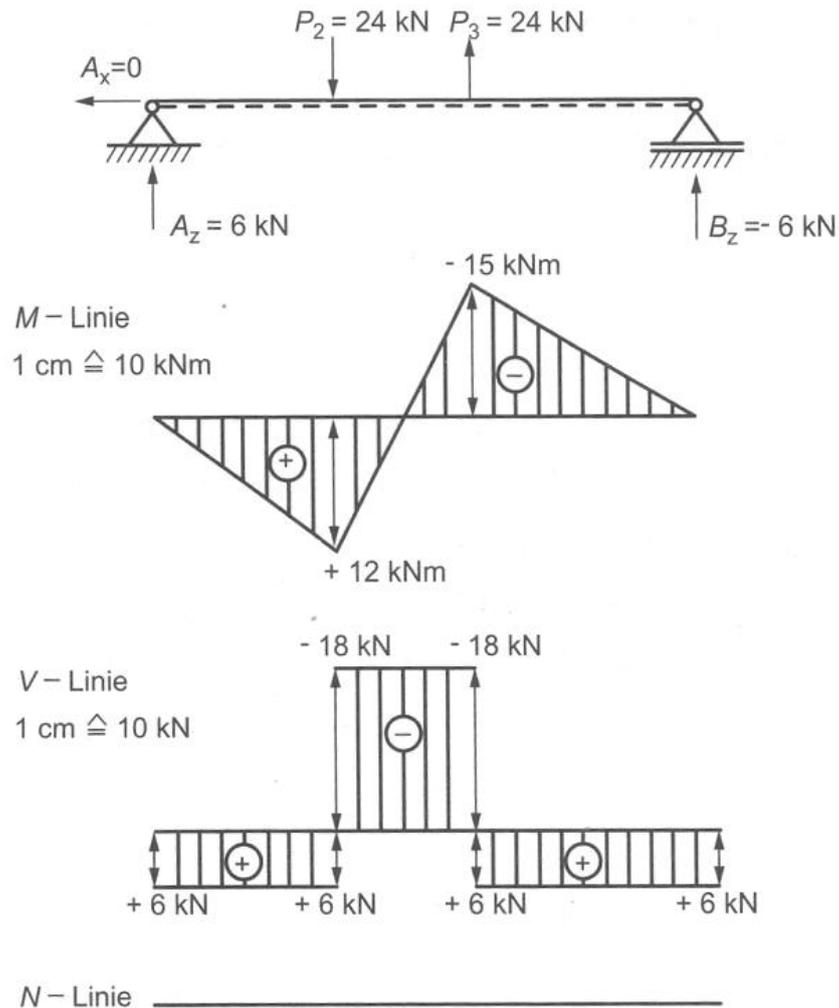


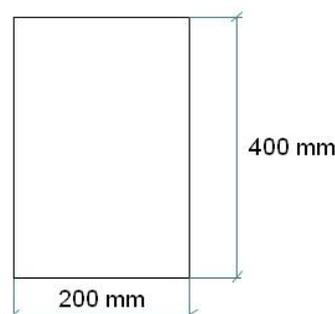
Kapitel 31: Berechnung der Schnittgrößen aus den Biege- und Schubspannungen eines 3D-Trägers

Ein 400 mm x 200 mm rechteckiger 3D-Stahlträger mit einer Länge von $L = 6000$ mm wird mit zwei entgegengesetzten Knotenlasten von 24 kN bei $l_1 = 2000$ mm und $l_2 = 3500$ mm belastet. Wie groß sind die Biege- und Schubspannungen sowie für die neue Stahlbetonbemessung (siehe Kapitel 32) die Schnittgrößen mit dem maximalen Biegemoment und der maximalen Querkraft.

