

Stade des Alpes - Grenoble -
Ecole et Technologie Internationale (ETI)

Tutorial

Stahlbetonplatte

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 2000-2012 SCIA Group. Alle Rechte vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

Allgemeine Informationen	1
Einführung	1
Kontakt	2
Internet	2
Einleitung	5
Anlegen eines Projekts – Projektmanagement	7
Ein Projekt starten	7
Speichern, Speicher unter, Schließen und Öffnen.....	8
Eingabe der Struktur	11
Eingabe der Geometrie	11
Kontrolle der Eingaben.....	25
Belastungen und Lastfallkombinationen	29
Grundsätzliches.....	29
Lastfälle, Lasten und Lastfallkombinationen	30
Berechnung und Ergebnisse	41
Berechnung	41
Ergebnisse	42
Nachweise	53
Bemessung von Stahlbetonbauteilen.....	53
Erstellen eines Ausgabe-Dokuments	61
Während der Bearbeitung des Projekts	61
Abschließende Arbeiten	61
Nachwort	65

Allgemeine Informationen

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 drei verschiedene Programmpakete angeboten:

- Concept Edition
- Professional Edition
- Expert Edition

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.

In der Produktübersicht von Scia Engineer sowie auf <http://www.scia-online.com/de/scia-engineer-editions.html> finden Sie einen Überblick über die verfügbaren Module.

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

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 0231/974 25 87

Email: support@scia.de

Internet

Homepage von Nemetschek Scia

<http://www.scia-online.com/de/home.html>

Scia Campus – Kostenlose Nemetschek Scia Schulversion

<http://www.scia-online.com/de/education.html>

Link zu den Tutorials

http://www.scia-online.com/de/display_fd.html?myframe=http://www.scia-online.com/WWW/WebSiteUS.nsf/0/51CA02541C3D5B6DC125743300314FAE?Opendocument

Link zu den Demo- und Übungsfilmen

<http://www.scia-online.com/de/scia-movies.html>

Link zum e-Learning

<http://elearning.scia-online.com/>

Nemetschek Scia Forum

<http://www.scia-software.com/forum/>

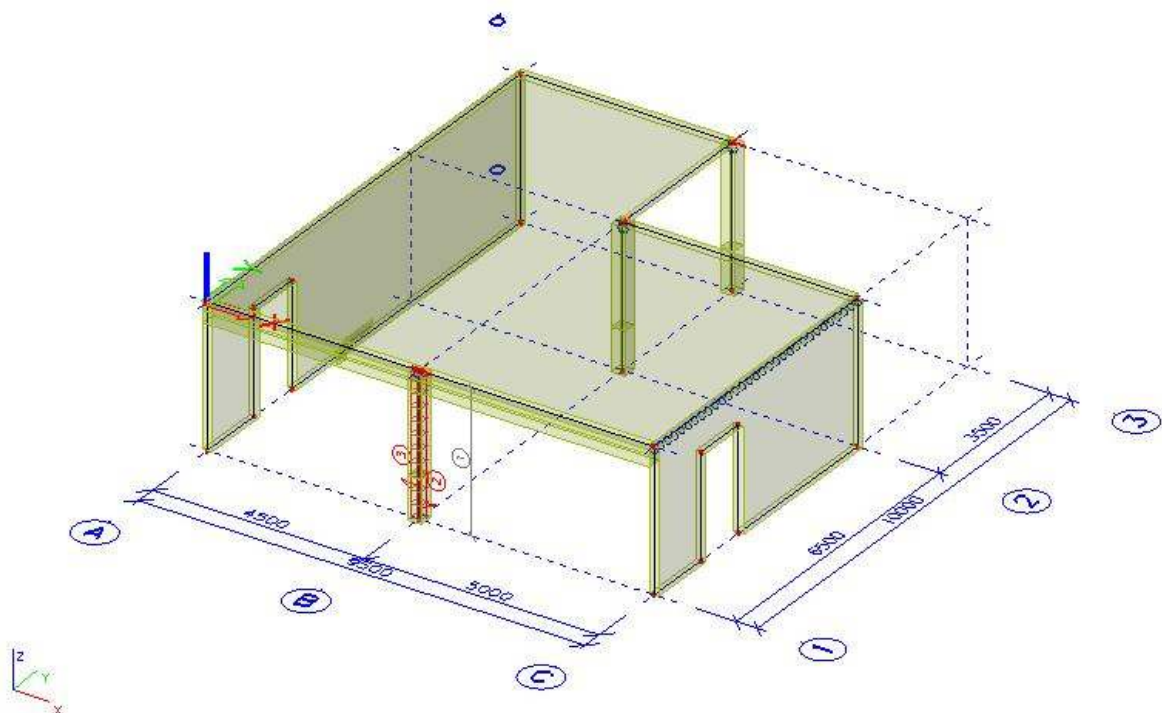
Einleitung

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 einer Stahlbetonplatte.

Es ist 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 können im Folgeschritt die Bauteile bemessen werden, sprich die benötigte Bewehrung wird ermittelt. Schlussendlich wird noch erklärt, wie aus den gegebenen Daten ein angemessenes Ausgabedokument erzeugt wird.

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



Anlegen eines Projekts – Projektmanagement

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:

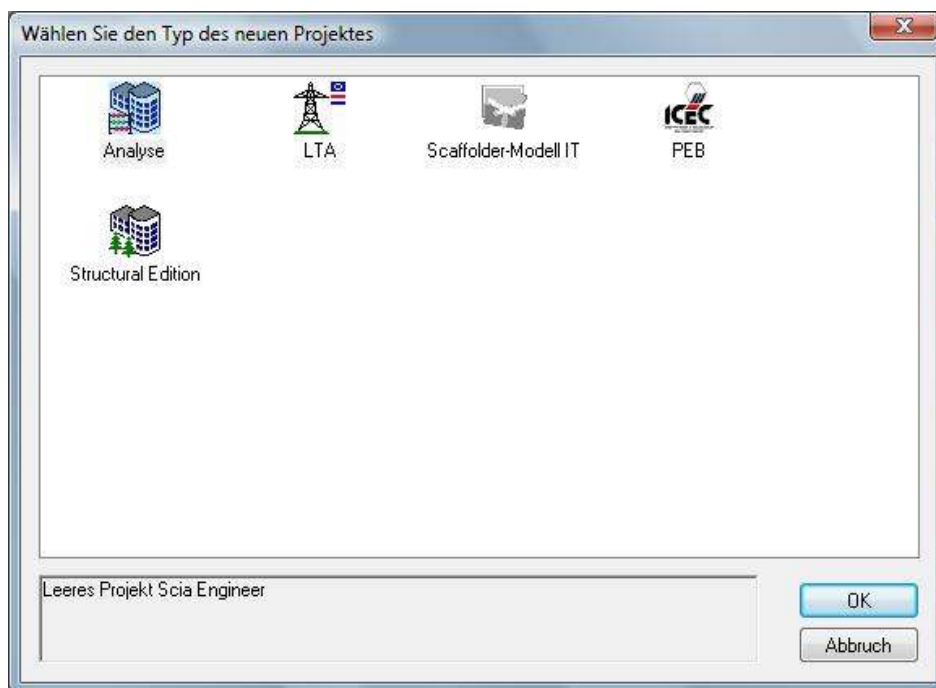
2. Drücken Sie **[Start]** und wählen Sie **Programme > Scia Engineer 2011.0 > Scia Engineer 2011.0**.

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.



3. Im **Wählen Sie den Typ des neuen Projektes** Fenster wählen Sie die **Analyse**-Umgebung durch Klicken auf das entsprechende Symbol und anschließend Bestätigen mit **[OK]**.

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

4. In der Registerkarte **Grunddaten** können Sie unter **Identifikation** Details zu Namen (hier: Tutorial Stahlbeton), Teil (hier: Platte) sowie nähere Beschreibungen einfügen. Diese Eingaben können später beim Output, also z.B. im Ausgabedokument und den Zeichnungen, eingeblendet werden.
5. 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.
6. Im Feld **Tragwerk** ist die Option **Allgemein XYZ** aus dem Dropdown-Menü zu selektieren. Mit dieser Einstellung stehen für das Projekt alle in Scia Engineer möglichen Bauteiltypen (Stab, Platte, Wand etc.) zur Verfügung.
7. Unter **Projektniveau** wird **Erweitert** eingestellt und unter **Modell Ein**. So sind alle Basisfunktionen verfügbar. Nun sollte das gesamte Fenster der obigen Abbildung gleichen.
8. Durch Ankreuzen des Kästchens **Beton** im Feld Tragwerk erscheinen darunter zwei weitere Zeilen, **Material** und **Bewehrungstahl**. Wählen Sie für ersteres über das Dropdown-Menü **C20/25** und für die Bewehrung **B500A**.

Bei Bedarf besteht die Möglichkeit, den Werkstoffen die jeweiligen Materialparameter individuell zuzuweisen.

In der Registerkarte Funktionalität können durch Ankreuzen erweiterte Funktionen wie Dynamik, Stabilität, Vorspannung etc. für spezielle Anwendungsbereiche aufgerufen werden. Im aktuellen Tutorial ist dies NICHT vonnöten.

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

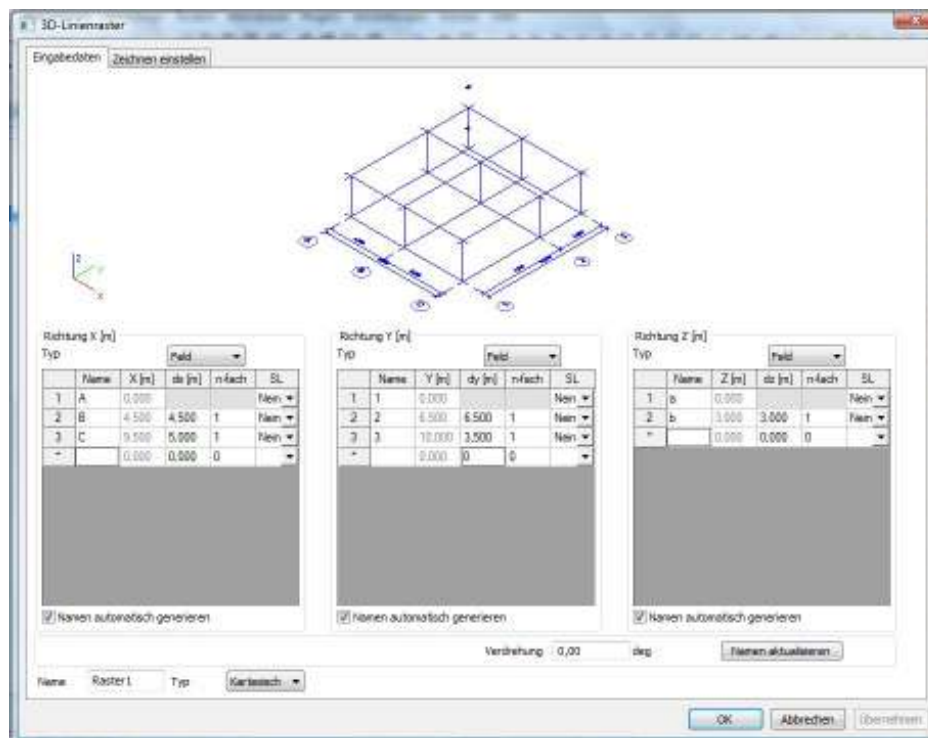
Wenn Sie ein neues Projekt starten, muss im ersten Schritt die Geometrie des Bauteils eingegeben werden.

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 Doppelklick.
3. Im gewählten Menü wird nun abermals per Doppelklick **3D-Linienraster** selektiert. Es öffnet sich der Dialog **3D-Linienraster**.

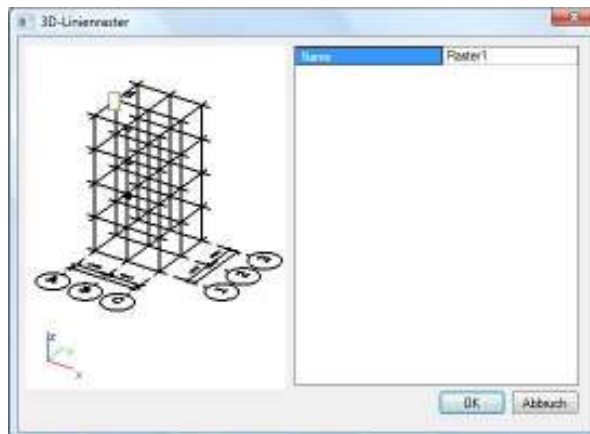



4. Auf der Registerkarte **Eingabedaten** können nun in den Spalten **dx [m]**, **dy [m]** sowie **dz [m]** die gewünschten Achsabstände für die jeweilige Koordinatenrichtung eingegeben werden. Klicken Sie hierzu, bei **Eingabefeld 2 – dx [m]** beginnend, in die gewünschten Felder und tätigen Sie sodann die gewünschte Eingabe. Durch Drücken der **[Enter]**- oder **[↓]**(Pfeil unten)-Taste springt das Programm in die nächste Zeile. 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. Außerdem steht eine Rechenfunktion zur Verfügung. So erkennt das Programm z.B. die Eingabe „=7/2“ automatisch als „3,500“. Es muss lediglich ein = (Gleichheitszeichen) vor die Rechnung gestellt werden.

5. Auf der Registerkarte **Zeichnen einstellen** werden die Voreinstellungen belassen.

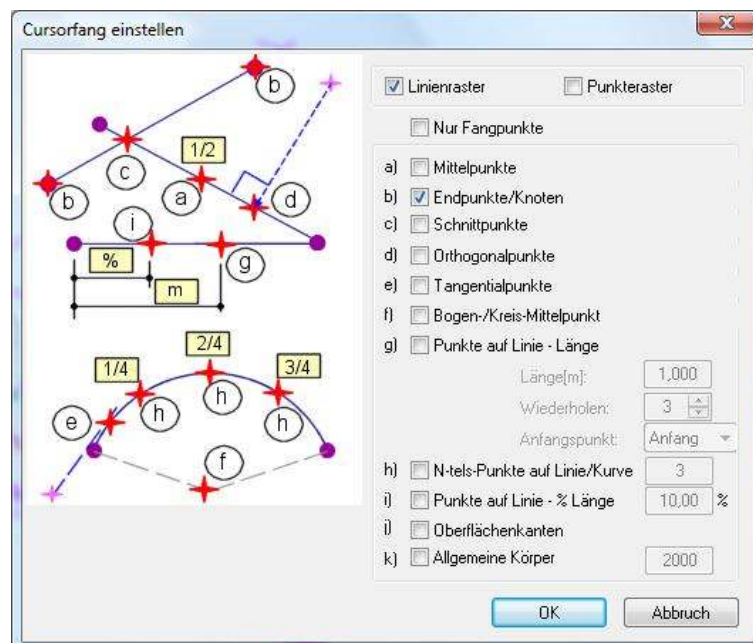
- Klicken Sie auf **[OK]**. Ein weiterer Dialog mit der Bezeichnung **3D-Linienraster** wird geöffnet.



- Bei Bedarf kann der Linienraster benannt werden. Klicken Sie anschließend auf **[OK]**.
- Der Raster Linienraster 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  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.

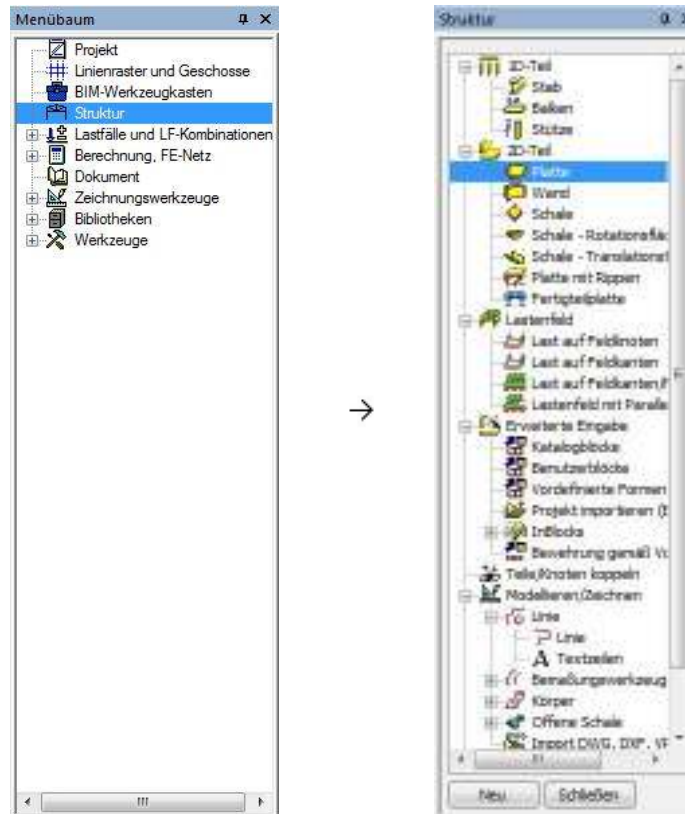


- Haken Sie die Kästchen **Linienraster** und **Endpunkte/Knoten** per Mausclick an und gehen Sie anschließend auf **[OK]**.

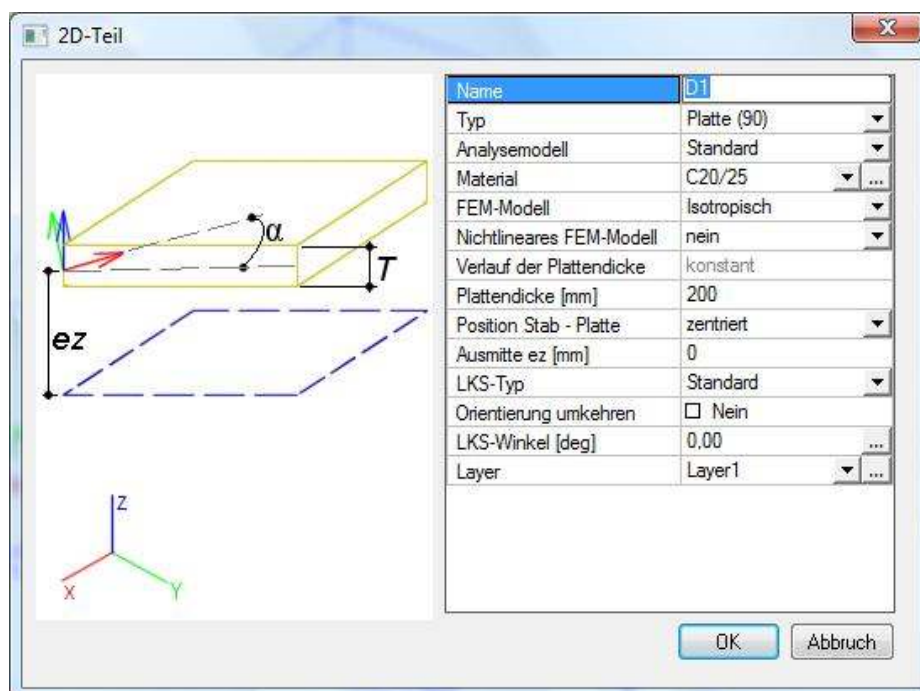
- Um das Linienraster-Menü zu verlassen, muss am linken Bildschirmrand im Menü **Linienraster und Geschosse** auf den **[Schließen]**-Button gedrückt werden. Der Linienraster ist jetzt inaktiv.

Eingabe einer Platte – 2D-Element

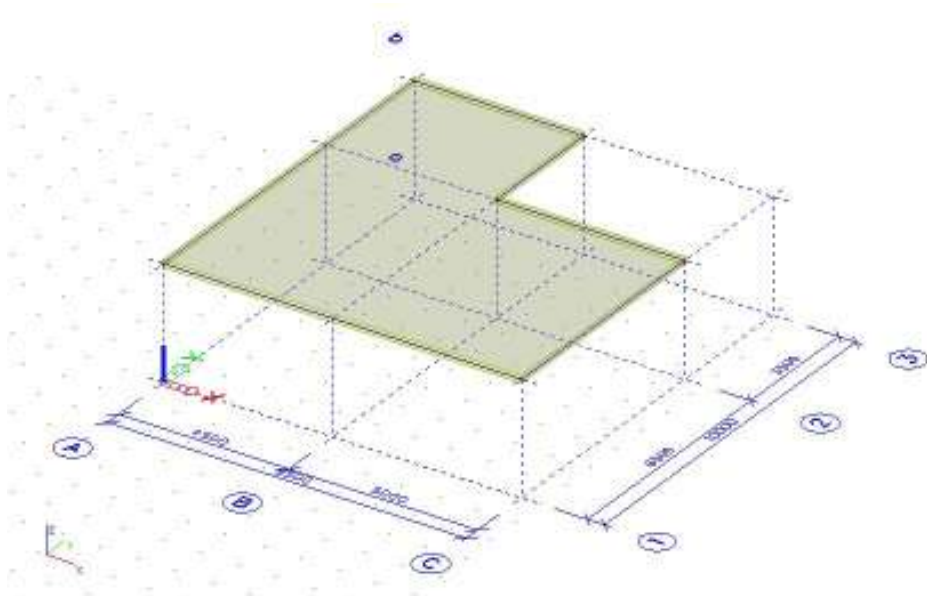
- Wählen Sie im **Menübaum** per Doppelklick das Menü **Struktur** aus.




