Wandverband (0)
B28	CS4 - H216	S 235	3,000	166	162	Träger (80)
B29	CS2 - IPE100	S 235	3,000	1620	162	Träger (80)
B30	CS2 - IPE100	S 235	3,000	162	162	Träger (80)
B31	CS2 - IPE100	S 235	3,000	162	162	Träger (80)

4. Stabschnittgrößen
Lineare Analyse, Extremwerte : Global, System : Hauptsystem
Auswahl : Alle
Lastfälle : EG

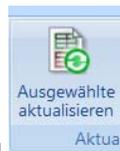
Std	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS	CS
B3	CS4	H216	S 235	6,103	161	165	Wandverband (0)													

Ziehen Sie die Einträge einfach mit der Maus, um die Reihenfolge zu ändern.

Anzeigen von Ergebnisse im Berechnungsprotokoll

1. Im Navigator klicken Sie auf **Reaktionen**. Ein rotes Ausrufezeichen im Navigator und in der Vorschau zeigt an, dass dieser Eintrag nicht aktuell ist. Im **Eigenschaftsfenster** sind die Einstellungen dieser Tabelle angezeigt. Parameter für Ergebnisse werden im **Berechnungsprotokoll** genauso eingestellt, wie im **Ergebnismenü** in SCIA Engineer.

- **Auswahl** ist eingestellt auf **alle**.
- **Lasttyp: Kombinationen** und die Kombination auf **GZT**
- **Werte** auf vertikal **Rz**.
- **Extremwerte** auf **global**.



2. Klicken Sie den **Aktualisieren** Button in der Ribbonleiste und die Tabelle wird mit den aktuellen Einstellungen angezeigt. Die roten Ausrufezeichen verschwinden.

Navigator

- Material
- Querschnitte
- Stäbe
- Reaktionen

3. Stäbe

Name	Querschnitt	Material	Länge [m]	Anf.Knoten	Endknoten	Typ
B1	CS2 - Rechteck (300; 200)	C20/25	5,000	N1	N2	Stütze (100)
B2	CS2 - Rechteck (300; 200)	C20/25	5,000	N3	N4	Stütze (100)
B3	CS2 - Rechteck (300; 200)	C20/25	5,000	N5	N6	Stütze (100)
B4	CS2 - Rechteck (300; 200)	C20/25	5,000	N7	N8	Stütze (100)
B5	CS1 - HEA260	S 235	5,000	N9	N10	Stütze (100)
B6	CS1 - HEA260	S 235	5,000	N11	N12	Stütze (100)
B7	CS4 - I + Lvar (HEA180; 146)	S 235	6,083	N2	N13	Träger (80)
B8	CS4 - I + Lvar (HEA180; 146)	S 235	6,083	N13	N4	Träger (80)
B9	CS4 - I + Lvar (HEA180; 146)	S 235	6,083	N6	N14	Träger (80)
B10	CS4 - I + Lvar (HEA180; 146)	S 235	6,083	N14	N8	Träger (80)
B11	CS4 - I + Lvar (HEA180; 146)	S 235	6,083	N10	N15	Träger (80)
B12	CS4 - I + Lvar (HEA180; 146)	S 235	6,083	N15	N12	Träger (80)
B13	CS3 - IPE180	S 235	7,810	N7	N12	Träger (80)
B14	CS3 - IPE180	S 235	7,810	N11	N8	Träger (80)
B15	CS3 - IPE180	S 235	7,810	N5	N10	Träger (80)
B16	CS3 - IPE180	S 235	7,810	N9	N6	Träger (80)
B17	CS6 - IPE160	S 235	6,000	N4	N8	Träger (80)
B18	CS6 - IPE160	S 235	6,000	N12	N8	Träger (80)
B19	CS6 - IPE160	S 235	6,000	N2	N6	Träger (80)
B20	CS6 - IPE160	S 235	6,000	N6	N10	Träger (80)
B21	CS6 - IPE160	S 235	6,000	N13	N14	Träger (80)
B22	CS6 - IPE160	S 235	6,000	N14	N15	Träger (80)
B23	CS6 - IPE160	S 235	6,000	N16	N17	Träger (80)
B24	CS6 - IPE160	S 235	6,000	N18	N19	Träger (80)