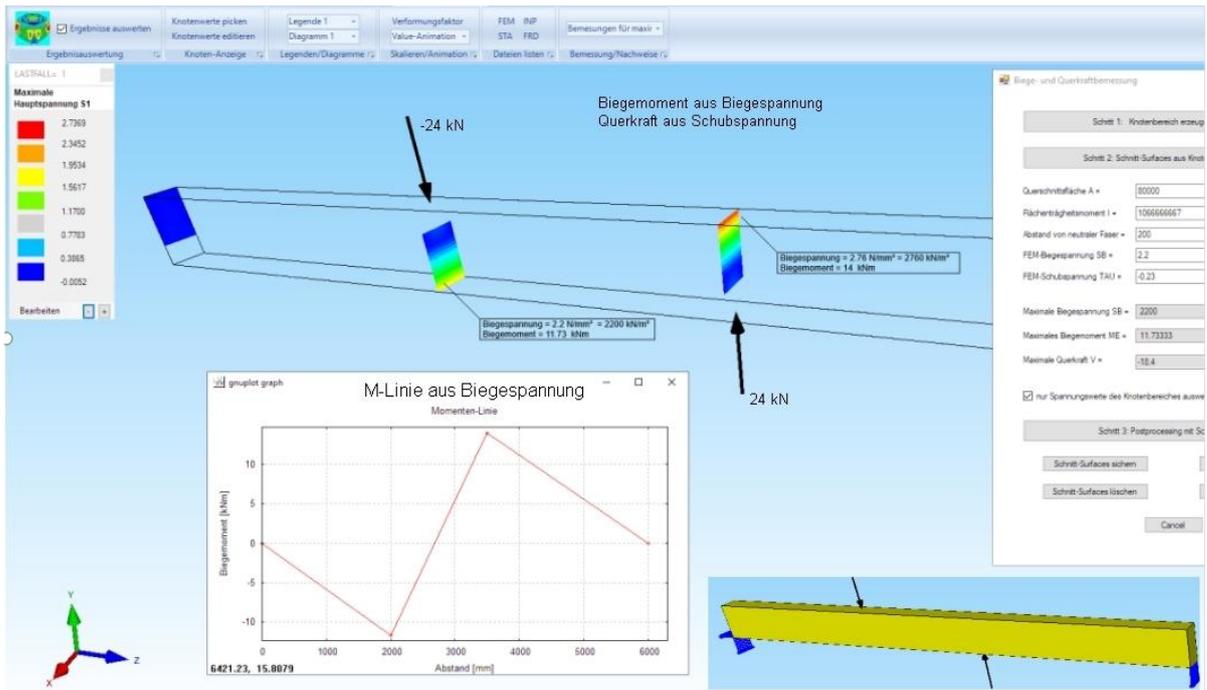
Schnittgrößen eines 2D-Trägers:



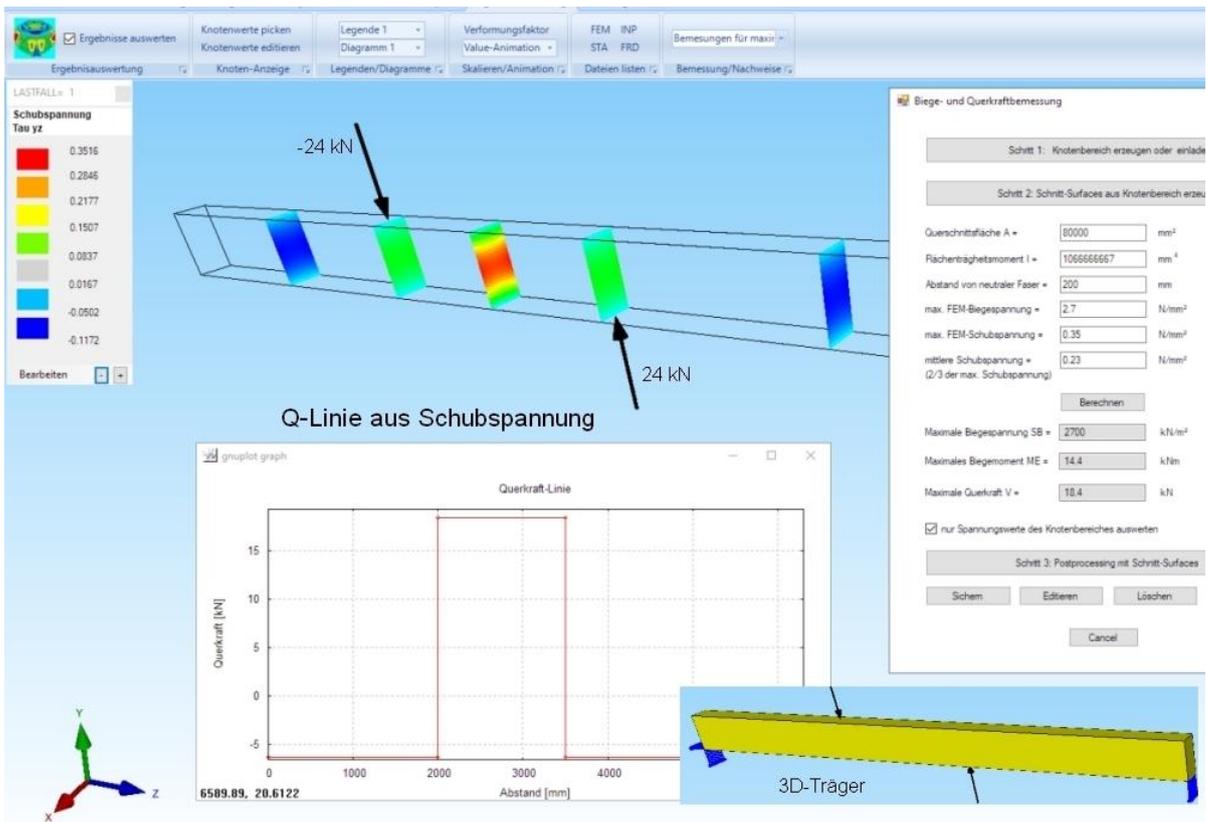
Rechteck-Profil:



Berechnung der Momenten-Linie aus den FEM-Hauptspannungen

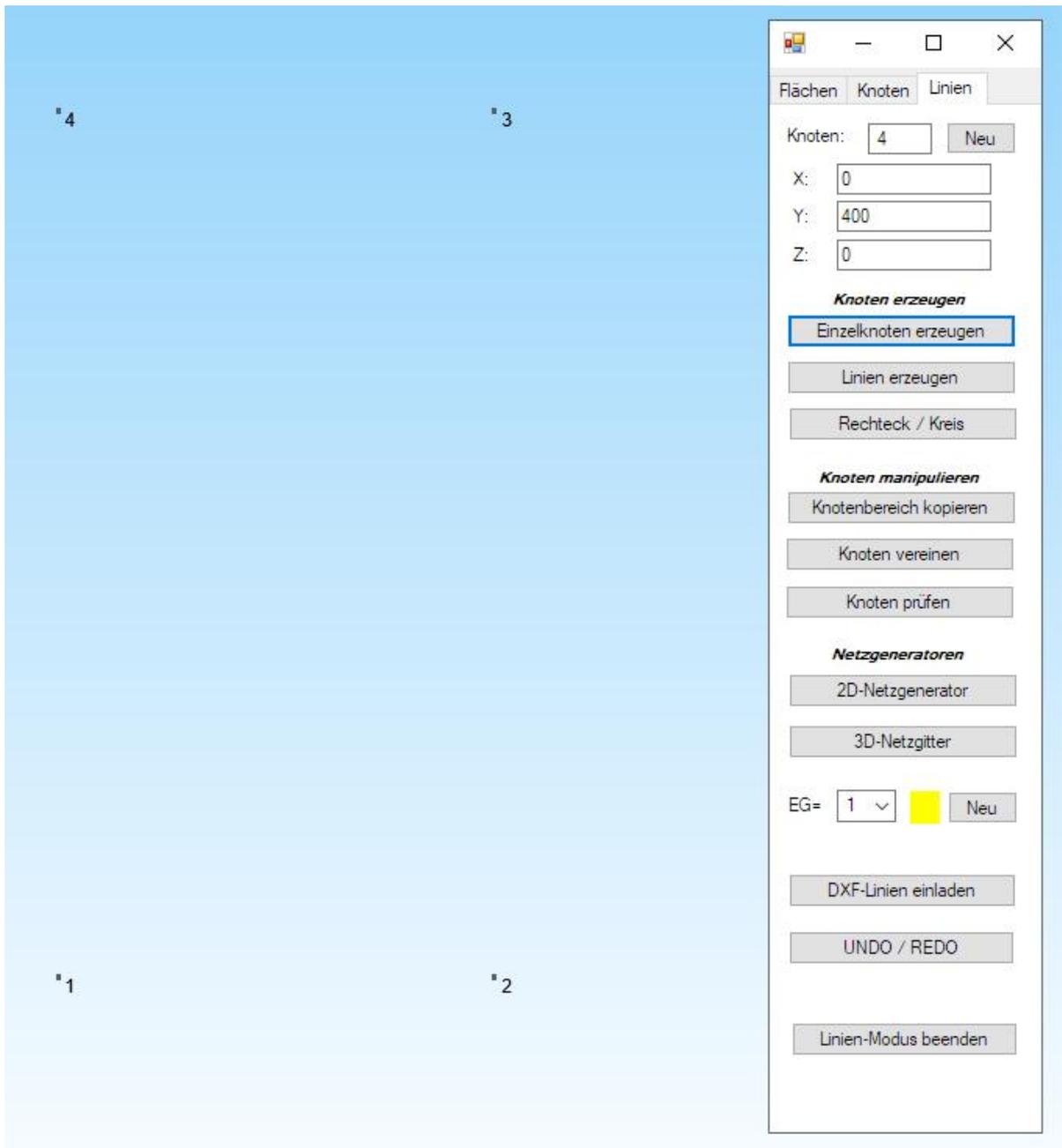


Berechnung der Querkraft-Linie aus den FEM-Schubspannungen

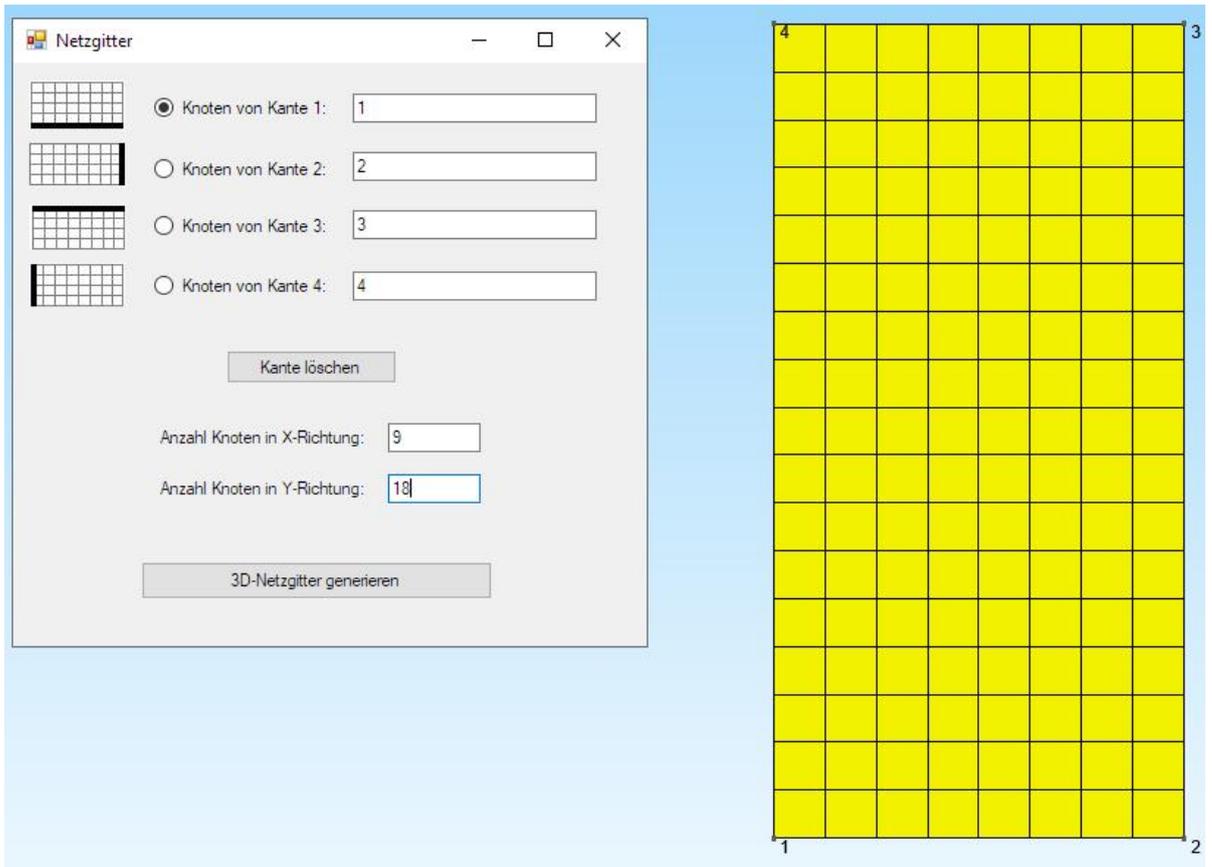