- Durch Doppelklick auf **Platte** öffnet sich das Fenster **2D-Teil**.



3. Da es sich um eine Decke handelt, wählen wir hier bei **Name** die Bezeichnung **D1**. Das **Material** ist entsprechend der Voreinstellung auf **C20/25** festgelegt, die **Plattendicke** wird in diesem Beispiel mit **200 mm** bestimmt. Durch Klicken in das jeweilige Feld können die Eingaben getätigt werden.
4. Bestätigen Sie mit **[OK]**.
5. Klicken Sie nun der Reihe nach am Linienraster die gewünschten Eckpunkte der zu konstruierenden Platte an. Wenn Sie wieder auf den ersten Punkt geklickt haben, ist der Polygonzug geschlossen und die Platte fertig definiert. Alternativ kann nach Klicken des letzten Punkts **[Esc]** gedrückt werden. Entwickeln Sie die Platte gemäß folgendem Bild.

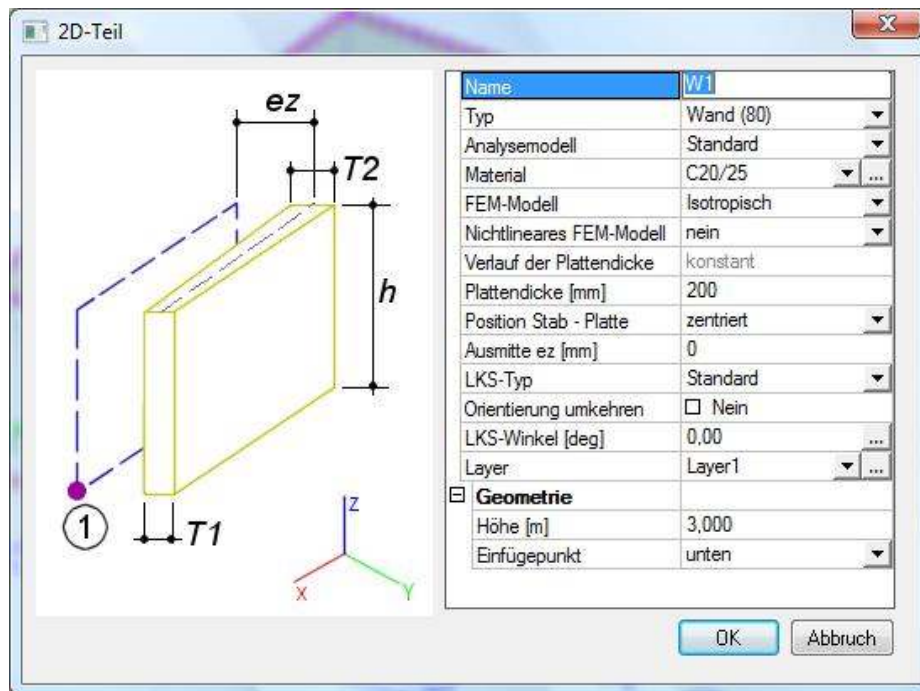


6. Durch Drücken der Taste **[Esc]** steigen Sie aus dem aktuellen Befehl aus, die mit diesem Befehl soeben eingefügten Bauteile bleiben jedoch ausgewählt. Nochmaliges Betätigen von **[Esc]** hebt auch diese Auswahl auf.
7. Über **Ansicht > Transparent** wird die abgebildete Darstellung erzielt.

 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. 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.

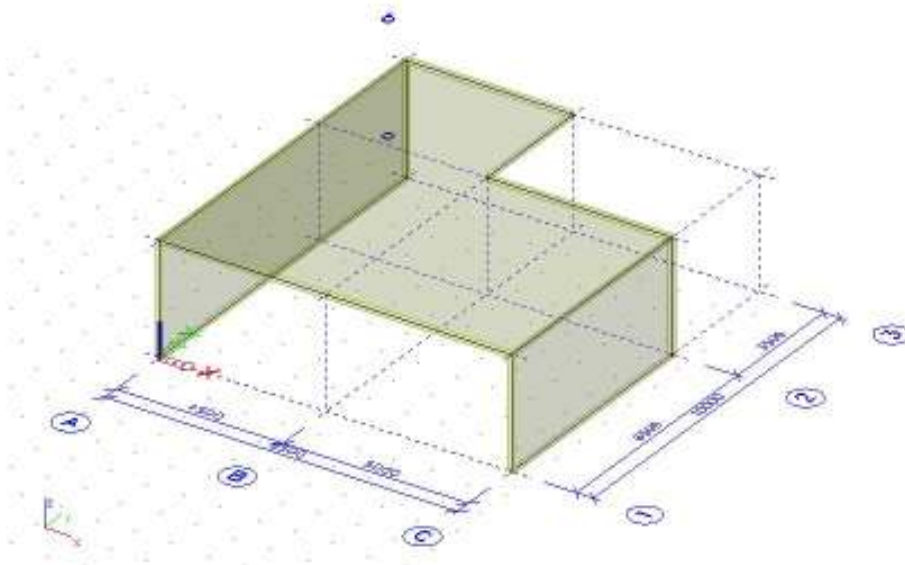
Eingabe von Wänden – 2D-Element

1. Durch Doppelklick auf **Wand** im Menü **Struktur** erscheint wie schon im vorherigen Abschnitt das Dialog-Fenster **2D-Teil**.




- Der **Name** soll **W1** lauten, das **Material** belassen wir auf dem vordefinierten **C20/25** Beton. Die **Plattendicke** wird wieder auf **200 mm** festgelegt, die **Höhe** auf **3,000 m**. Für den **Einfügpunkt** ist hier **unten** ausgewählt.
- Bestätigen Sie mit **[OK]**.
- Klicken Sie nun die Fußpunkte der zu erstellenden Wände an.

 Das Programm erstellt die Wand automatisch in der durch zwei Punkte aufgespannten Vertikalebene.

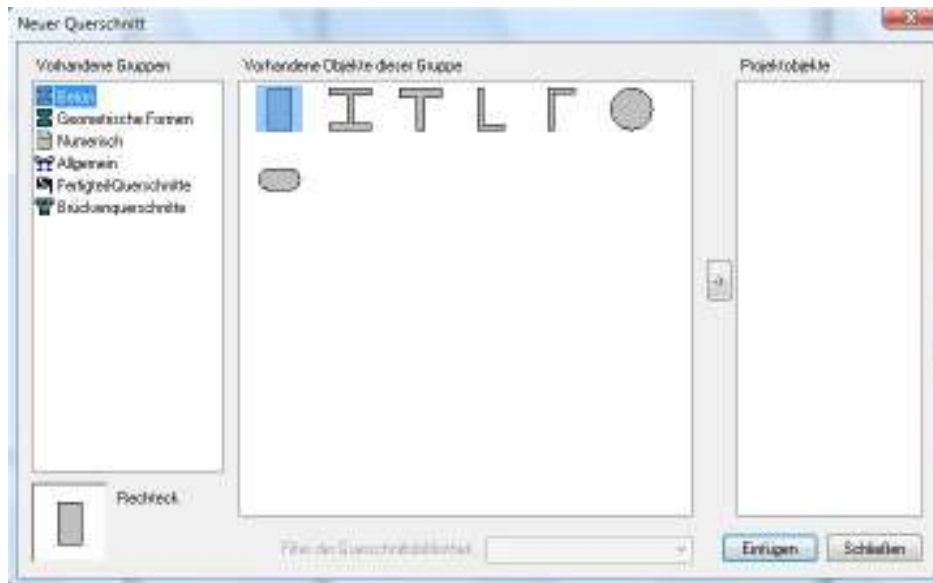


- Der Befehl wird über **[Esc]** verlassen.

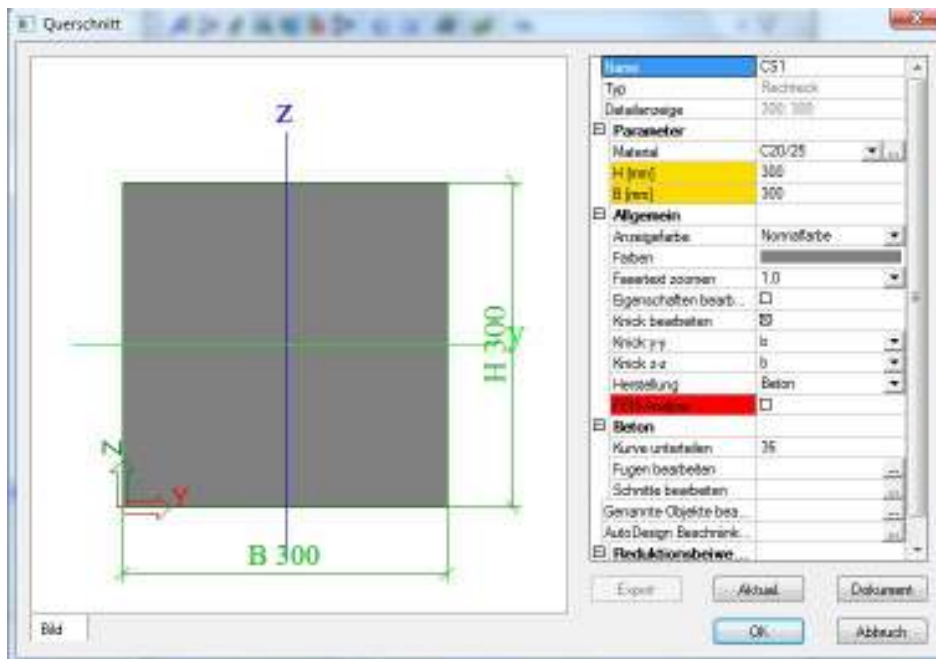
 Wenn Sie einmal ein fehlerhaftes Bauteil entfernen möchten, wählen Sie dieses mit der linken Maustaste aus, sodass es aktiv wird (violett-strichliert umrandet). Nun kann durch Rechtsklick ein Menüaufruf erfolgen und der Befehl „Löschen selektiert werden.“

Eingabe von Stützen – 1D-Element

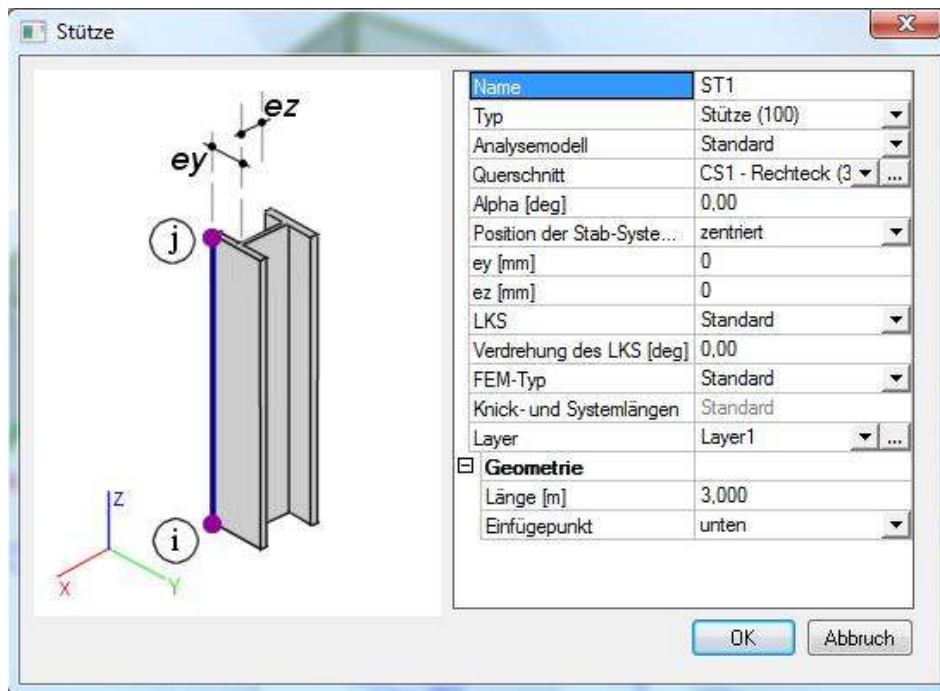
1. Doppelklicken Sie im **Struktur**-Menü auf **Stütze**. Der Dialog **Querschnitte** wird geöffnet. Da in diesem Projektstadium noch keine Querschnitte definiert sind, öffnet sich sogleich ein zweites Fenster **Neuer Querschnitt**.



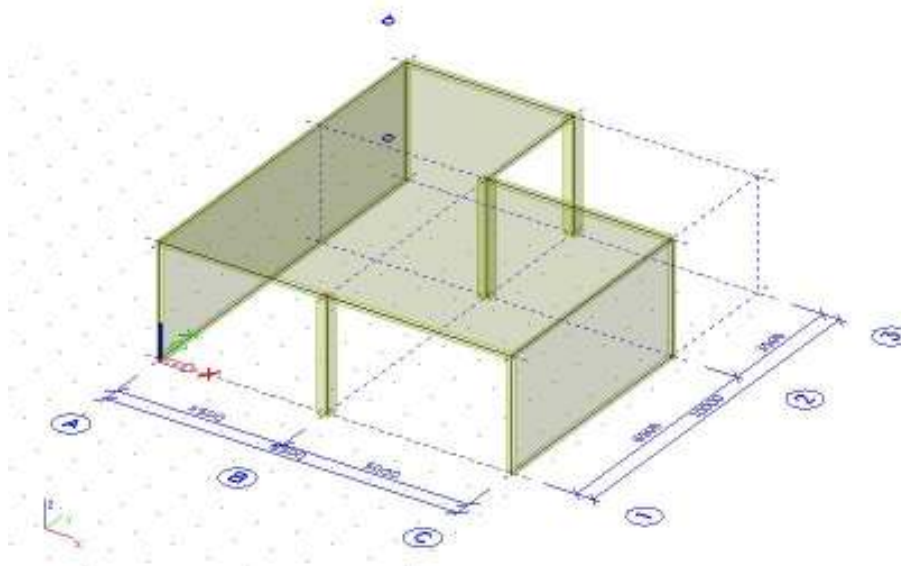
2. Durch Doppelklick auf das Rechteck-Symbol wird ein weiterer Dialog **Querschnitt** geöffnet.



3. Für **Höhe (H)** und **Breite (B)** wird jeweils **300 mm** gewählt. Name und Material werden laut Voreinstellung belassen.
4. Bestätigen Sie mit **[OK]**.
5. Schließen Sie den Dialog **Neuer Querschnitt** mit **[Schließen]**.
6. Schließen Sie den Dialog **Querschnitte** mit **[Schließen]**. Ein neues Fenster **Stütze** erscheint.




7. Der **Name** lautet bei uns konventionsgemäß **ST1**, unter **Querschnitt** ist bereits der soeben definierte Betonquerschnitt **CS1** eingebildet. Die **Länge** ist identisch zu den Wänden mit **3,000** zu wählen, der **Einfügepunkt** soll **unten** sein.
8. Bestätigen Sie mit **[OK]**.
9. Die drei Stützen werden nun durch Klicken auf den jeweiligen gewünschten Fußpunkt abgesetzt.

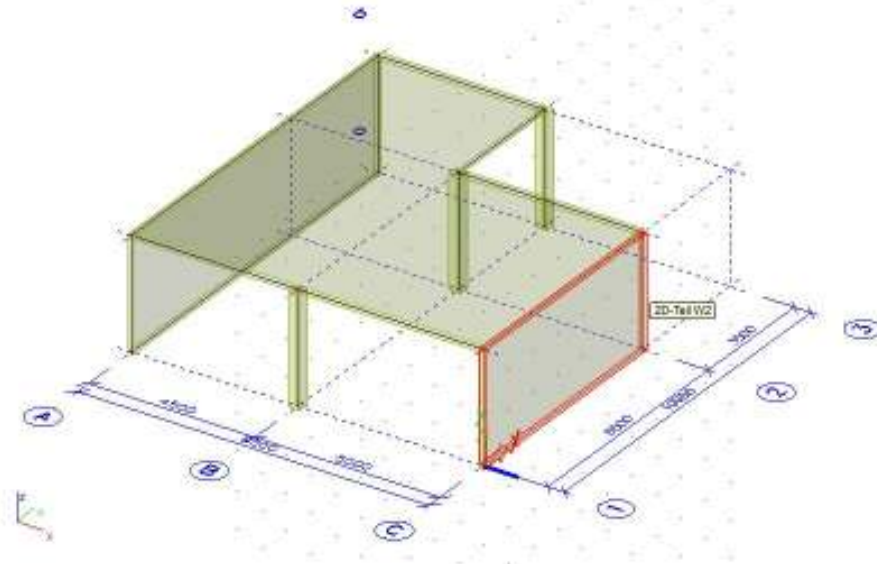



10. Das Verlassen des Befehls erfolgt wieder über **[Esc]** oder rechte Maustaste und **Ende**.

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.

Einfügen einer Aussparung


1. Klicken Sie auf das Symbol  in der Werkzeugleiste und wählen Sie den ersten Menüpunkt **BKS mittels drei Punkte**.
2. Klicken Sie nun der Reihe nach den neuen Koordinatenursprung, einen Punkt auf der neuen X-Achse und einen Punkt auf der neuen Y-Achse an.



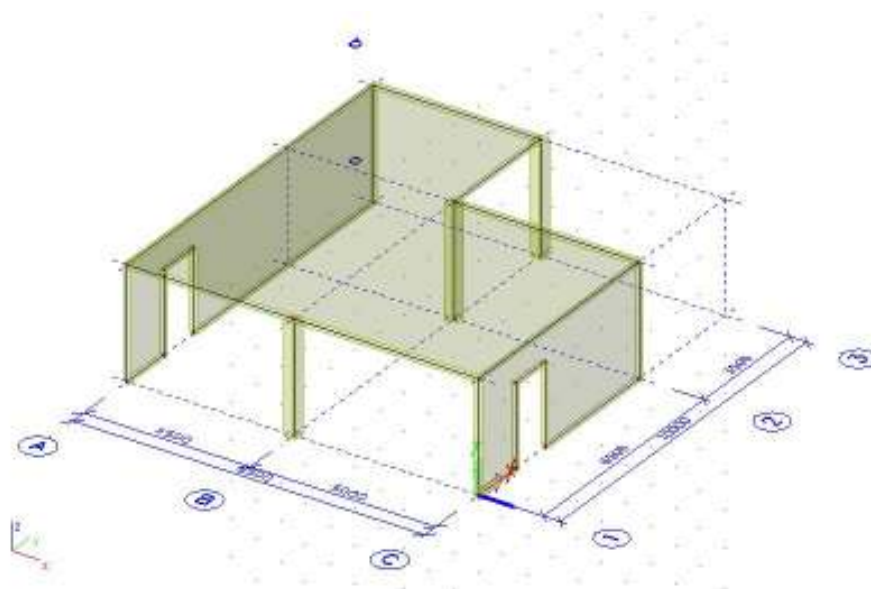
3. Nun wird im **Struktur**-Menü über **2D-Teil > 2D-Teile – Komponenten > Durchbruch** per Doppelklick der Befehl **Durchbruch** aufgerufen.
4. Klicken Sie zum Auswählen an den Rand der zu editierenden Wand (W2). Der Dialog **Öffnung/Feld** erscheint.
5. Es muss nichts an den Voreinstellungen geändert werden, daher kann direkt über **[OK]** geschlossen werden.
6. Wählen Sie aus dem Werkzeugkasten bei der Befehlszeile am unteren Bildschirmrand das Symbol  aus.
7. Geben Sie nun in der Befehlszeile für den Anfangspunkt **1,5** als relativen Abstand (in [m]) vom Koordinatenursprung an und drücken Sie **[Enter]**.
8. Nun wird durch Eingabe des Befehls **@1,2 2,2** in die Befehlszeile die Ausdehnung der Aussparung in X- und Y-Richtung festgelegt. Bestätigen mit **[Enter]**.
9. Mit **[Esc]** wird der Befehl wieder verlassen und die Aussparung wird angezeigt.

Die Funktion Kopieren

Über die Funktion **Kopieren** kann ein bereits bestehendes Element an anderer Stelle erneut eingefügt werden. Dies wird anhand der soeben erzeugten Aussparung gezeigt.