4. Reaktionen

Lineare Analyse, Extremwerte : Knoten
Auswahl : Alle
LF-Kombinationen : GZT

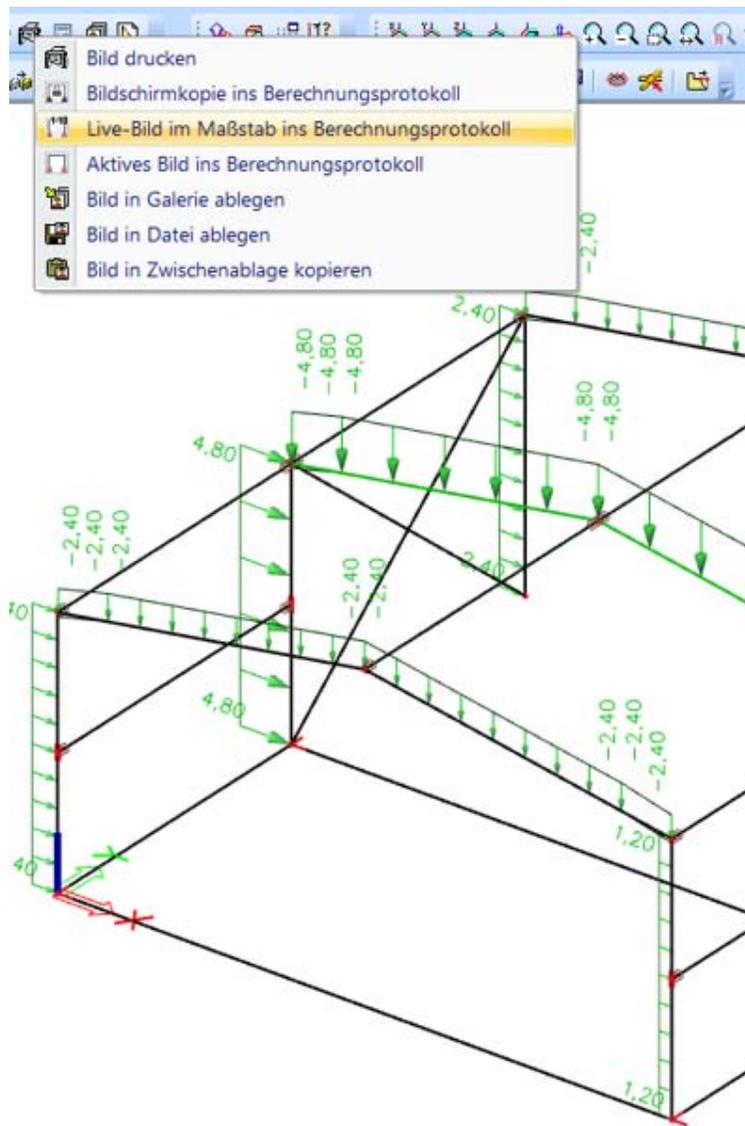
Auflager	LF	dx [m]	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn5/N9	GZT/1		2,50	-4,85	51,28	0,00	0,00	0,00
Sn5/N9	GZT/2		13,83	-3,94	47,15	0,00	0,00	0,00
Sn5/N9	GZT/3		6,08	-5,88	63,51	0,00	0,00	0,00
Sn5/N9	GZT/4		10,24	-2,92	34,93	0,00	0,00	0,00
Sn6/N11	GZT/3		-33,08	-6,07	74,28	0,00	0,00	0,00
Sn6/N11	GZT/4		-10,24	-2,92	34,93	0,00	0,00	0,00
Sn6/N11	GZT/2		-13,83	-3,94	47,15	0,00	0,00	0,00
Sle1/S1	GZT/3	0,000	-83,56	0,38	634,67	0,00	0,00	0,00
Sle1/S1	GZT/3	5,600	0,00	0,06	-6,19	0,00	0,00	0,00
Sle1/S1	GZT/3	0,200	-0,05	-0,14	47,79	0,00	0,00	0,00
Sle1/S1	GZT/3	6,000	-42,78	5,63	327,72	0,00	0,00	0,00
Sle1/S1	GZT/3	0,400	0,00	-0,05	-9,60	0,00	0,00	0,00
Sle1/S1	GZT/2	0,000	-38,79	1,39	298,04	0,00	0,00	0,00
Sle2/S1	GZT/3	0,000	-42,78	5,63	327,72	0,00	0,00	0,00
Sle2/S1	GZT/2	12,000	20,34	2,51	154,03	0,00	0,00	0,00

Hinzufügen von Bildern ins Berechnungsprotokoll

1. Jedes Bild aus SCIA Engineer kann dem Berechnungsprotokoll hinzugefügt werden. Sowohl als Screenshot (nicht änderbar) oder als dynamisches Bild (welches sich immer aktualisiert).
2. Erstellen Sie eine 3D-Modellansicht im Ansichtsfenster, z.B. ein Analysemodell mit Belastungen. Sie sehen die Buttons an der **Befehlszeile** zum Einstellen der Oberfläche, des Renderings und der Last.



3. Klicken Sie auf den Button **Bild ausgeben** und wählen Sie **Live-Bild im Maßstab ins Berechnungsprotokoll**.



4. Ein Einstellungsdialog für Dokumentbilder erscheint. Hier können Sie diverse Eigenschaften wie, Maßstab, Rendering, Textmaßstabsfaktor etc. festlegen. Wählen Sie den Button **Zwei je Seite** und drücken Sie oben links „**Einfügen & Schließen**“ in den ausgewählten Report.