3D-Träger generieren

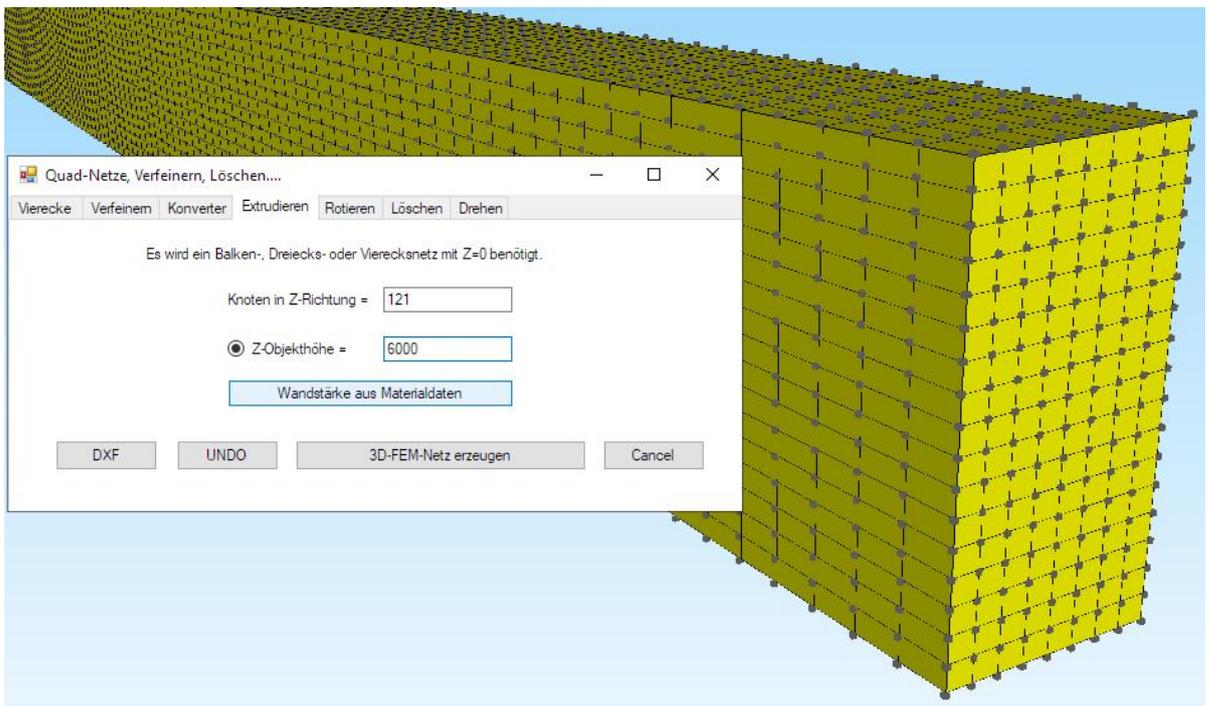
Erzeugen Sie zuerst mit „Neu“ und „Neues FEM-Projekt mit Balken-Linien-Modus“ ein 200x400-Rechteck mit folgenden 4 Knoten: 0/0, 200/0, 200/400, 0/400.