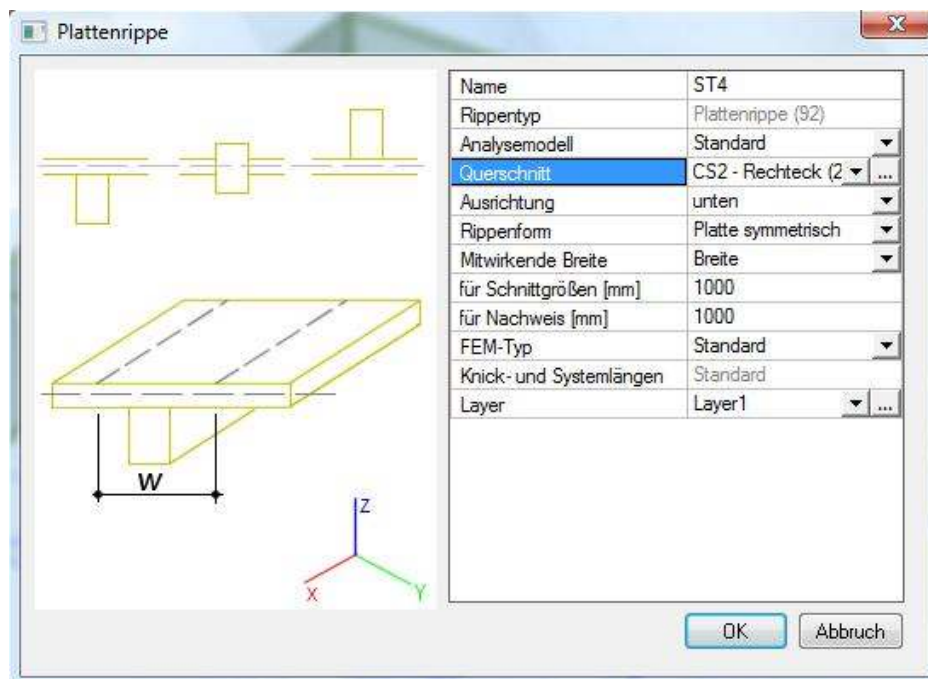
1. Wählen Sie das zu kopierende Element per Mausklick aus. Wenn die Auswahl mehrdeutig ist, erscheint der Dialog **Mehrfachauswahl**, in welchem das tatsächlich gewünschte Element aus einer Liste der möglichen Elemente per Doppelklick zu wählen ist.
2. Klicken Sie in der Werkzeugleiste auf das Symbol .

3. Geben Sie nun durch Klick an entsprechender Stelle den Anfangspunkt des Kopiervorgangs, in unserem Fall den Schnittpunkt der Achsen **C** und **1**, an.
4. Nun ist der Endpunkt des Kopiervorgangs gefragt. Es ist der Schnittpunkt **A 1**. Das Modell sollte nun wie im Folgenden gezeigt aussehen.

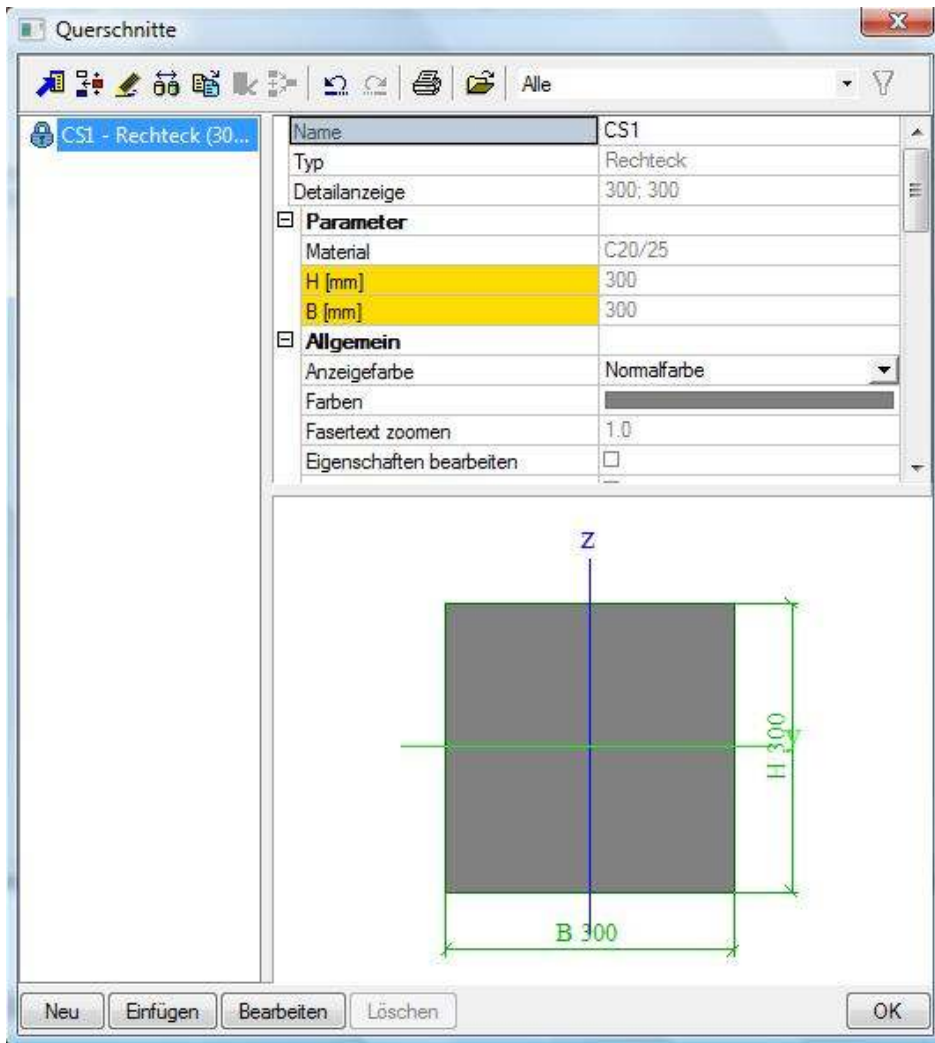


Einfügen eines Unterzuges

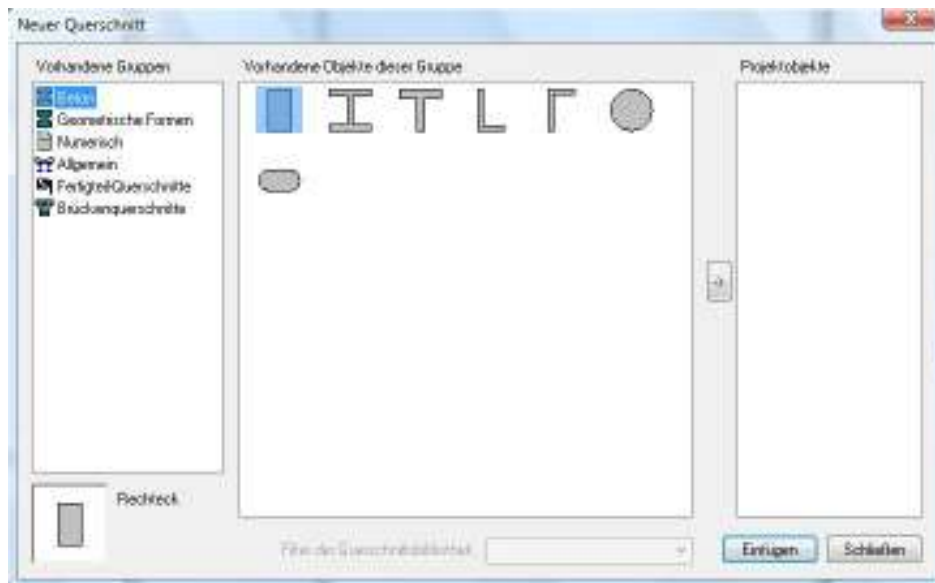
1. Im **Struktur**-Menü kann unter **2D-Teil > 2D-Teile – Komponenten > Rippe** durch Doppelklick der entsprechende Befehl aufgerufen werden.
2. In der Befehlszeile werden Sie nach dem Bauteil gefragt, unter welches der Unterzug gesetzt werden soll. Wählen Sie sodann per Klick das Bauteil **D1**, die Decke, aus. Das Dialogfenster **Plattenrippe** wird geöffnet.



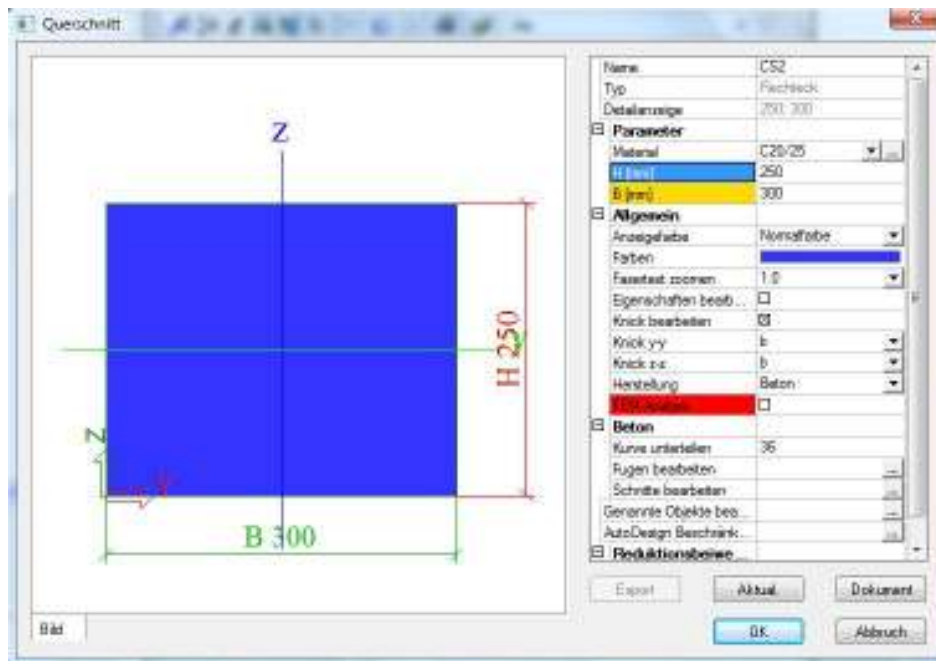
3. Um einen neuen Querschnitt zu definieren, klicken Sie in der Zeile Querschnitt auf die Schaltfläche . Die Querschnittsdatenbank wird geöffnet.



- Um einen neuen Querschnitt zu erzeugen, ist die Schaltfläche **[Neu]** zu betätigen. Das Dialogfenster **Neuer Querschnitt** öffnet sich.



- Doppelklicken Sie das Symbol für Rechteckquerschnitt. Der Dialog **Querschnitt** erscheint.




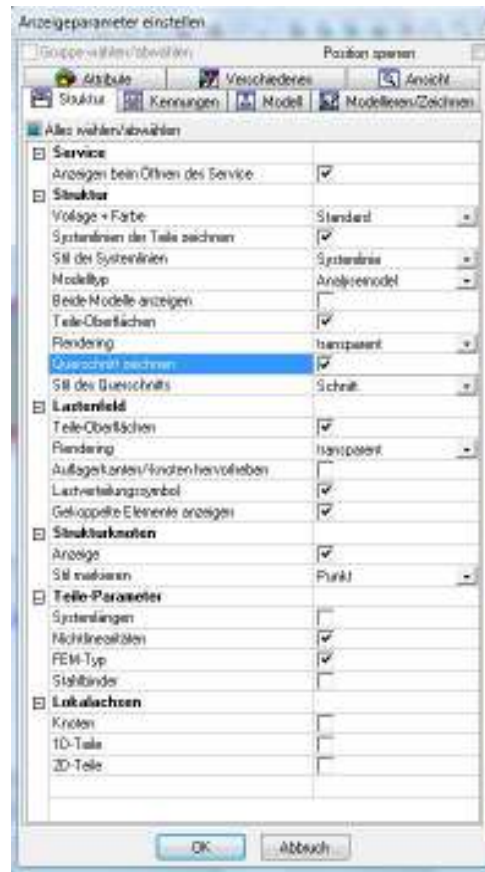
- Geben Sie für die Querschnittshöhe **H 250 mm** ein, die Breite **B** wird auf **300 mm** belassen, um mit dem Stützenquerschnitt kompatibel zu bleiben. Bestätigen Sie anschließend mit **[OK]**.

Bei der für den Querschnitt angegebenen Höhe handelt es sich ausschließlich um die Höhe der Rippe **UNTERHALB** der Platte, die tatsächliche Höhe des Unterzugs entspricht der Summe aus dieser Querschnittsabmessung und der Plattendicke.

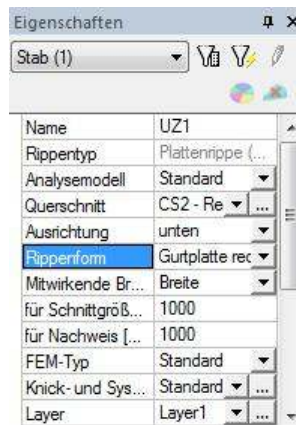
- Beenden Sie den Dialog **Neuer Querschnitt** mit **[Schließen]**. Klicken Sie im Dialog **Querschnitt** auf **[OK]**.
- Im Dialogfenster **Plattenrippe** erscheint nun der soeben definierte Querschnitt **CS 2**. Bestätigen Sie mit **[OK]**.

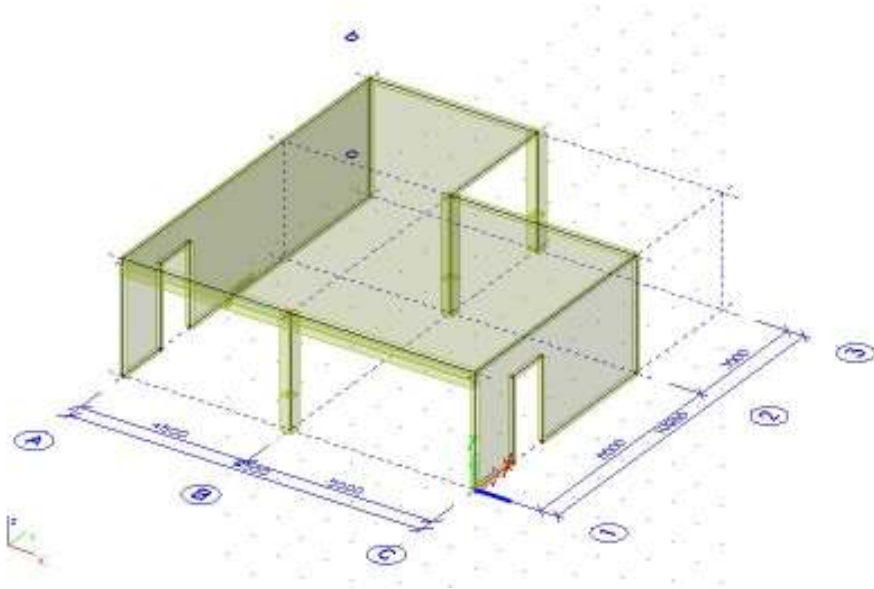
Im Dialogfenster **Plattenrippe** kann die mitwirkende Breite separat für die Schnittgrößen und den Nachweis angegeben werden. Diese Eingaben haben keinen Einfluss auf die Systemsteifigkeit.

- Wählen Sie nun durch Klicken den Anfangspunkt des Unterzugs am Modell aus. Dies ist die Deckenecke **A 1**. Anschließend wird der Endpunkt, die Deckenecke **C 1**, angeklickt.
- Um die Querschnitte im Modell sichtbar zu machen, 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.



11. Haken Sie in der Registerkarte **Struktur** durch Klick die Option **Querschnitt zeichnen** an und bestätigen Sie mit **[OK]**.
12. Solange ein Bauteil aktiv ist, können seine Eigenschaften am rechten Bildschirmrand im Menü **Eigenschaften** verändert werden. Wir ändern nun den **Namen** des Unterzugs von **ST4** auf **UZ1**. Außerdem wird bei **Rippenform Gurtplatte rechts** eingestellt, da nur auf der rechten Seite des Unterzugs eine Platte vorhanden ist.








Auflager und Gelenke

Als letzter Punkt der Geometrieingabe werden die Auflager definiert. In diesem Tutorial werden zwei Typen von Lagerungen benötigt, Punktauflager unter den Stützen und Linienauflager unter den Wänden. Die einzelnen Bauteile müssen untereinander auch über Endgelenke bzw. Liniengelenke miteinander verbunden werden.

Punktauflager

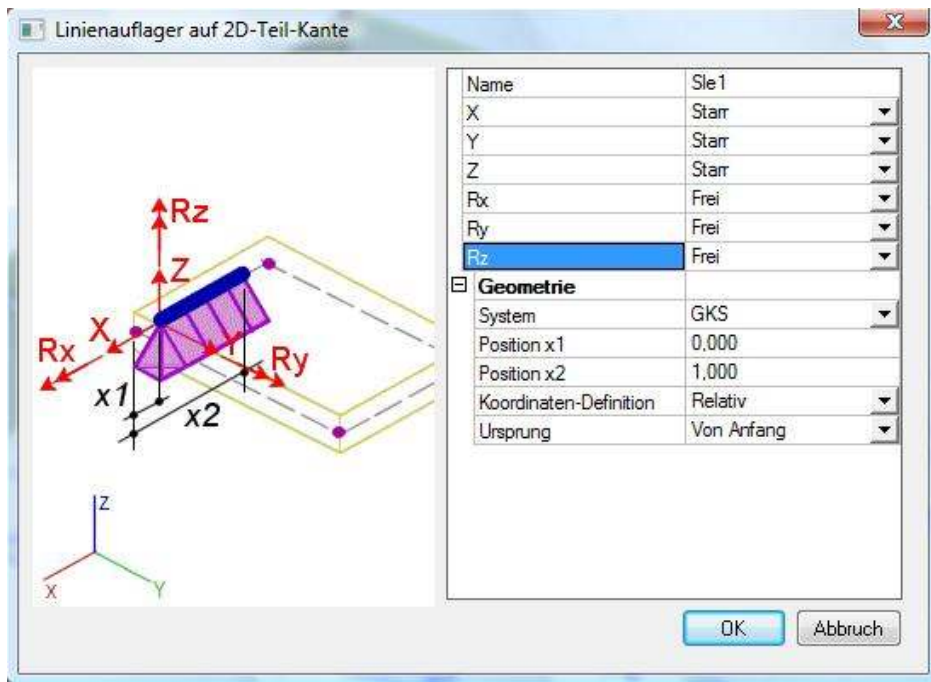
1. Wählen Sie aus dem Werkzeugkasten bei der Befehlszeile am unteren Bildschirmrand das Symbol  aus.
2. Klicken Sie der Reihe nach die Fußpunkte der zu lagernden drei Stützen an.
3. Beenden des Befehls erfolgt wie üblich über **[Esc]** oder rechte Maustaste und **Ende**.

Endgelenke

1. Wählen Sie aus dem Werkzeugkasten für die Ansichtsoptionen bei der Befehlszeile am unteren Bildschirmrand das Symbol  aus.
2. Klicken Sie der Reihe nach die drei Stäbe an, an deren Stützenkopf die Decke gelagert wird.
3. Beenden über **[Esc]**.
4. Um die Lagerungsbedingungen besser visualisieren zu können, wird die räumliche Darstellung über Deaktivieren der Schaltfläche  ausgeschaltet.

Linienauflager

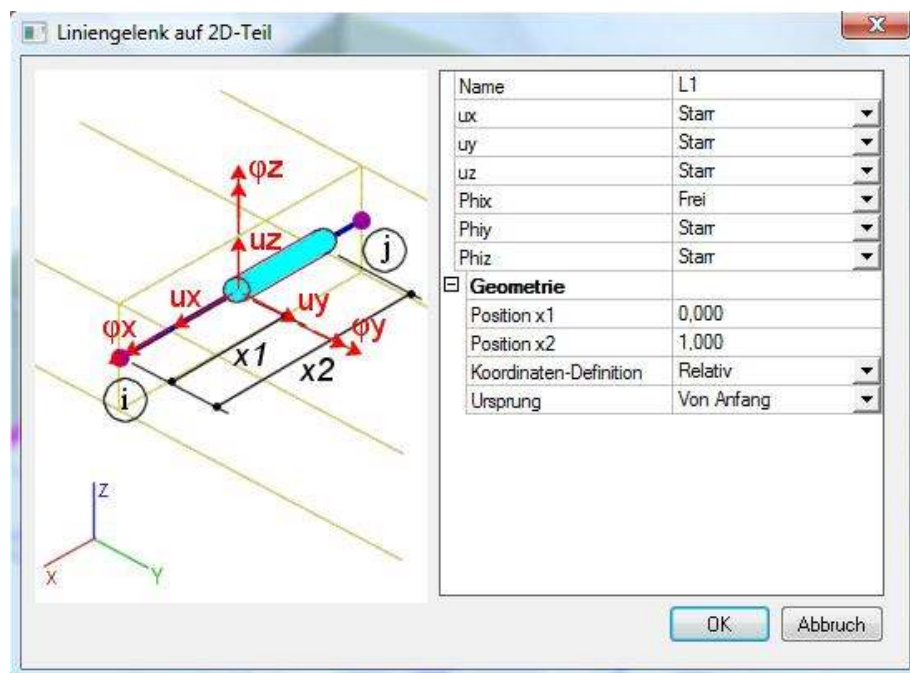
1. Über **Modellkomponenten > Auflager > auf 2D-Teil-Kante** wird per Doppelklick das Fenster **Linienauflager auf 2D-Teil-Kante** aufgerufen.




2. Translationen in **X-, Y- und Z-Richtung** sind durch die Einstellung **Starr** verhindert. Über die jeweilige Dropdown-Liste werden Rotationen um die **x-, y- und z-Achse** durch Umstellen auf **Frei** zugelassen.
3. Bestätigen Sie mit **[OK]**.
4. Wählen Sie nun am Modell die zu lagernden Unterkanten der zwei Wände per Mausclick aus.
5. Beenden Sie den Befehl mit **[Esc]**.


Liniengelenke

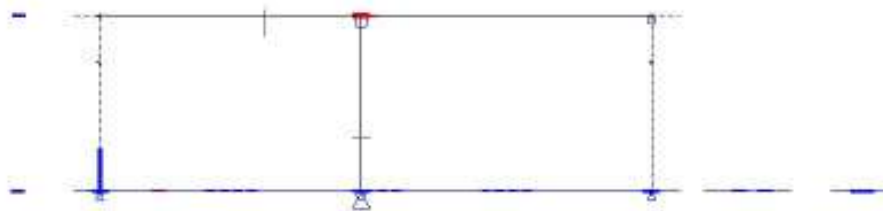
1. Über **Modellkomponenten > Liniengelenk auf 2D-Teil** wird der entsprechende Befehl aufgerufen.



2. Verdrehungen um die x-Achse (Zeile **Phix**) müssen durch die Einstellung **Frei** zugelassen werden, alle anderen Freiheitsgrade durch die Einstellung **Starr** gesperrt sein.
3. Bestätigen Sie mit **[OK]**.
4. Wählen Sie nun am Modell die entsprechende Kante zwischen Wand **W2** und Decke **D1** aus. Bei Aufscheinen des Dialogfensters **Mehrfachauswahl** wählen Sie per Doppelklick die der **Wand** zugehörige Kante aus.

 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 Verbindung zwischen Wand W1 und Decke D1.

5. Beenden des Befehls mittels **[Esc]**.
6. Über den Schalter  in der Werkzeugleiste können Sie die Ansicht der Struktur normal auf die globale Y-Achse aufrufen und so die Position der Lager kontrollieren.




7. Über  gelangen Sie wieder zur axonometrischen Ansicht.


Kontrolle der Eingaben

Abschließende Einstellungen

Ausblenden des Punktrasters


1. Deaktivieren Sie den Punktraster durch Betätigen des Schalters  aus dem Werkzeugkasten für die Ansichtsoptionen. Da bereits alle Bauteile des Modells erzeugt sind, wird der Raster nicht mehr benötigt.

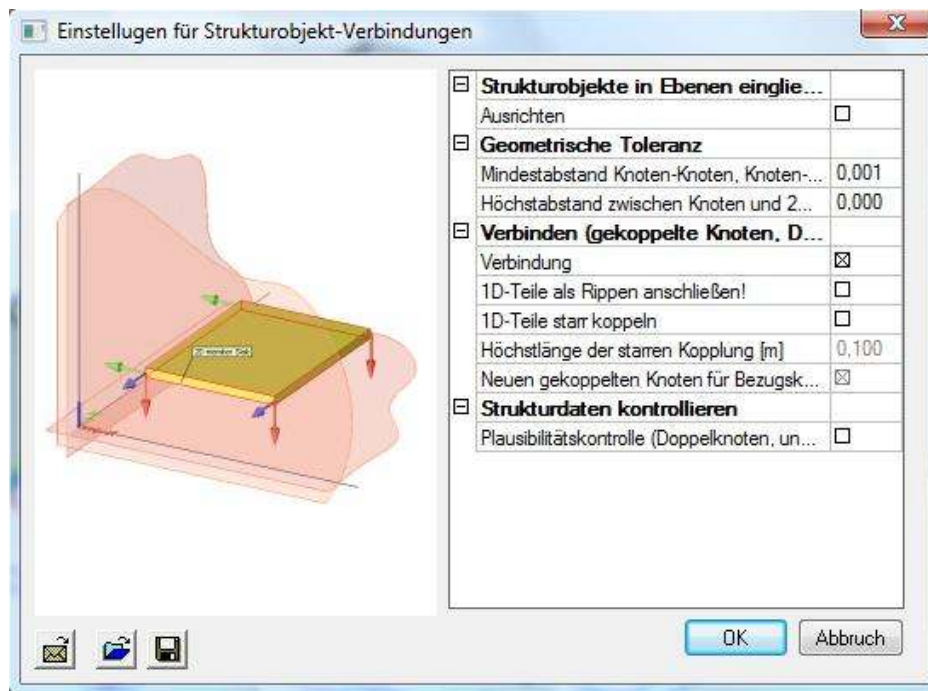
Umstellung auf globales Koordinatensystem

1. Klicken Sie auf das Symbol  in der Werkzeugleiste und wählen Sie den Menüpunkt **GKS**. Der Ursprung des Koordinatensystems liegt nun wieder wie zu Beginn im Schnittpunkt der Linienrasterachsen **A** und **1**.

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 ein neuer Knoten in die ausgewählten Stäbe eingebunden wurde und dass drei neue Durchdringungen generiert wurden. Bestätigen Sie abermals 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

Null-Teile suchen Nullstäbe:

Nullstäbe entfernen

Doppelstäbe suchen Doppelstäbe:

Doppelstäbe entfernen

Ungültige Teile: Ungültige Teile löschen

Datenbezüge prüfen

Datenbezüge prüfen Speicherschonendes Verfahren

Schnelles Verfahren

Zusatzdaten prüfen

Position von Zusatzdaten prüfen Unzulässige Position:

Korrekte Position


Nachweis von Stahlverbindungen

Nachweis von Stahlverbindungen Ungültige:

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 .

Belastungen und Lastfallkombinationen

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“.



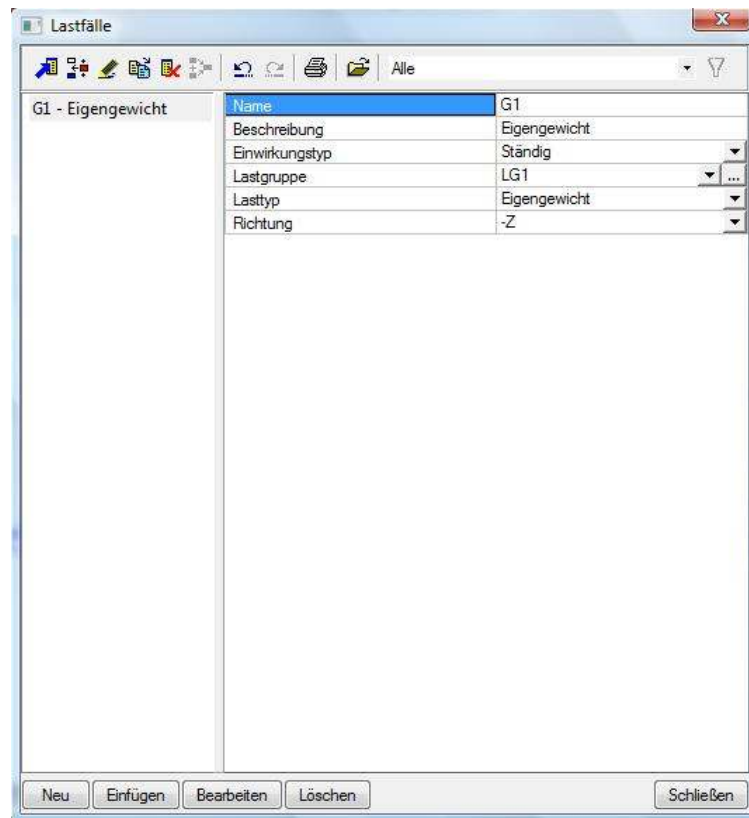
Für nähere Informationen empfiehlt es sich, das Kapitel „Lasten“ in der Referenzanleitung von Scia Engineer zu studieren.

Lastfälle, Lasten und Lastfallkombinationen


Erzeugen von Lastfällen

Einwirkungstyp „Ständig“

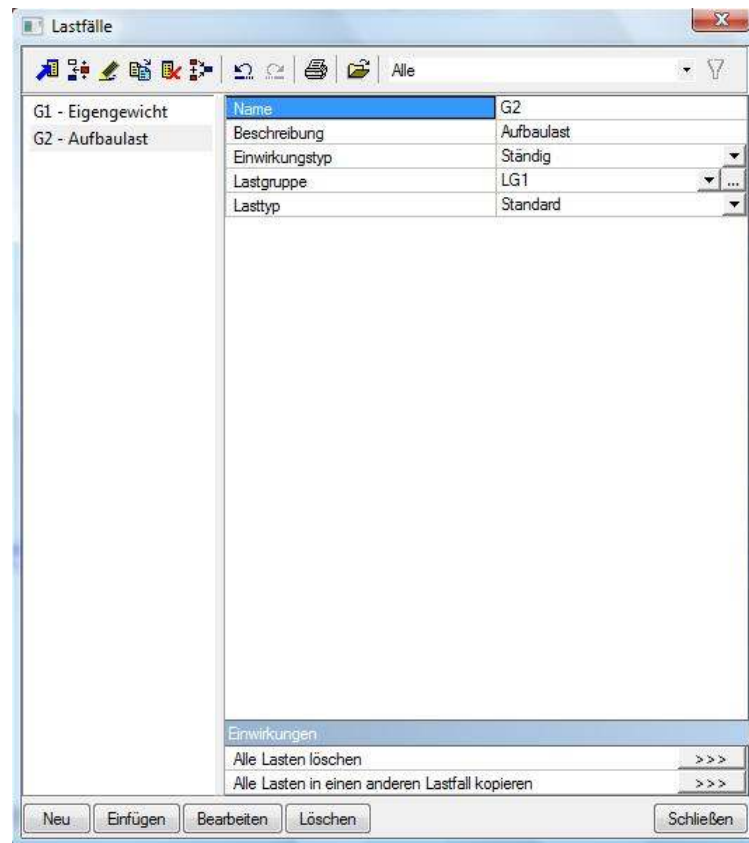
1. Falls Sie noch im **Struktur**-Menü sind, steigen Sie durch Betätigung der Schaltfläche **[Schließen]** aus diesem aus.
2. Im **Menübaum** wird unter **Lastfälle und LF-Kombinationen > Lastfälle** der **Lastfälle**-Dialog aufgerufen.



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.

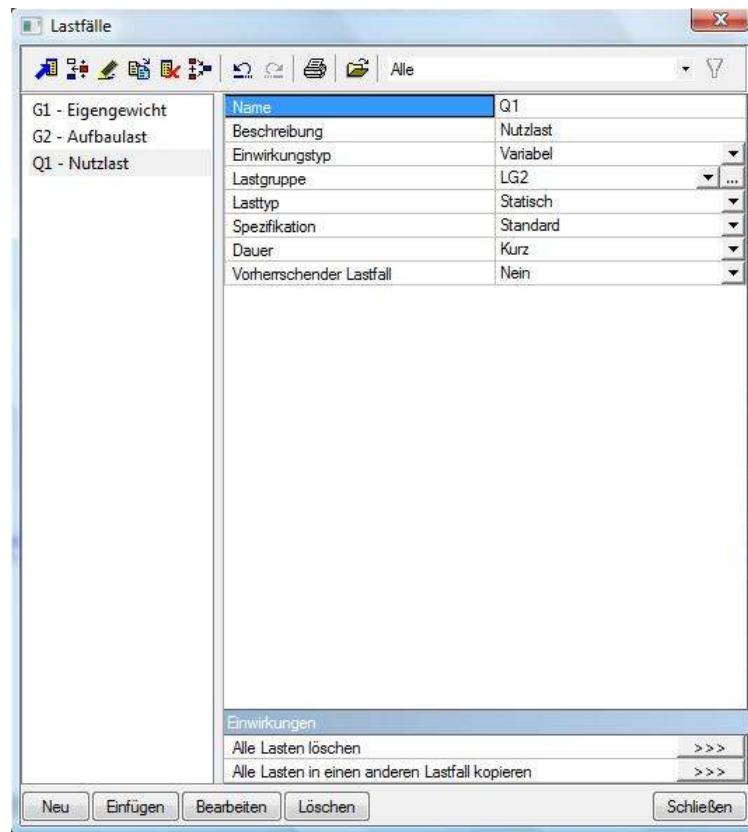
4. Über die Schaltfläche **[Neu]** wird ein weiterer Lastfall hinzugefügt.




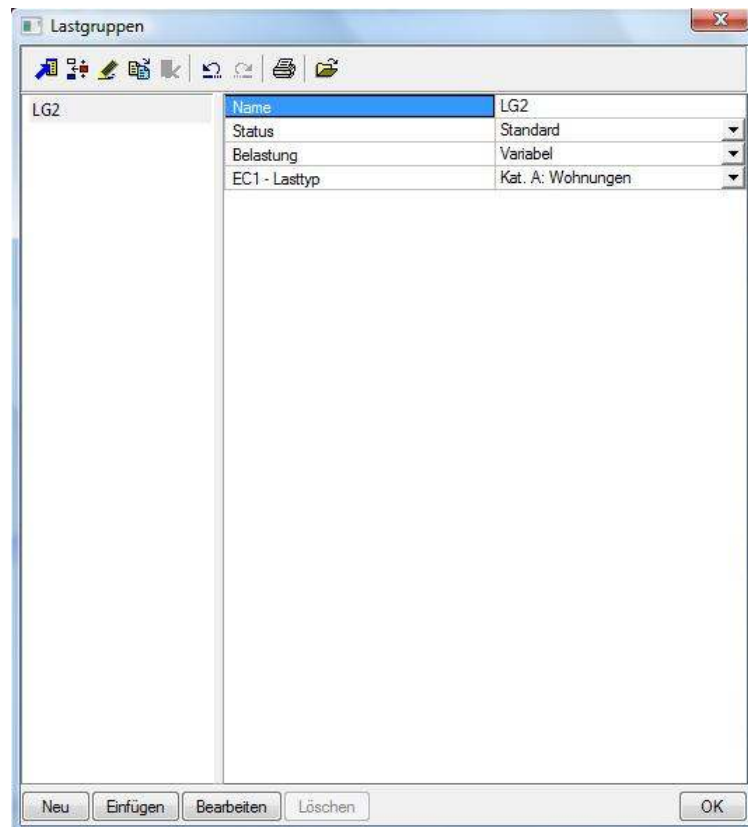
5. Geben Sie wieder die Daten entsprechend obenstehender Abbildung ein. Bei diesem Lastfall, der die Aufbaulast (Boden,...) repräsentiert, ist ebenfalls **Einwirkungstyp ständig** zu selektieren. Der Lastfall wird der **Lastgruppe LG1** zugeordnet, für den **Lasttyp** wird **Standard** eingestellt. Dies 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 Q1** und ist vom **Einwirkungstyp Variabel**.



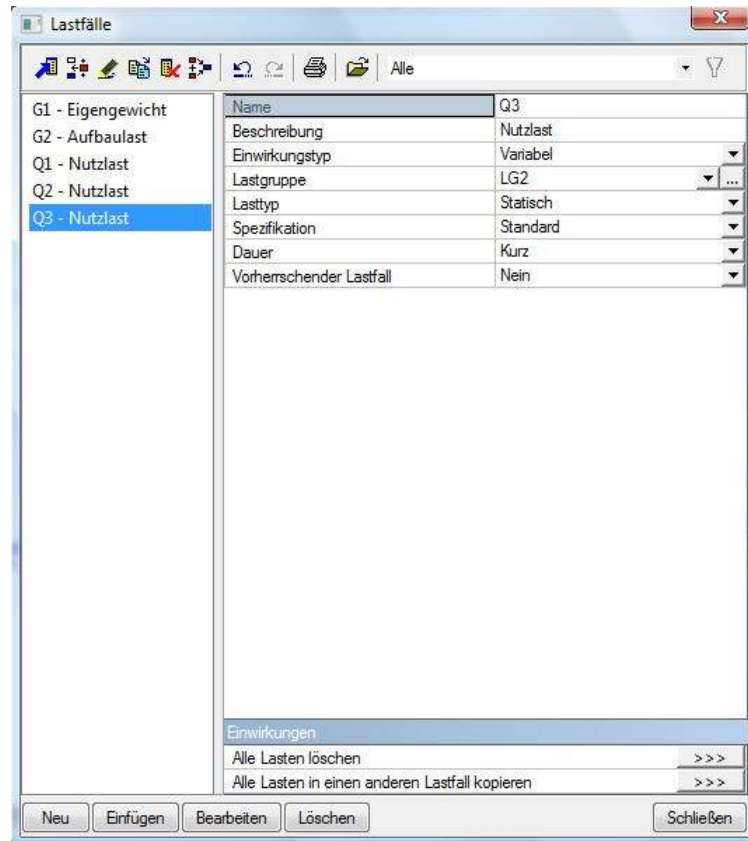
- Bei Auswählen der Option **Variabel** ordnet das Programm den Lastfall automatisch einer anderen **Lastgruppe** zu, in diesem Fall **LG2**. Durch Betätigen der Schaltfläche  öffnet sich das Dialogfenster **Lastgruppen**.



- Der **Status** wird auf **Standard** 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 zutreffende Nutzungskategorie auswählen, in unserem Beispiel ist dies **Kat. A: Wohnungen**. Hieraus bestimmt das Programm die Kombinationsbeiwerte (Psi-Beiwerte).

4. Bestätigen Sie mit **[OK]**.
5. Klicken Sie nun im **Lastfall**-Dialog noch zweimal auf **[Neu]**, um zwei weitere, zu **Q1** idente Lastfälle **Q2** und **Q3** zu generieren.



Beenden Sie 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 wären etwa die Lastfälle „Wind von Richtung X“ und „Wind von Richtung -X“ einer solchen Lastgruppe zuzuordnen.

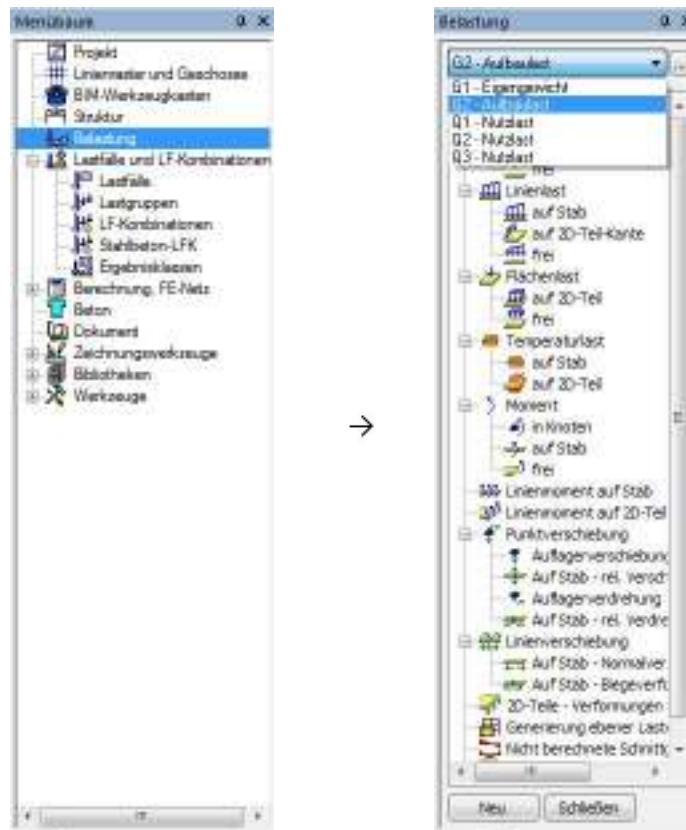
Erzeugung von Lasten

Definieren der Lasten für den Lastfall G1 – „Eigengewicht“

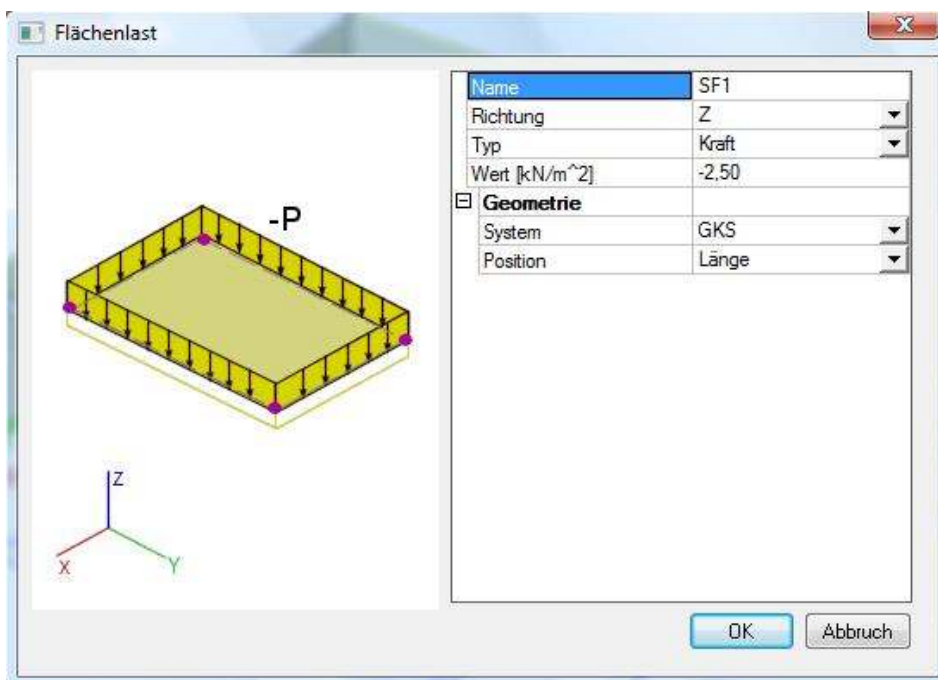
Da Scia Engineer aus der Geometrie und den Baustoffeigenschaften der Struktur selbstständig die daraus resultierenden Eigengewichte ermittelt, muss der Benutzer diesen Lastfall nicht weiter konkretisieren.