Anschließend generieren Sie ein 2D-Netz mit Menü „3D-Netzgitter“ mit einer Netzdichte in X-Richtung = 9 und in Y-Richtung = 18.

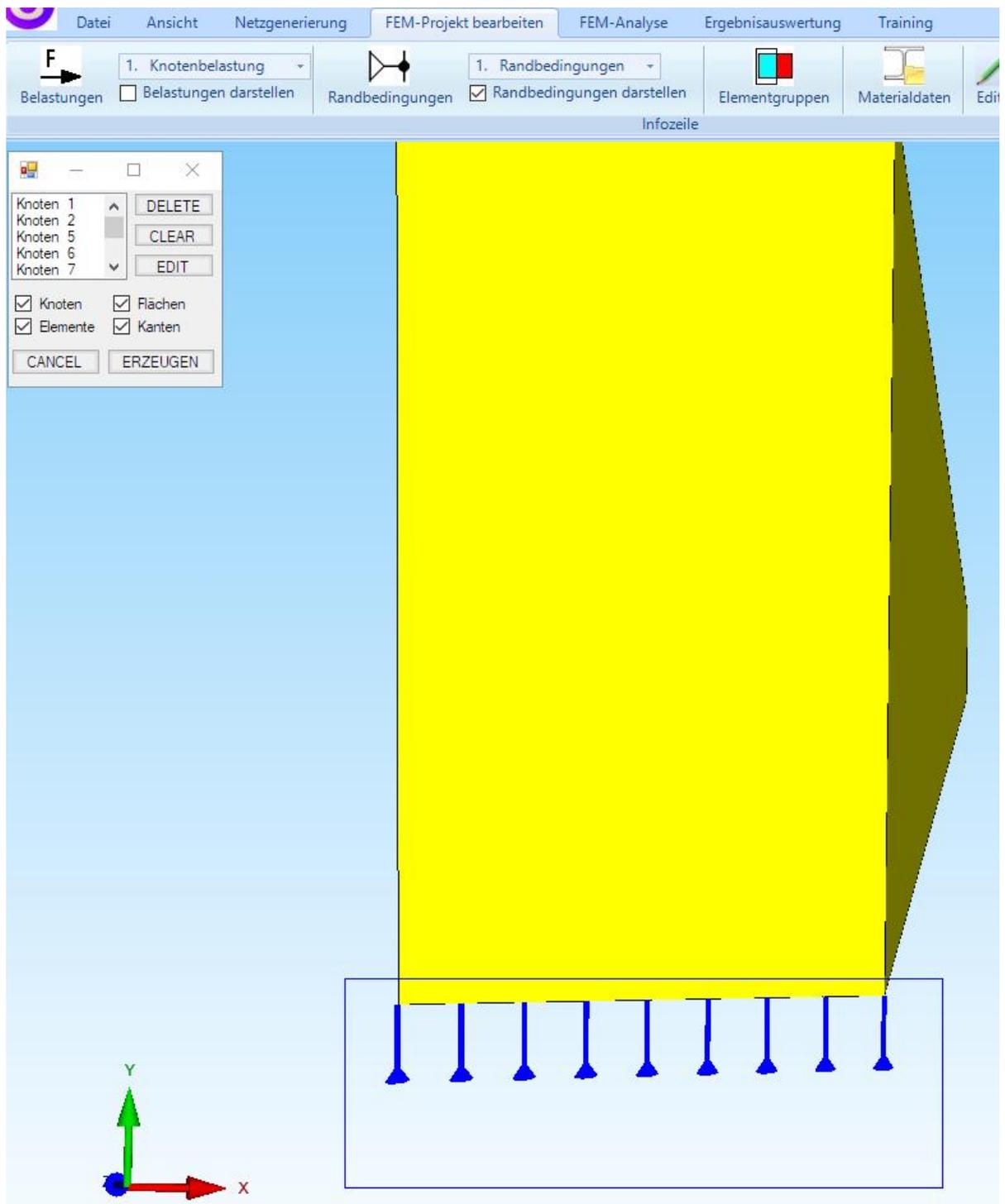


Dannach extrudieren Sie mit dem Register „Netzgenerierung“ und mit Menü „Quad-Netze, Verfeinern, Löschen“ sowie der Netzdichte in Z-Richtung =121 und einer Z-Objekthöhe = 6000 ein 3D-Netz mit 16320 HEX8-Volumenelementen und 16320 Knotenpunkten.