Definieren der Lasten für den Lastfall G2 – „Aufbaulast“

1. Durch Doppelklick auf **Belastung** im **Menübaum** rufen Sie das **Belastungs**-Menü auf.
2. Wählen Sie aus der Dropdown-Liste oben im Menü per Mausklick **G2 – Aufbaulast** aus.

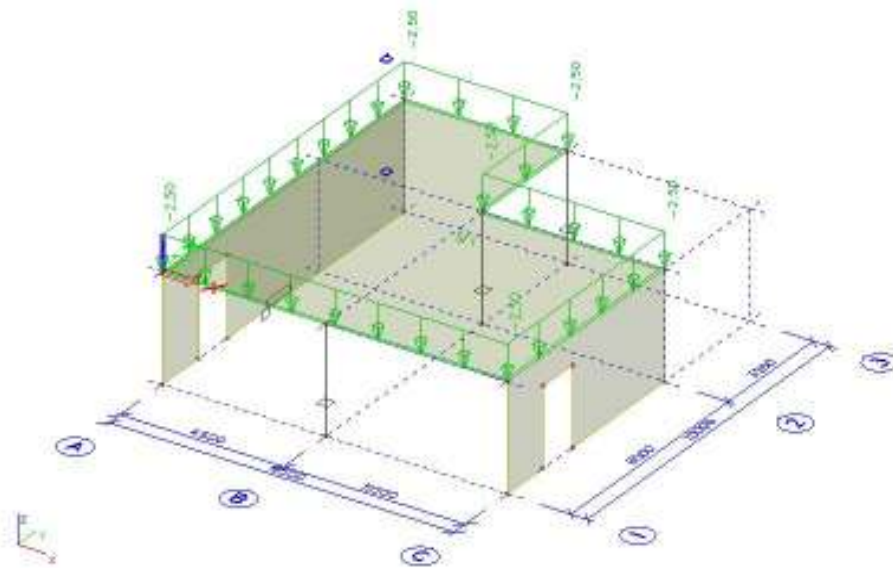



3. Über **Flächenlast > auf 2D-Teil** wird mit Doppelklick der entsprechende Befehl aufgerufen. Das Dialogfenster **Flächenlast** öffnet sich.

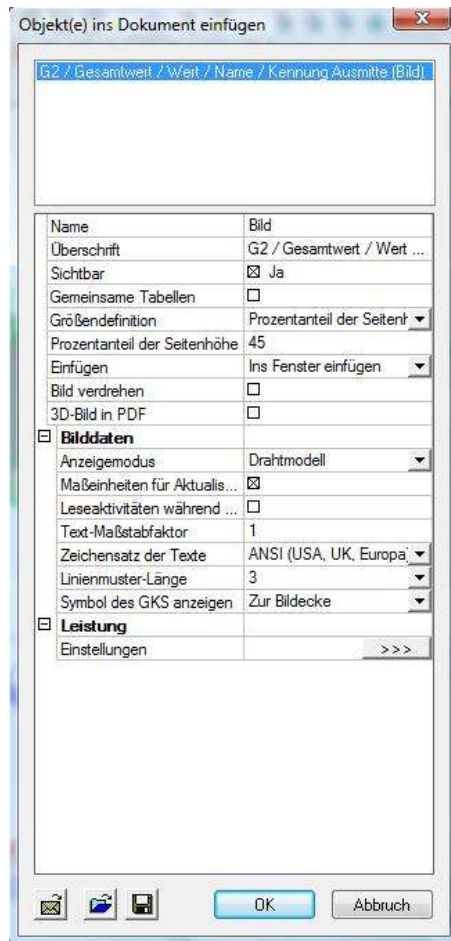


4. Für den **Wert** geben wir **-2,50 kN/m²** an, da außerdem das **System** auf **GKS**, also auf Globales Koordinatensystem, gestellt wird.

- Bestätigen Sie mit **[OK]**.
- Klicken Sie auf die Decke des Modells, um die Last diesem Bauteil zuzuordnen.




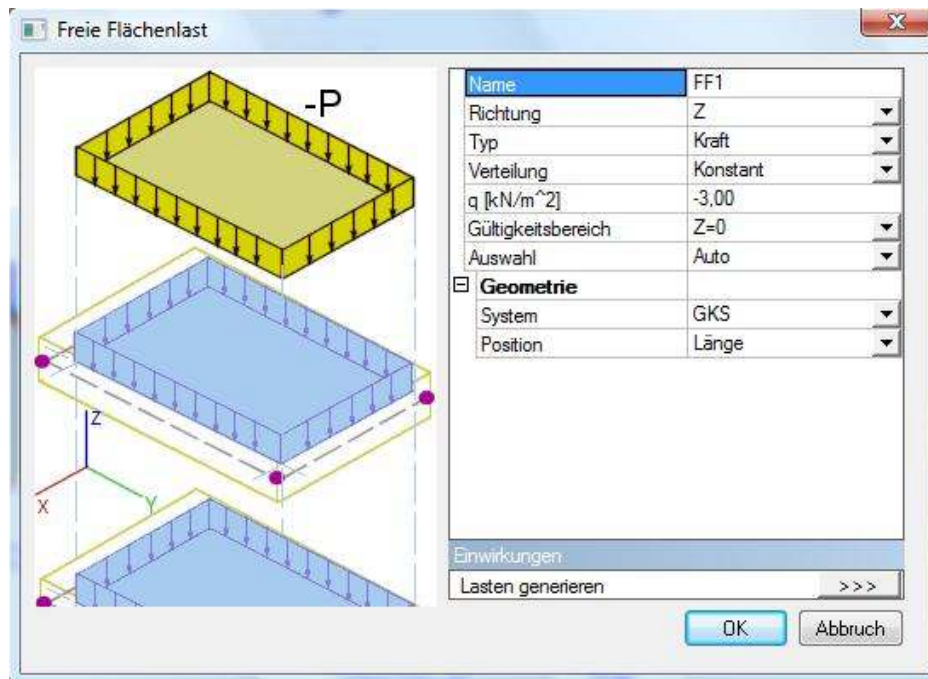
- Beenden Sie den Befehl mit **[Esc]**.
- Um den Wert der Belastung im Modell anzeigen zu lassen, klicken Sie in der Werkzeugleiste für die Ansichtsoptionen auf das Symbol  und haken Sie unter **Lasten/Massen > Lastenkennung** das Feld an.
- Da dieses Bild später Teil des Ausgabedokuments werden soll, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Anzeige und wählen Sie aus der aufscheinenden Liste die Option **Bild in Dokument ablegen**. Der Dialog **Objekt(e) ins Dokument einfügen** erscheint.



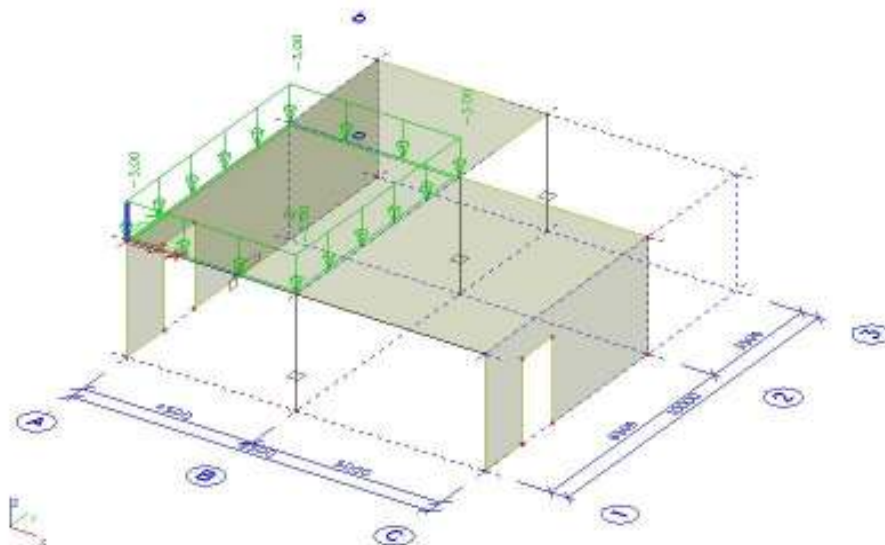
10. Bestätigen Sie mit **[OK]**.

Definieren der Lasten für die Lastfälle Q1, Q2 und Q3 – „Nutzlast“

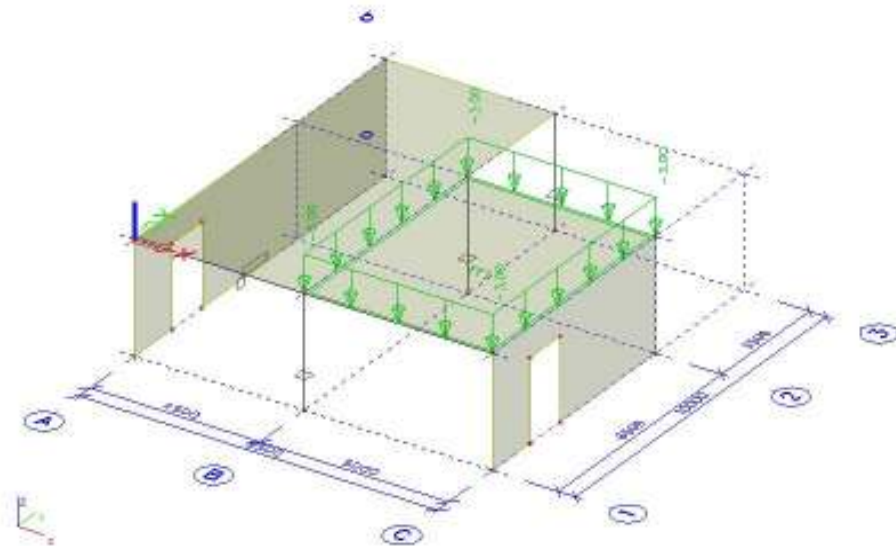
1. Wählen Sie aus der Dropdown-Liste oben im **Belastungs**-Menü per Mausklick **Q1 – Nutzlast** aus.
2. Klicken Sie in der Werkzeugleiste auf die Schaltfläche  und wählen Sie die Option **Verschieben** aus.
3. Klicken Sie in den Eckpunkt **A 1** der Deckenebene.
4. Nun wird per Doppelklick der Befehl **Flächenlast > frei** aus dem **Belastungs**-Menü gewählt. Der Dialog **Freie Flächenlast** wird geöffnet.



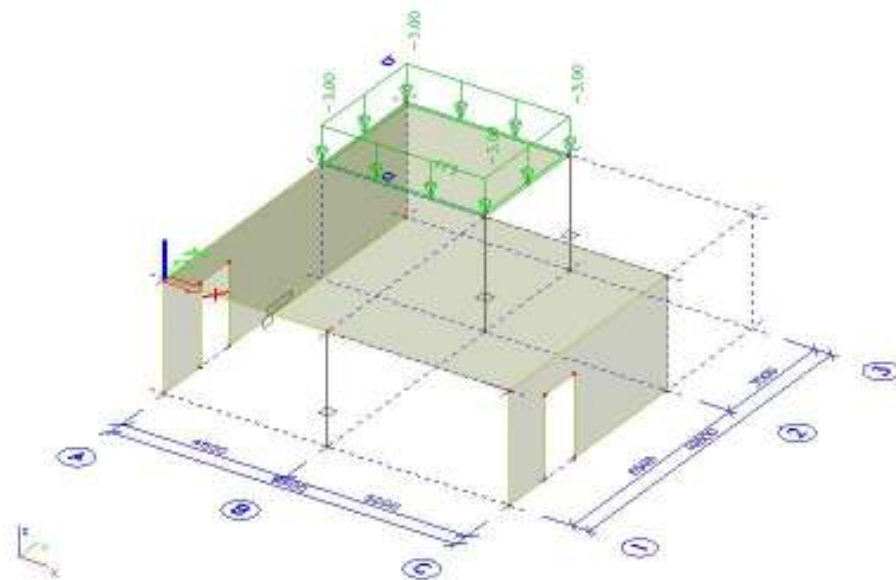
5. Für q wird der Wert **-3,00 kN/m²** eingegeben, für den **Gültigkeitsbereich** müssen Sie **Z=0** selektieren. So wirkt die Flächenlast ausschließlich in der Deckenebene.
6. Bestätigen Sie mit **[OK]**.
7. Klicken Sie der Reihe nach die Ecken des ersten Feldes der Decke, also **A 1, B 1, B 2, A 2**, an und drücken Sie anschließend **[Esc]**.



8. Analoges geschieht für Nutzlast Q2. Wählen Sie aus der Dropdown-Liste im **Belastungs-**Menü **Q2 – Nutzlast** aus.
9. Rufen Sie wieder den Befehl **Flächenlast > frei** auf.
10. Da es sich um dieselbe Belastung handelt, wird im Dialogfenster an den Einstellungen nichts geändert und Sie können sofort mit **[OK]** bestätigen.
11. Nun werden die Eckpunkte des Deckenfeldes **B 1, C 1, C 2, B 2** angewählt und anschließend mit **[Esc]** beendet.



12. Die Nutzlast Q3 wird in gleicher Weise über dem Deckenfeld **A 2, B 2, B 3, A 3** definiert.




Erzeugen von Lastfallkombinationen

Lastfallkombination GZT – Grenzzustand der Tragfähigkeit

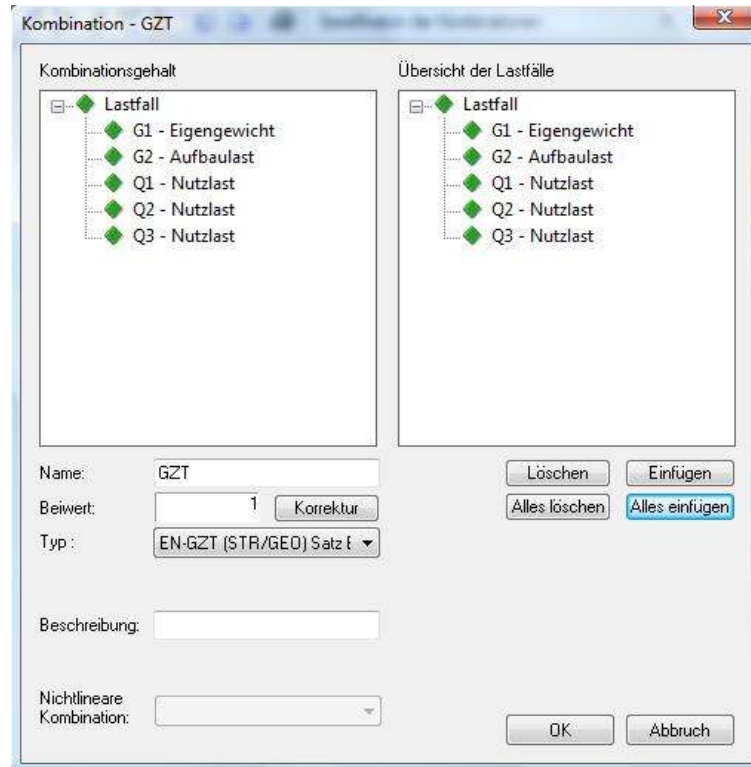
1. Schließen Sie das Menü Belastung über den **[Schließen]**-Button und gehen Sie im **Menübaum** auf **Lastfälle und LF-Kombinationen > LF-Kombinationen**. Da im Projekt noch keine Kombination definiert wurde, öffnet sich automatisch das Dialogfenster **Kombination – CO1**.
2. Benennen Sie diese Kombination 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.

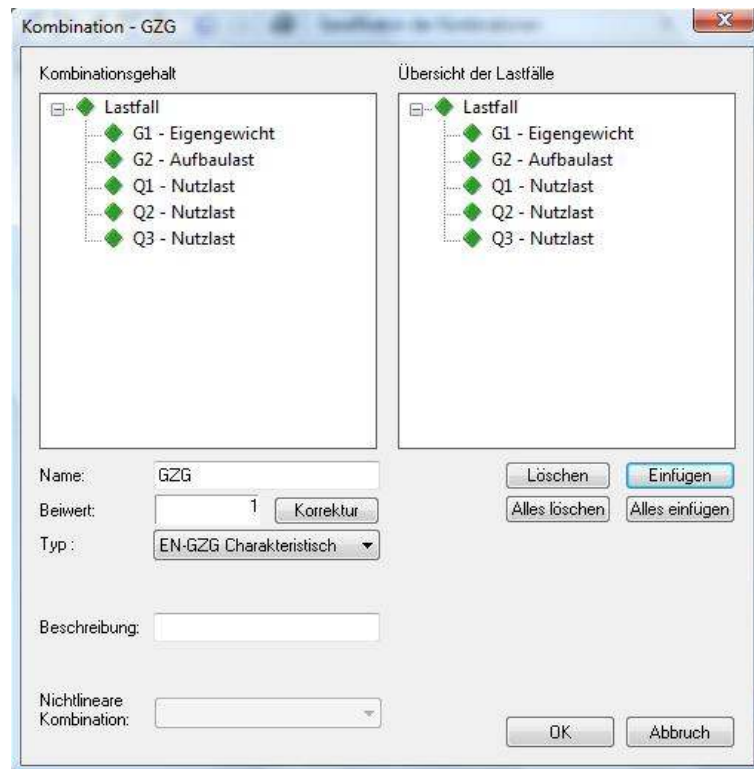
- Über den Button **Alles Einfügen** werden alle Lastfälle in das Feld **Kombinationsgehalt** kopiert.



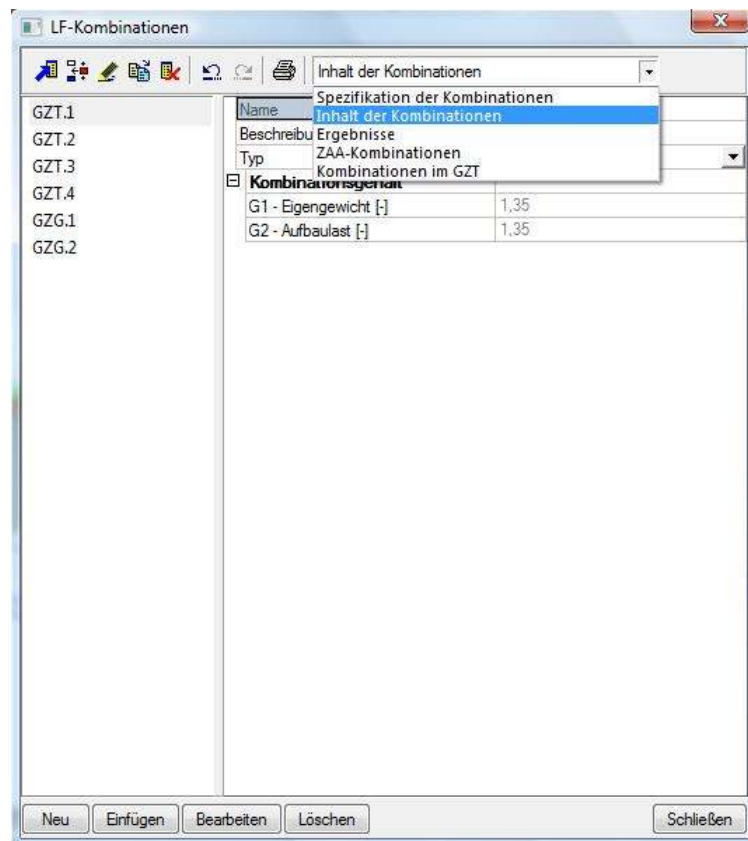
- Bestätigen Sie mit **[OK]**.

Lastfallkombination GZG – Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

- Klicken Sie im Dialogfenster **LF-Kombinationen** auf **[Neu]**, um eine weitere Kombination zu erzeugen. Ein neues Fenster wird geöffnet.
- 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]**.

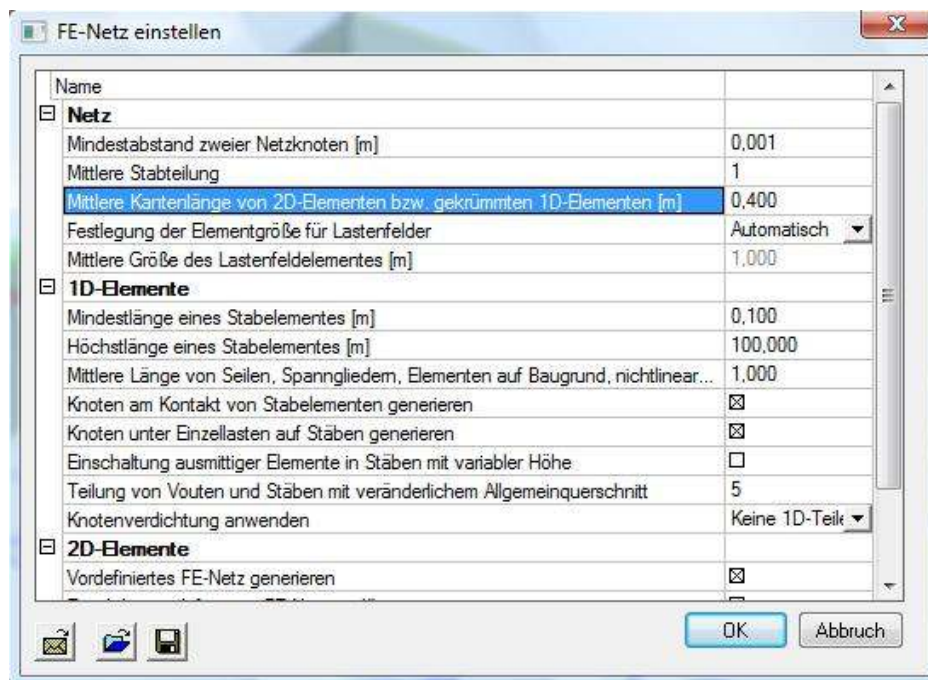
Berechnung und Ergebnisse

Berechnung

FE-Netz einstellen

Bevor Scia Engineer die Berechnung durchführt, sollte noch das Finite-Elemente-Netz an die persönlichen Bedürfnisse angepasst werden. Generell gilt: Feinere Netze liefern genauere Ergebnisse, bedürfen aber eines höheren Rechenaufwandes. Größere Netze führen auf Kosten der Genauigkeit schneller zu Ergebnissen.

1. Öffnen Sie vom **Menübaum** aus über **Berechnung, FE-Netz > FE-Netz einstellen** per Doppelklick das entsprechende Dialogfenster.



2. Die **mittlere Kantenlänge von 2D-Elementen bzw. gekrümmten 1D-Elementen** wird in unserem Beispiel auf **0,400 m** festgelegt.
3. Bestätigen Sie mit **[OK]**.
4. Ein weiteres Fenster fragt, ob die Änderungen wirklich angenommen werden sollen.



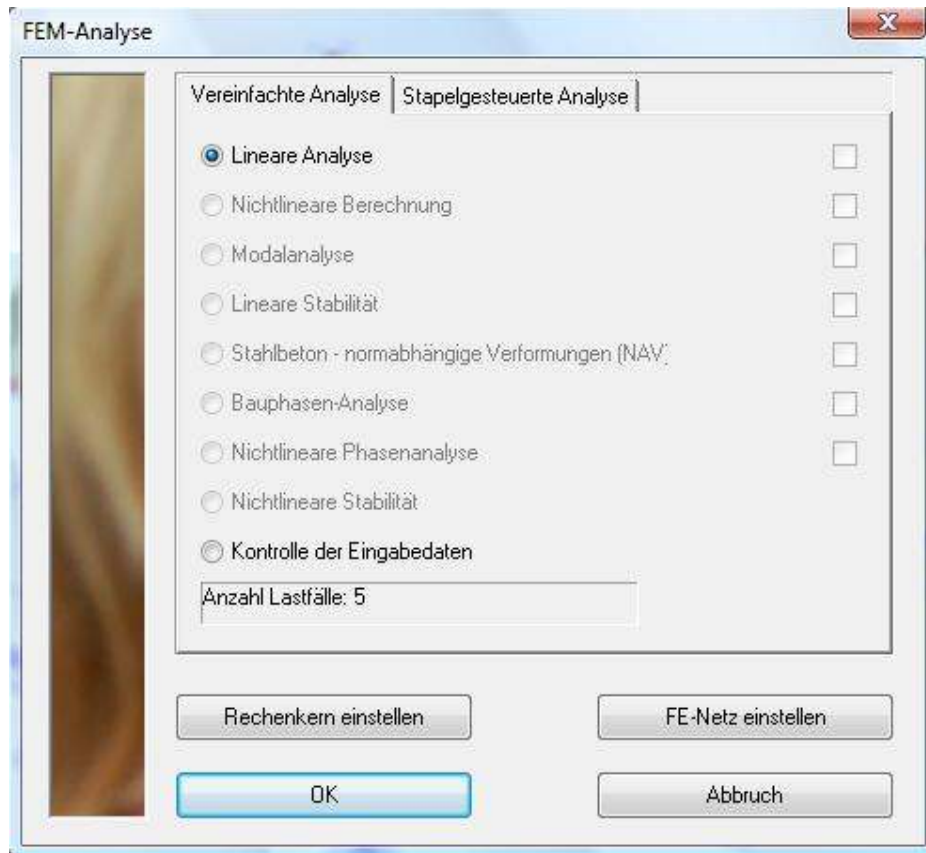
5. Bestätigen Sie abermals mit **[OK]**.

Speichern

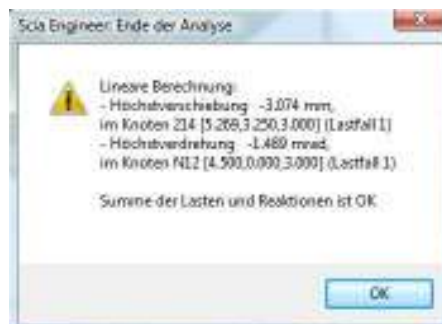
Bevor Sie die Berechnung starten, empfiehlt es sich, wie auf Seite 9 beschrieben eine Sicherung der *.esa-Datei am gewünschten Ort durchzuführen.

FEM-Analyse

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



2. Da in diesem Beispiel keine nicht-linearen Kombinationen oder sonstige Nicht-Linearitäten auftreten, wird durch Auswahl der Option **Lineare Analyse** eine rein linear-elastische Berechnung durchgeführt.
3. Klicken Sie auf **[OK]**. Die Berechnung kann etwas Zeit in Anspruch nehmen. Anschließend wird das Fenster **Scia Engineer: Ende der Analyse** angezeigt.



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

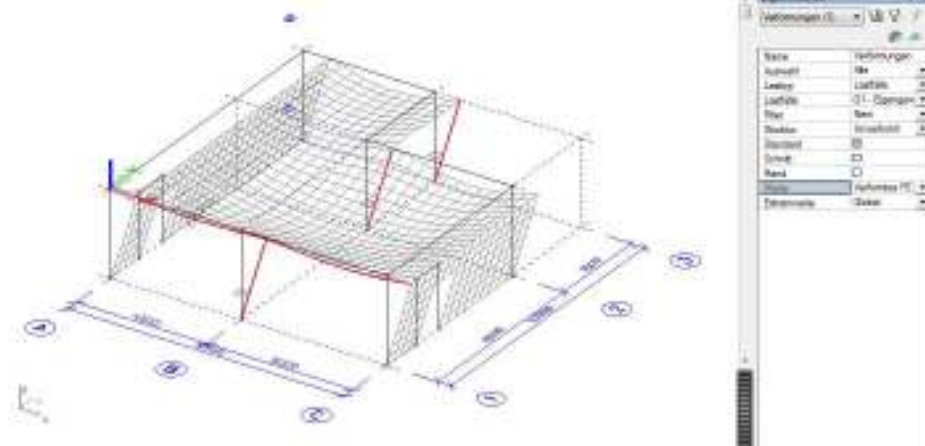
Ergebnisse


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.

2D-Teile


Graphische Darstellung der Verformungen

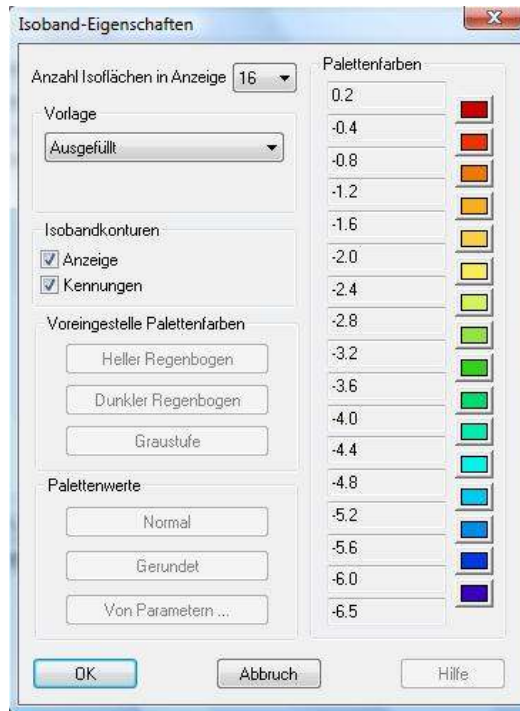
1. Doppelklicken Sie im **Menübaum** auf **Ergebnisse**, um ins gleichnamige Menü zu gelangen.
2. Klicken Sie auf **2D-Teile > Verformungen**. Auf der rechten Seite des Bildschirms im **Eigenschaften**-Menü werden nun die gewünschten Einstellungen getätigt.
3. Wählen Sie in der Zeile **Werte** die Option **Verformtes FE-Netz** aus.
4. Klicken Sie anschließend in der rechten unteren Bildschirmecke auf



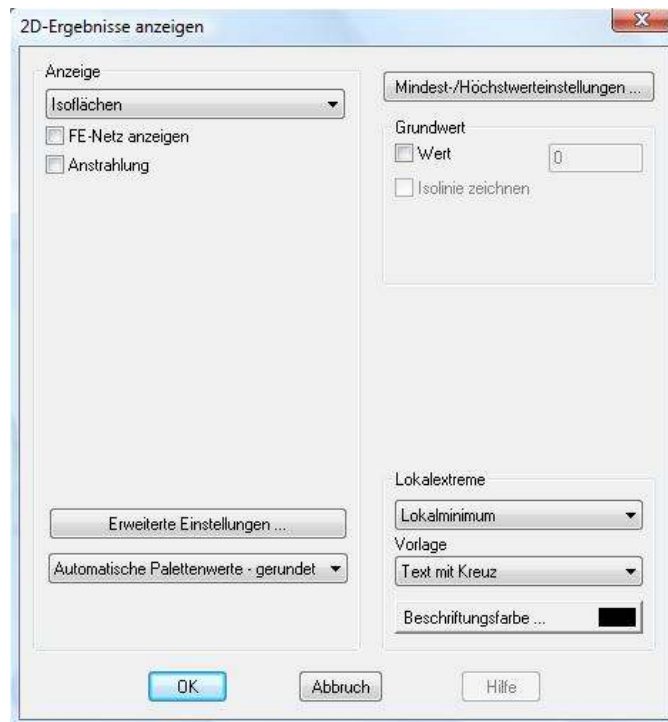
5. Über die Buttons  kann bei Bedarf wieder die gewünschte Ansicht erzielt werden.
6. Nun werden folgende Einstellungen im Menü **Eigenschaften** getätigt. Als **Lasttyp** werden die **Lastfallkombinationen** ausgewählt, und zwar die **Lastfallkombinationen GZG**, bei **Umhüllende** wird **Minimum** eingestellt und als **Werte** die Option **Uz** selektiert.



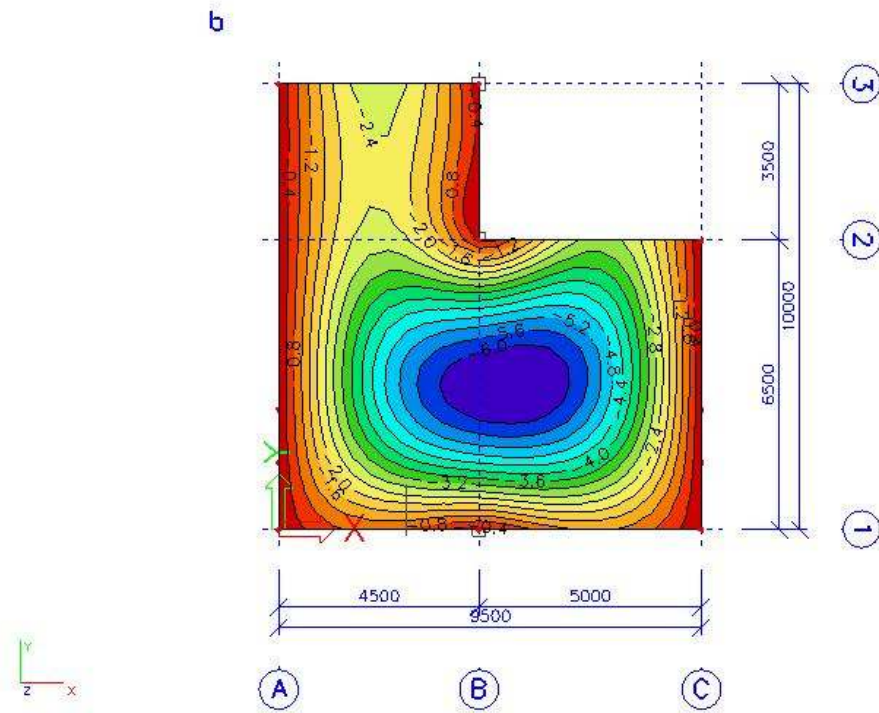
7. Betätigen Sie nun in der letzten Zeile, **Zeichnen einstellen 2D**, den Button . Der Dialog **2D-Ergebnisse anzeigen** scheint auf.
8. Drücken Sie auf die Schaltfläche **Erweiterte Einstellungen...** und ein weiteres Dialogfenster, **Isoband-Eigenschaften**, wird geöffnet.




9. Haken Sie das Kästchen **Kennungen** an und klicken Sie auf **[OK]**.
10. Wählen Sie im Dialogfenster **2D-Ergebnisse anzeigen** bei **Lokalextrême** die Option **Lokalminimum** und schließen Sie über **[OK]**.



11. Klicken Sie nun in der rechten unteren Ecke des Bildschirms auf den **Aktualisieren-Schalter**.



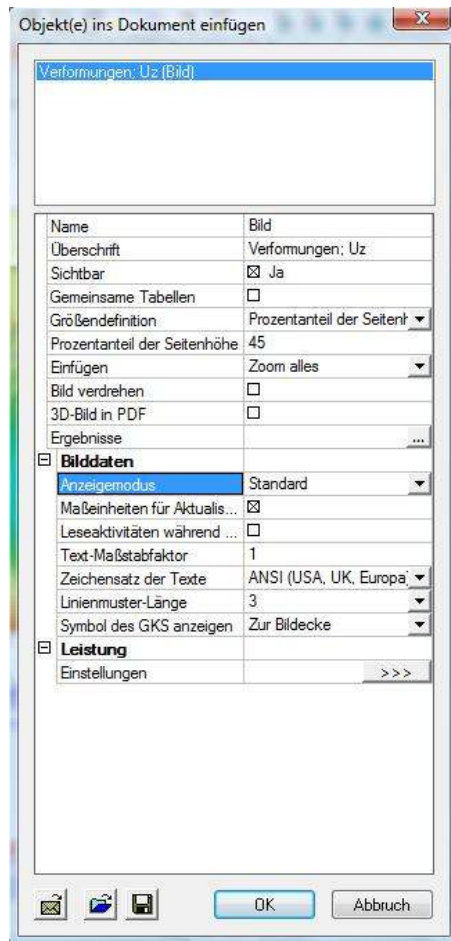
12. Zur oben dargestellten Ansicht gelangen Sie über die Schaltfläche  in der Werkzeugleiste.

Bei den so ermittelten Verformungen handelt es sich um die Ergebnisse einer rein linear-elastischen Berechnung. Sie erfüllen definitionsgemäß NICHT die Bedingungen für einen Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG).

Da Stahlbetonbauteile im gerissenen Zustand (Zustand II) ein nichtlineares Verhalten aufweisen, ist für die normgerechte Berechnung der Verformungen das Festlegen einer speziellen LF-Kombination sowie die Definition von im Bauteil vorhandener Bewehrung notwendig. Auf Basis dieser Daten kann Scia Engineer einen Verformungsnachweis durchführen. Nähere Informationen hierzu finden Sie in der Referenzanleitung im Kapitel Normgerechte Berechnung von Verformungen.

13. Da diese Darstellung im Ausgabedokument aufscheinen soll, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf den Bildschirm und wählen aus der Liste den Befehl **Bild in Dokument ablegen**. Das Dialogfenster **Objekt(e) ins Dokument einfügen** wird geöffnet.

14. Wählen Sie diesmal in der Zeile **Einfügen** aus der Dropdown-Liste die Option **Zoom alles** und bei **Anzeigemodus Standard**.




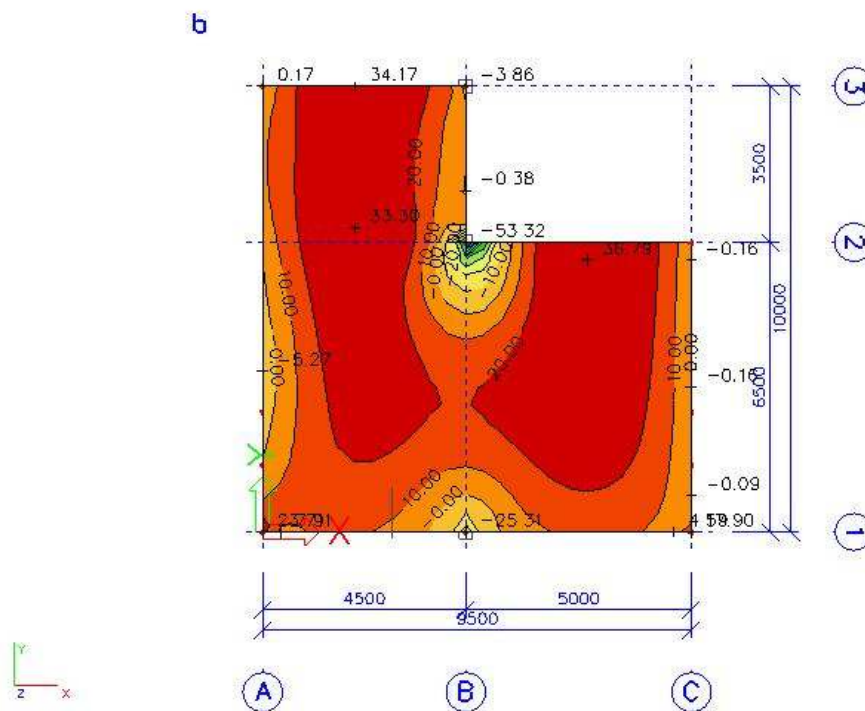
15. Bestätigen Sie mit **[OK]**.


Graphische Darstellung der Schnittgrößen

1. Klicken Sie im **Menübaum** auf **2D-Teile > Schnittgrößen**.
2. Wählen Sie per Mausklick die Decke an, um sie aktiv zu schalten.
3. Im **Eigenschaften**-Menü wird die **Auswahl** auf **Aktuell** gesetzt, der **Lasttyp** auf **LF-Kombinationen** und die **Lastfallkombinationen** auf **GZT**. Außerdem werden die **Werte** auf **mx** gestellt.

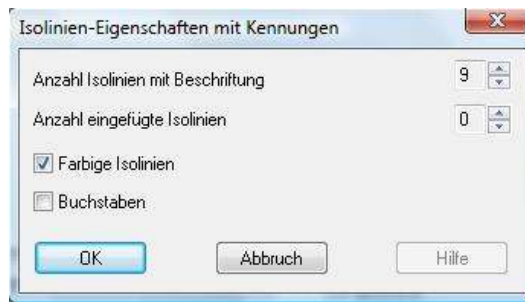


4. Betätigen Sie nun wieder die Schaltfläche  in der Zeile **Zeichnen einstellen 2D**. Der Dialog **2D-Ergebnisse anzeigen** wird geöffnet.
5. So wie im vorherigen Punkt wird unter **Erweiterte Einstellungen...** das Kästchen **Kennungen** aktiviert, die **Lokalextreme** werden diesmal auf **Lokalminimum und -maximum** gestellt.
6. Bestätigen mit **[OK]**.
7. Anschließend wird wieder der **Aktualisieren**-Schalter in der rechten unteren Bildschirmecke betätigt.

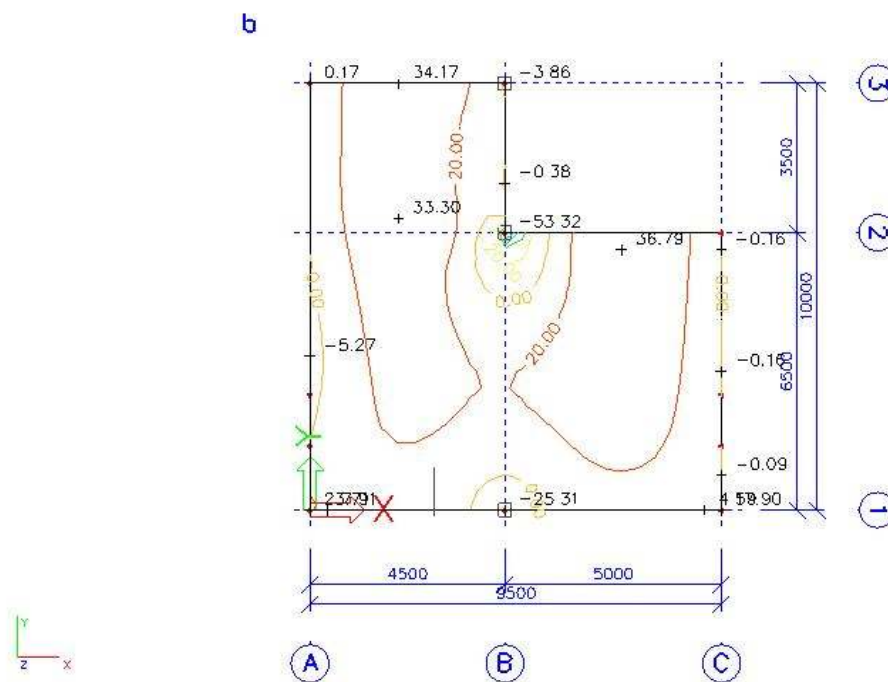


8. Zu einer alternativen Darstellung kommen Sie folgendermaßen. Betätigen Sie nochmals den Button  bei **Zeichnen einstellen 2D**.