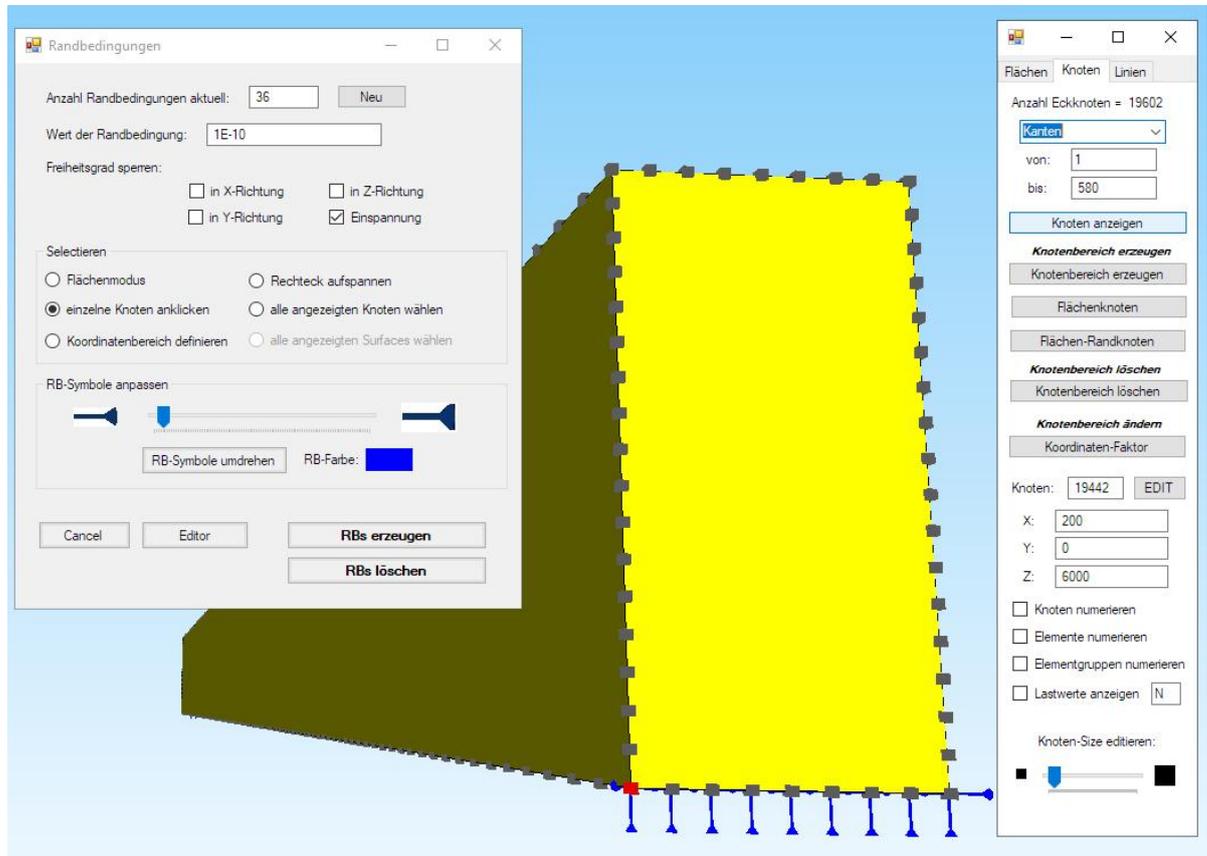
Loslager mit Flächen-Modus erzeugen

Drehen Sie das Modell auf die rechte Seite sowie schräg nach unten und erzeugen mit Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und Menü „Randbedingungen“ um mit „in Y-Richtung“ und „Rechteck aufspannen“ die rechte untere Kante zu lagern.