- Im Dialogfenster **2D-Ergebnisse anzeigen** wird die **Anzeige auf Isolinien mit Kennungen** gestellt. Anschließend klicken Sie auf **Erweiterte Einstellungen...** und tätigen im nächsten Dialog die Eingaben laut folgender Abbildung.




- Schließen Sie beide Fenster mit **[OK]**.
- Über **Aktualisieren** rechts unten wird auf die neue Darstellung umgeschaltet.



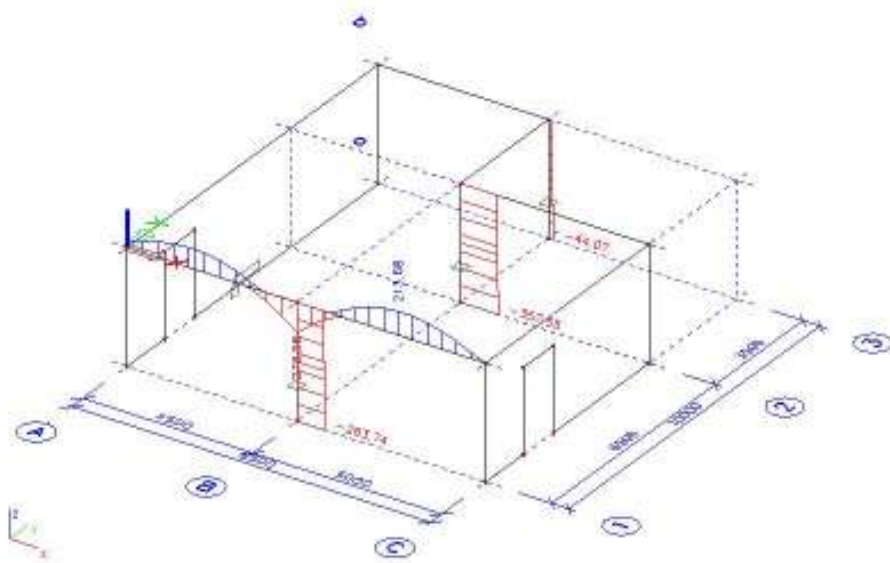
- Diese Darstellung wird über Rechtsklick und **Bild in Dokument ablegen** wieder ins Ausgabedokument eingefügt.
- Wählen Sie im Dialog **Objekt(e) ins Dokument einfügen** bei **Einfügen Zoom alles** und bei Anzeigemodus Drahtmodell.
- Bestätigen mit **[OK]**.

Stäbe

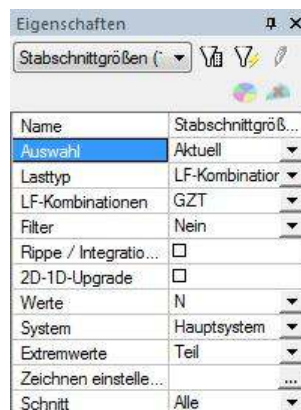
Graphische Darstellung der Stabschnittgrößen


- Durch Betätigen des -Schalters in der Werkzeugleiste gelangen Sie zurück zur axonometrischen Ansicht.
- Klicken Sie im **Ergebnisse**-Menü auf **Stäbe > Stabschnittgrößen**.

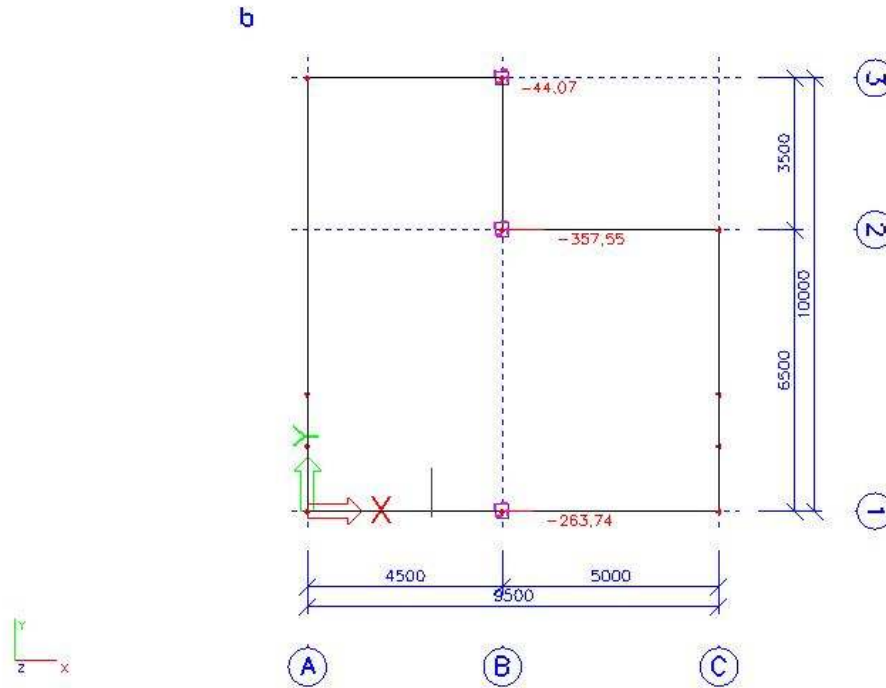
- Im **Eigenschaften**-Menü wird nun für die **Werte N**, für die **Extremwerte Teil** und für den **Lasttyp LF-Kombinationen** gewählt.
- Klicken Sie anschließend auf den **Aktualisieren**-Schalter in der rechten unteren Bildschirmcke.



- Da für uns ausschließlich die Schnittgrößen der Stützen von Interesse sind, werden nun der Reihe nach die drei Elemente ausgewählt, danach wird im **Eigenschaften**-Menü die Option **Auswahl** auf **Aktuell** umgestellt.



- Anschließend Klick auf **Aktualisieren**.
- Wählen Sie nun die Grundriss-Ansicht über .



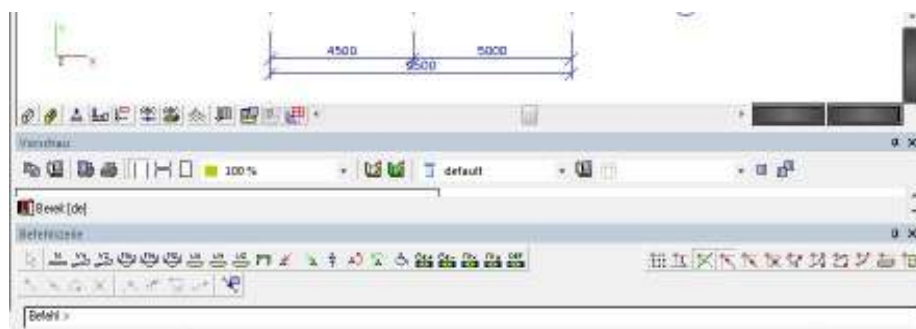
8. Auch diese Darstellung wird über Rechtsklick und **Bild in Dokument ablegen** wieder ins Ausgabedokument eingefügt.
9. Wählen Sie im Dialog **Objekt(e) ins Dokument einfügen** bei **Einfügen Zoom alles** und bestätigen Sie mit **[OK]**.


Tabellarische Darstellung der Stabschnittgrößen

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



2. Zwischen der Befehlszeile und der Werkzeugleiste für die Ansichtsoptionen öffnet sich eine neue Leiste mit dem Titel **Vorschau**. Diese kann unter Umständen zuerst kaum sichtbar sein.




3. Schieben Sie bei gedrückt gehaltener linker Maustaste die Leiste in die Mitte des Bildschirms unter 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.

Stabschnittgrößen

Lineare Analyse, Extremwerte | Teil, System - Hauptsystem
Auswahl: ST1, ST2, ST3
LF-Kombinationen: GZ1

Teil	LF	ax (m)	N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
ST1	GZ11	0,000	-353,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ST1	GZ12	3,000	-433,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ST1	GZ13	0,000	-224,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ST1	GZ14	0,000	-389,07	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
ST1	GZ11	3,000	-254,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ST2	GZ11	0,000	-367,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ST2	GZ12	3,000	-478,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ST2	GZ15	0,000	-207,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ST2	GZ13	0,000	-309,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ST2	GZ14	0,000	-249,40	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
ST2	GZ13	3,000	-300,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ST3	GZ16	0,000	-44,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ST3	GZ17	3,000	-92,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ST3	GZ17	0,000	-65,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ST3	GZ13	0,000	-42,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ST3	GZ14	0,000	-29,61	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
ST3	GZ11	0,000	-38,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ST3	GZ13	2,571	-34,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ST3	GZ15	0,000	-31,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

5. Über **[X]** in der rechten oberen Fensterecke schließen Sie die Vorschau wieder.
6. Um die Tabelle ins Ausgabedokument einzufügen, klicken Sie in der Werkzeugleiste auf das Symbol  und wählen die Option **Tabelle ins Dokument**. Das Fenster **Objekt(e) ins Dokument einfügen** erscheint.
7. Bestätigen Sie mit **[OK]**.


Nachweise

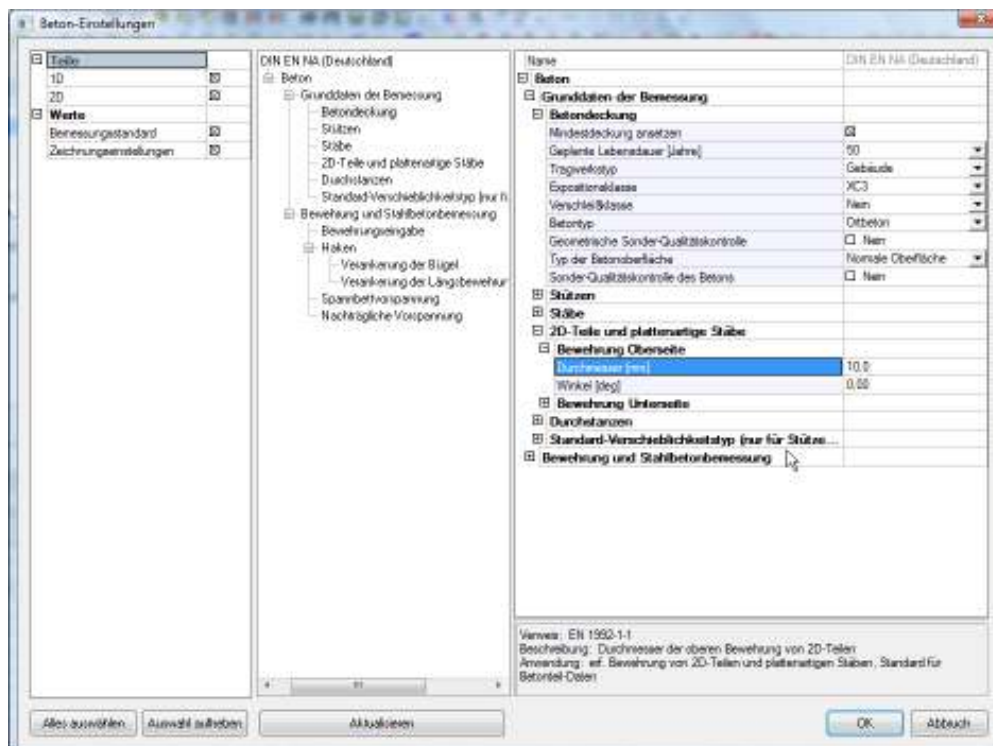
Die Bemessung bzw. die Nachweisführung kann getrennt nach Baustoffen und explizit für jedes einzelne Bauteil erfolgen.

Bemessung von Stahlbetonbauteilen

2D-Teile

Auswahl der Stabstähle und der Betondeckung

1. Beenden Sie das Ergebnisse-Menü über **[Schließen]**.
2. Wechseln Sie mit  zur axonometrischen Ansicht.
3. Durch Doppelklick auf **Beton** im **Menübaum** wird das gleichnamige Menü geöffnet.
4. Doppelklick auf den obersten Befehl, **Grunddaten der Bemessung**, lässt das Dialogfenster **Beton-Einstellungen** erscheinen.
5. Im rechten Kasten lassen sich per Klick auf das jeweilige **[-]**-Symbol die Grundeinstellungen für die Betonbemessung aufrufen. Hier wären unter anderem die **Betondeckung**, die **Expositionsklasse** sowie **Längs-** und **Bügelbewehrung** aller vorkommenden Bauteiltypen zu nennen.



6. Da an den Voreinstellungen nicht verändert wird, verlassen Sie das Menü über die Schaltfläche **[Abbruch]**.


Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit

1. Klicken Sie im Menü **Beton** auf **2D-Teile > Bemessung > Bemessung im GZT**.
2. Durch Anklicken wird das Bauteil **D1**, also die Betonplatte, selektiert. Bei Mehrfachauswahl wählen Sie per Doppelklick das gewünschte Element aus dem Auswahlkasten **Mehrfachauswahl** aus. Die Decke ist nun aktiv geschaltet.

3. Im **Eigenschaften**-Menü wird nun die **Auswahl** auf **Aktuell** und der **Lasttyp** auf **LF-Kombinationen** geändert.
4. Das Kästchen **Rippe/Integrationsstreifen** ist anzukreuzen.

 Durch Aktivieren dieser Option wird die Mitwirkung eines Plattenstreifens beim Tragmechanismus des Unterzugs in der Bemessung berücksichtigt.


5. Die Auswahl für **Werte** wird auf **As1-** belassen.

 Bei der Plattenbemessung steht der Index „1“ für Bewehrung in X-Richtung, der Index „2“ für Bewehrung in Y-Richtung. Der Index „-“ repräsentiert die untere Bewehrungslage, „+“ die obere.

6. Klicken Sie anschließend in der rechten unteren Bildschirmcke auf **Aktualisieren**. Nach der Berechnung der Bewehrung erscheint das folgende Pop-Up.



7. Bestätigen mit **[OK]**.

 Unbemessbarkeiten können unterschiedliche Ursachen haben. Zum Einen kann tatsächlich ein Fehler vorliegen, wie zum Beispiel eine Überschreitung der zulässigen Betonspannungen oder die Überschreitung des maximal zulässigen Bewehrungsgrades. Solche Fehler sind durch eine beim betroffenen Bauteil aufscheinende Fehlerindex-Nummer ersichtlich. Zum Anderen treten bei der Methode der finiten Elemente zwangsläufig Unbemessbarkeiten auf, so etwa bei Singularitäten, wie sie bei Punktstützungen auftreten. Punktstützungen stellen den physikalisch unrealistischen Grenzwert einer über eine endliche Fläche verteilten Belastung dar und sind somit in der Praxis ohne Bedeutung.

8. Wechseln Sie die Ansicht über den Button .

9. Im **Eigenschaften**-Menü wird über die Schaltfläche  in der Zeile **2D-Zeichnen einstellen** das Dialogfenster **2D-Ergebnisse anzeigen** geöffnet.

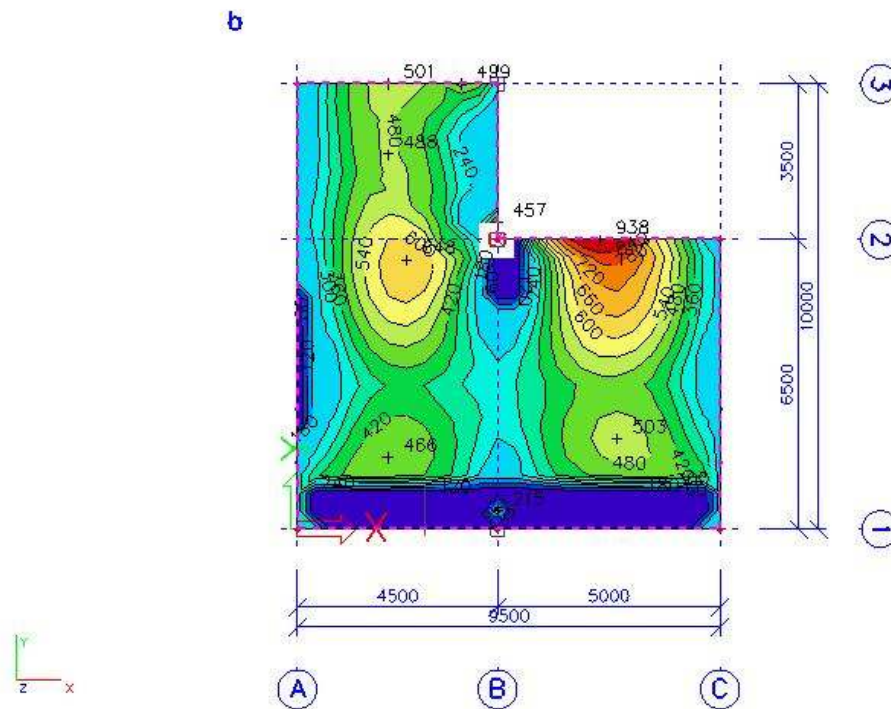
10. Klicken Sie auf **Erweiterte Einstellungen....** Der Dialog **Isoband-Eigenschaften** erscheint.

11. Aktivieren Sie das Kästchen **Kennungen** und schließen Sie anschließend das Fenster mit **[OK]**.

12. Im Fenster **2D-Ergebnisse anzeigen** wird noch für **Lokalextreme** die Option **Lokalmaximum** ausgewählt.

13. Bestätigen mit **[OK]**.

14. Betätigen Sie die Schaltfläche **Aktualisieren**.





15. Auch dieses Bild wird im Ausgabedokument abgelegt. Dies geschieht über rechte Maustaste und Auswahl von **Ansicht > Bild in Dokument ablegen**.

16. Im Dialog wird bei **Einfügen** wie schon vorhin **Zoom alles** gewählt und anschließend über **[OK]** bestätigt.

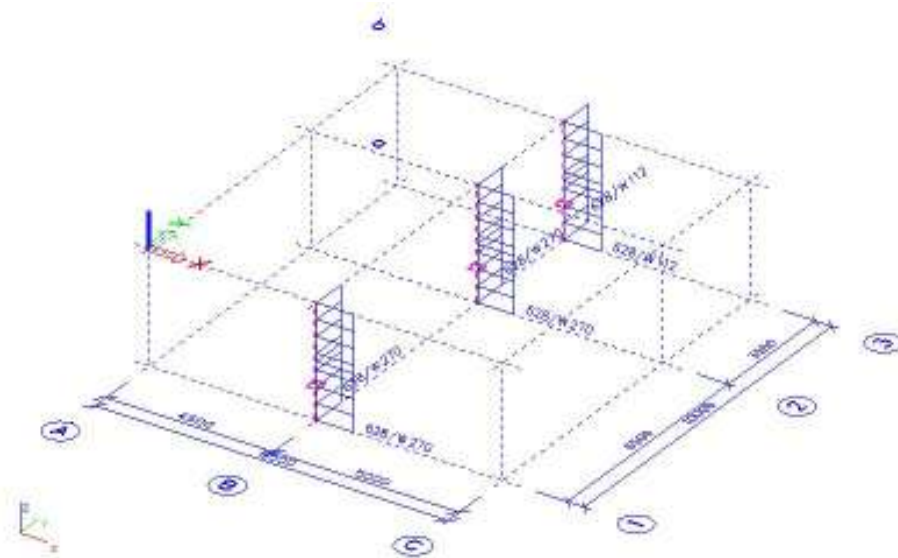
1D-Teile

Ermittlung der erforderlichen Bewehrung

1. Über  wird wieder in die axonometrische Ansicht gewechselt.
2. Aktivieren Sie die drei Stützen, indem Sie diese der Reihe nach anklicken.
3. Betätigen Sie den Button  in der Werkzeugleiste und bestätigen Sie das sich öffnende Fenster mit **[Ja]**. Nun wird auf „Aktivitätstyp gemäß Auswahl“ umgeschaltet.
4. Klicken Sie nun im **Beton**-Menü auf **1D-Teile > Bemessung – Bemessung As,erf**.
5. Im Eigenschaften-Menü wird für **Lasttyp LF-Kombinationen** eingestellt.