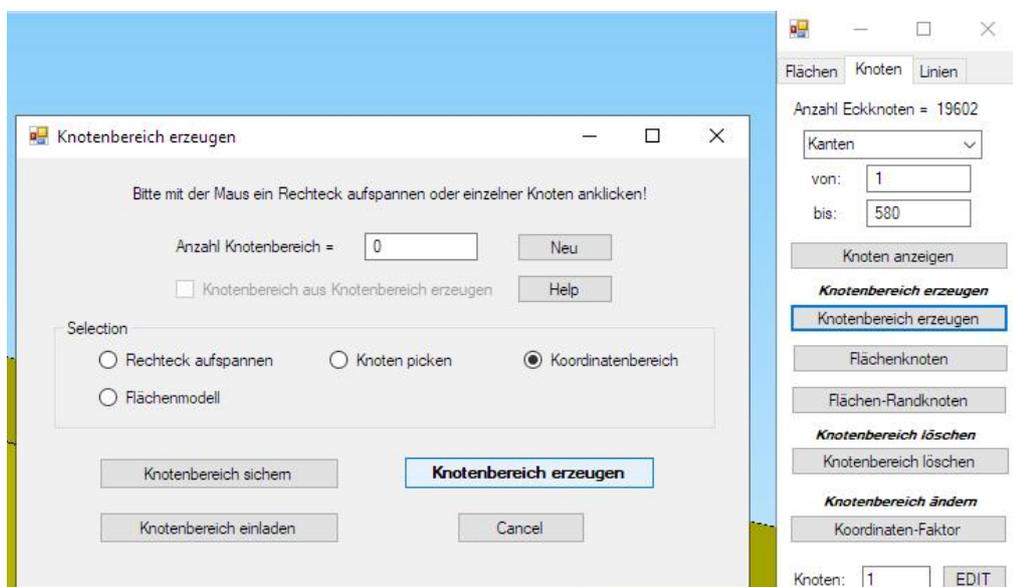
Festlager mit Knoten-Modus erzeugen

Schalten Sie zuerst mit Register „Ansicht“ den Knoten-Modus ein um alle Kanten-Knoten anzuzeigen. Wählen Sie wieder das Register FEM-Projekt bearbeiten“ und „Randbedingungen“ um mit „Einspannung“ und mit „einzelne Knoten anklicken“ die linke untere Kante in x-, y- und z-Richtung fest einzuspannen.