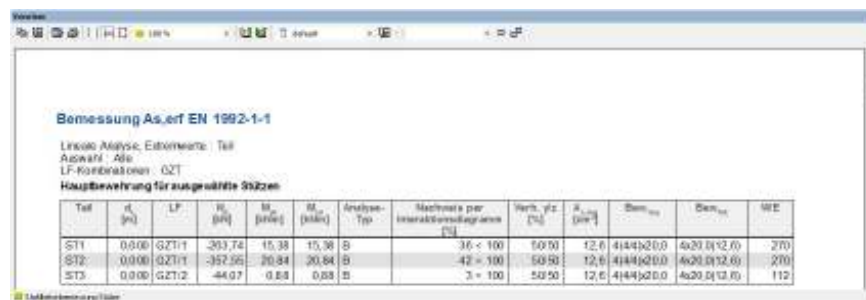


6. Durch anschließendes Klicken auf **Aktualisieren** wird die erforderliche Bewehrung errechnet und die Werte werden im Modell für beide Achsrichtungen angezeigt.




- In der Abbildung steht die Zahl 628 für die erforderliche Schubbewehrung von $6,28 \text{ cm}^2/\text{m}$, W 270 weist auf eine das Bauteil betreffende Warnung mit Indexnummer 270 hin. Nähere Informationen hierzu können durch Betätigen des entsprechenden Buttons bei Rechen-Information in der rechten unteren Bildschirmcke eingesehen werden.
- Im Nachweis scheinen oftmals W/E-Nummern auf. Solche „Warnings & Errors“ werden durch eine eindeutige Indexnummer einer bestimmten Problematik zugeordnet, die vom User abzuklären ist.


7. Um in die tabellarische Ansicht für die Stützenbewehrung zu wechseln, klicken Sie in der rechten unteren Bildschirmcke auf **Vorschau**.

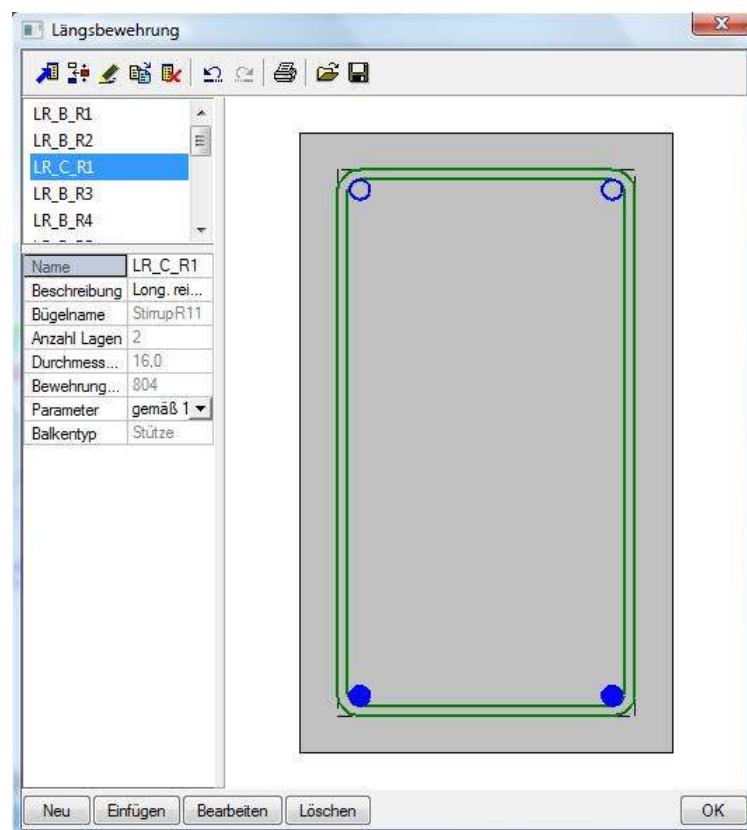


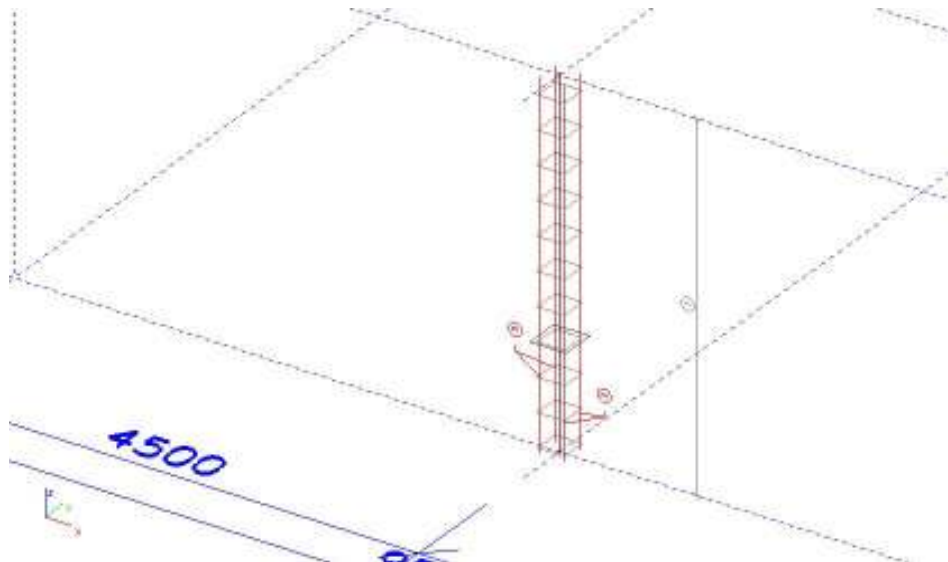
8. Über [X] wird diese Ansicht wieder verlassen.

9. Über die rechte Maustaste und Auswahl von **Ansicht > Bild in Dokument ablegen** und anschließender Bestätigung des Dialogfensters mit **[OK]** wird die Ansicht ins Dokument abgelegt.
10. Die Tabelle wird durch Klick in der Werkzeugleiste auf das Symbol  und Wählen der Option **Tabelle ins Dokument** in dieses eingefügt. Das Fenster **Objekt(e) ins Dokument einfügen** erscheint und ist mit **[OK]** zu bestätigen.

Darstellung der erforderlichen Bewehrung

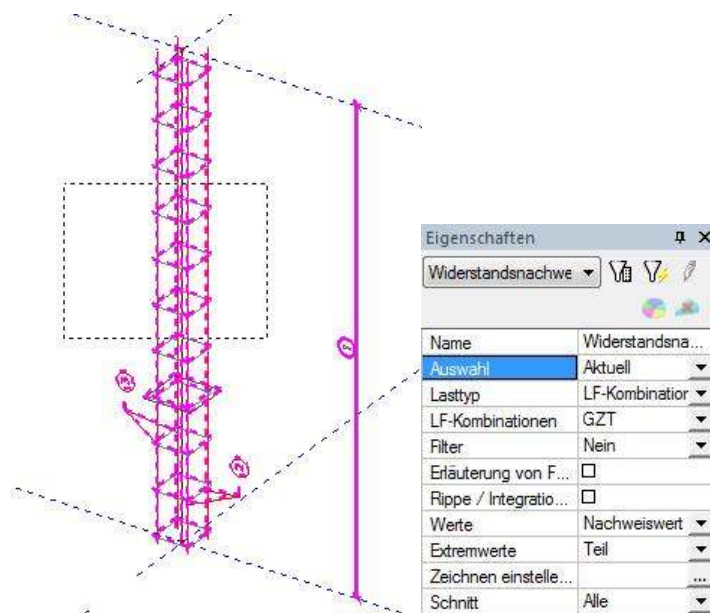
1. Drücken Sie in der Befehlszeile auf das Symbol .
2. Wählen Sie per Mausklick die Stütze auf dem Achsenschnittpunkt **B 1** an. Das Dialogfenster **Längsbewehrung** öffnet sich.
3. Als Bewehrungsmuster wird die Option **LR_C_R1** wird selektiert und über **[OK]** bestätigt.

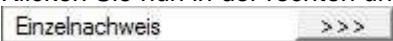


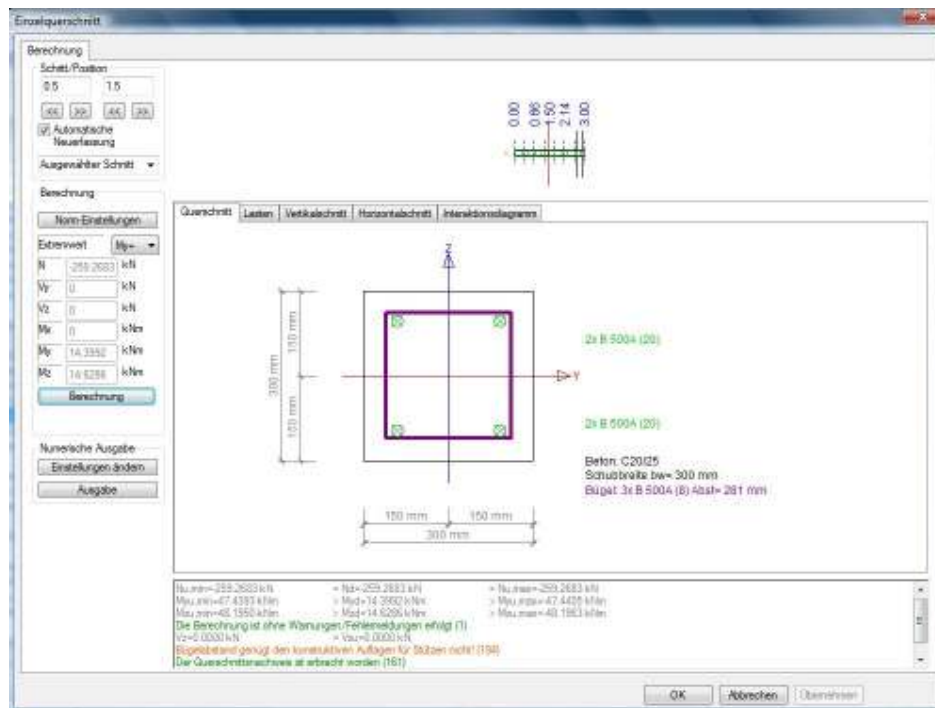


Nachweis gemäß Interaktionsdiagramm

1. Im **Beton**-Menü wird über **1D-Teile > Nachweise > Stahlbetonnachweis > Nachweis gemäß Interaktionsdiagramm** der entsprechende Befehl aufgerufen.
2. Ziehen Sie bei gedrückt gehaltener linker Maustaste **von rechts nach links** ein Rechteck auf, das die bewehrte Stütze schneidet, um diese aktiv zu schalten.
3. Stellen Sie im **Eigenschaften**-Menü die **Auswahl** auf **Aktuell** und den **Lastfalltyp** auf **LF-Kombinationen**.



4. Betätigen Sie über den **Aktualisieren**-Button. Die Auslastung, in unserem Fall **0,31**, wird entlang der markierten Stütze angezeigt.
5. Klicken Sie nun in der rechten unteren Bildschirmcke auf .
6. Über die linke Maustaste wird nun abermals die Stütze selektiert. Das Dialogfenster **Einzelnachweis** erscheint.
7. Durch Betätigen der Schaltfläche **Berechnung** wird der Nachweis geführt. In der unteren Text-Box werden die Ergebnisse angezeigt.



Es ist zu erkennen, dass zwar der Querschnittsnachweis erbracht ist, der Bügelabstand jedoch in diesem Fall NICHT die Anforderungen nach EUROCODE erfüllt.

8. Über die Registerkarten **Vertikalschnitt**, **Horizontalschnitt** und **Interaktionsdiagramm** können die entsprechenden Ansichten aufgerufen werden. Gehen Sie auf **Vertikalschnitt** und betätigen Sie anschließend auf die Schaltfläche **Ausgabe**. Hier ist die Option **Dokument** zu selektieren. Der Dialog **Objekt(e) ins Dokument einfügen** wird geöffnet.
9. Schließen beider Fenster über **[OK]**.

Erstellen eines Ausgabe-Dokuments

Während der Bearbeitung des Projekts

Einfügen von Screenshots und Tabellen


Das Erstellen des Ausgabedokuments kann bereits während der Bearbeitungsphase der Struktur beginnen. Der aktuelle Zustand des Modells kann jederzeit graphisch festgehalten und direkt ins Dokument importiert werden. Selbiges gilt für Tabellen jeglicher Art.

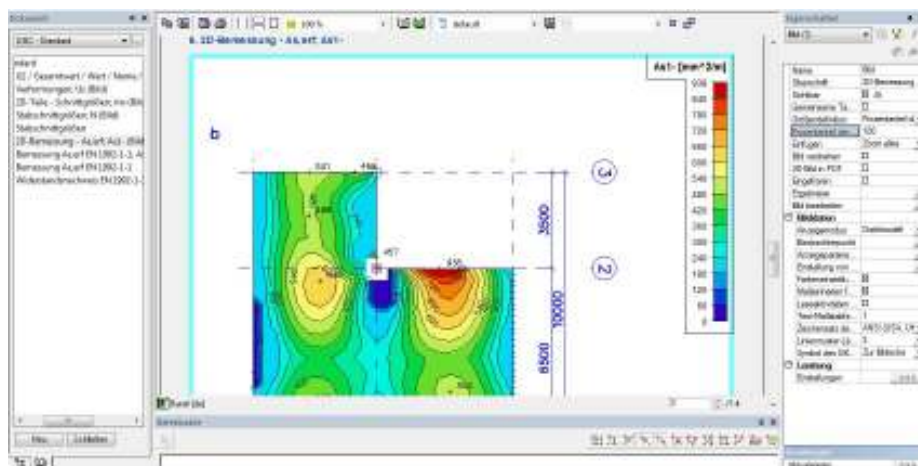
Da dieser Vorgang in den vorhergehenden Kapiteln bereits einige Male durchgeführt wurde, verweisen wir an dieser Stelle bezüglich des Einfügens von Bildern auf Seite 35 Punkt 9 ff und bezüglich des Einfügens von Tabellen auf Seite 51 Punkt 6 ff.

Abschließende Arbeiten


Formatieren und Aktualisieren der Inhalte

Formatieren von Elementen

1. Über das Symbol  aus der Werkzeugleiste werden die Dokumentansicht sowie das Menü **Dokument** aufgerufen.
2. Durch Auswählen des gewünschten Elements im **Dokument**-Menü springt die Anzeige automatisch an die entsprechende Stelle im Dokument. Klicken Sie auf **2D-Bemessung – As,erf; As1-** (Bild). Die Graphik wird aktiv.
3. Nun wird im Eigenschaften-Menü für **Prozentanteil der Seitenhöhe** die Zahl **100** eingegeben und anschließend die **[Enter]**-Taste gedrückt. So wird das Bild seitenfüllend dargestellt.



Aktualisieren der Inhalte

1. Über das Icon  wird das Dokument aktualisiert.
2. Über das Icon  werden die Bilder aktualisiert.

Neue Inhalte einfügen

Objekte hinzufügen

1. Klicken Sie im Dokument-Menü auf **[Neu]**. Der Dialog **Neues Dokumentobjekt** erscheint.

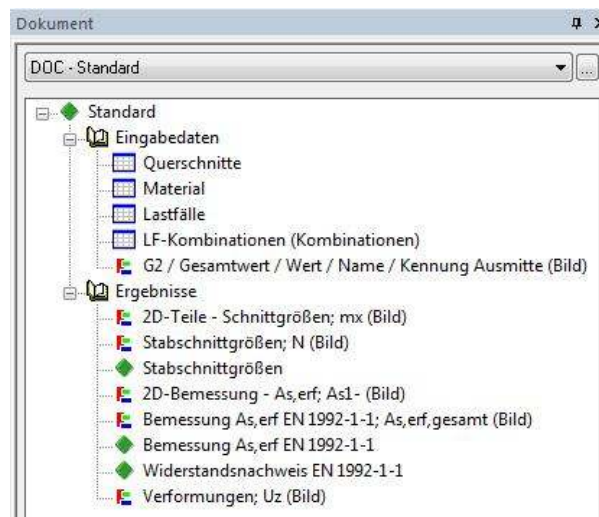
2. Unter **Bibliotheken** finden Sie den Eintrag **Querschnitte**. Durch Betätigen der Schaltfläche <<< **Einfügen** wird das Objekt dem **Dokument**-Menü hinzugefügt. Alternativ kann das Objekt bei gedrückt gehaltener linker Maustaste an die gewünschte Stelle im **Dokument**-Menü gezogen werden.



3. Führen Sie die gleiche Operation für die Elemente **Lastfälle** und **Kombinationen**, die Sie unter **Gruppen** finden, durch.

Dokument strukturieren

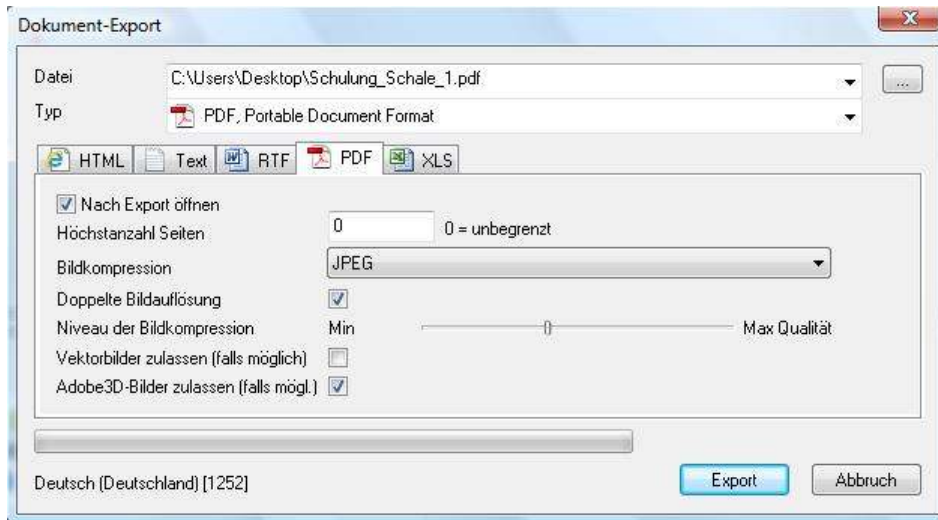
1. Im Dialogfenster **Neues Dokumentobjekt** finden Sie unter **Standard** den Eintrag **Kapitel**. Ziehen Sie diesen gleich an die passende Stelle im **Dokument**-Menü, oberhalb des Elements **G2 / Gesamtwert / Wert / Name / Kennung Ausmitte (Bild)**.
2. Schließen Sie das Fenster und klicken Sie auf das eben erstellte Element.
3. Im **Eigenschaften** Menü wird nun die **Überschrift** auf **Eingabedaten** geändert.
4. Ziehen Sie nun die Elemente **Querschnitte**, **Material**, **Lastfälle**, **LF-Kombinationen (Kombinationen)** sowie das Bild **G2 / Gesamtwert / Wert / Name / Kennung Ausmitte (Bild)** per gedrückt gehaltener linker Maustaste in das eben erstellte Kapitel.
5. Nun wird über **[Neu]** noch ein weiteres Kapitel mit der **Überschrift Ergebnisse** erzeugt, in welches die übrigen Elemente gelegt werden.



Export des Dokuments


1. Klicken Sie auf das Symbol . Der Dialog Dokument-Export wird geöffnet.

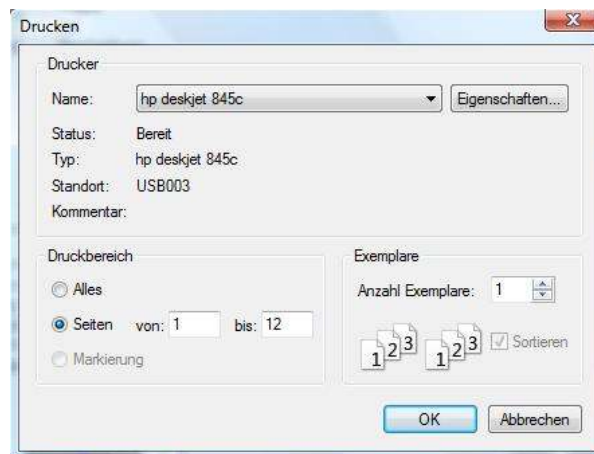
- Über die Registerkarten haben Sie die Möglichkeit, zwischen diversen Dateiformaten wie *.rtf (für Word-Anwendungen), *.pdf etc. zu wählen.
- In der Eingabezeile **Datei** wird der Pfad des gewünschten Speicherortes festgelegt.



- Der Export erfolgt schließlich über die Schaltfläche **[Export]**.

Drucken eines Dokuments

- Über  wird das Drucken-Dialogfenster aufgerufen.



- Nachdem Sie die gewünschten Drucker-spezifischen Einstellungen getätigt haben, starten Sie den Ausdruckvorgang mit **[OK]**.

Nachwort

In diesem Skript wurden die grundlegenden Funktionalitäten von Scia Engineer für die Eingabe einer Stahlbetonplatte dargestellt. Hierbei wurde versucht, einen übersichtlichen Aufbau beginnend bei der geometrischen Definition der Struktur über die Berechnung und Bemessung bis hin zur Ausgabe des statischen Dokuments einzuhalten.

Nach Lesen des Tutorials und selbständigem Ausführen dieses Beispiels sollte der Anwender fähig sein, einfache Platten selber zu modellieren und anschließend zu berechnen.