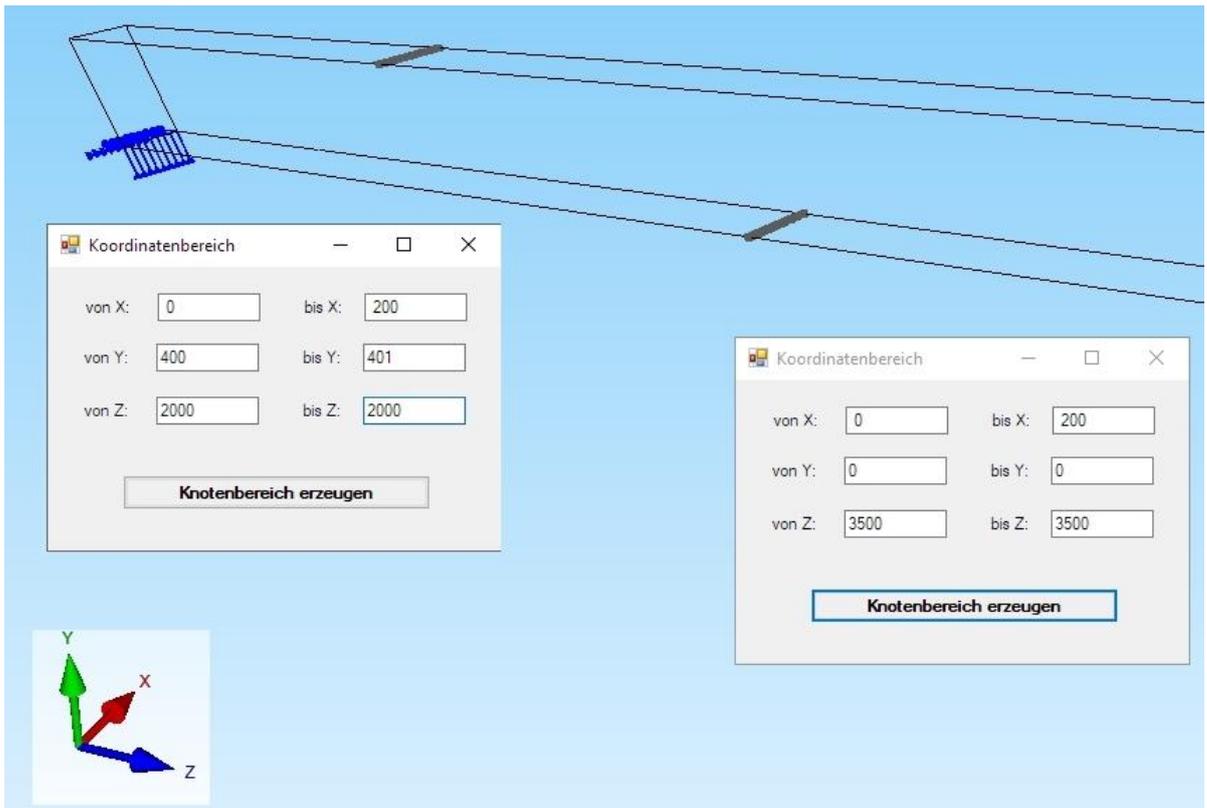


Belastungen mit Koordinatenbereich erzeugen

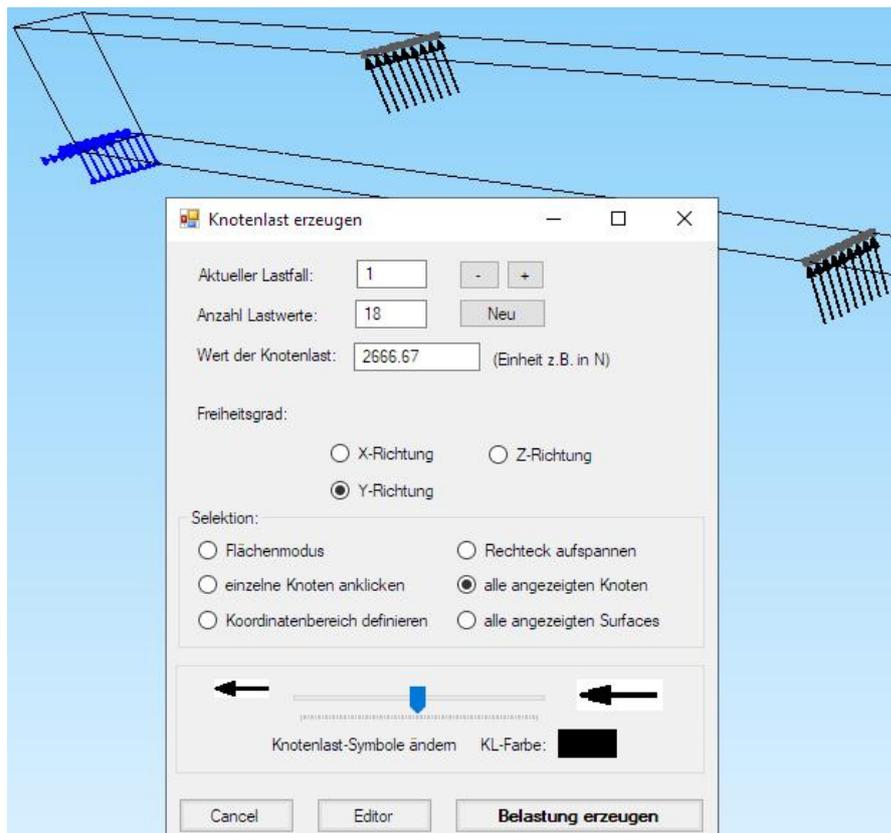
Aktivieren Sie mit Register „Ansicht“ und „Knoten-Modus“ den Knoten-Modus.



Wählen Sie weiter „Knotenbereich erzeugen“ und erzeugen mit der Option „Koordinatenbereich“ zwei Koordinatenbereiche an den Stellen Z=2000 und Z=3500.



Nachdem die Knotenbereiche mit 18 Knoten im Drahtgitter-Modus angezeigt werden wählen Sie Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und „Knotenbelastung“ und



erzeugen mit dem Wert = 2666.7 in „Y-Richtung“ mit „alle angezeigten Knoten“ eine Knotenlast, wobei der Wert aus der Gesamtlast $2 \times 24\,000\text{ N}$ dividiert durch 18 Knoten berechnet wird. Zum Schluß muß das Vorzeichen der ersten 9 Einzellasten mit „Editor“ sowie Menü „Freiheitsgrade gegen die Y-Achse gedreht werden.

The screenshot shows the software interface with the following components:

- Top Menu Bar:** Datei, Ansicht, Netzgenerierung, FEM-Projekt bearbeiten, FEM-Analyse, Ergebnisauswertung, Training.
- Toolbar:** Belastungen (1. Knotenbelastung), Randbedingungen (1. Randbedingungen), Elementgruppen, Materialdaten, Editor (6. Belastungen).
- Main View:** A 3D model of a beam with a distributed load applied along its length.
- Belastungen Dialog:** A table listing 12 load cases. The first 9 cases have a value of -2666.67, and the last 3 have a value of 2666.67.
- Freiheitsgrade ändern Dialog:** A dialog box for editing degrees of freedom for load case 1, showing options to change the degree of freedom from 0 to 1.

Nr.	Knoten	FHG	Wert
1	11343	2	-2666.67
2	11344	2	-2666.67
3	11496	2	-2666.67
4	11497	2	-2666.67
5	11498	2	-2666.67
6	11499	2	-2666.67
7	11500	2	-2666.67
8	11501	2	-2666.67
9	11502	2	-2666.67
10	6483	2	2666.67
11	6484	2	2666.67
12	6636	2	2666.67

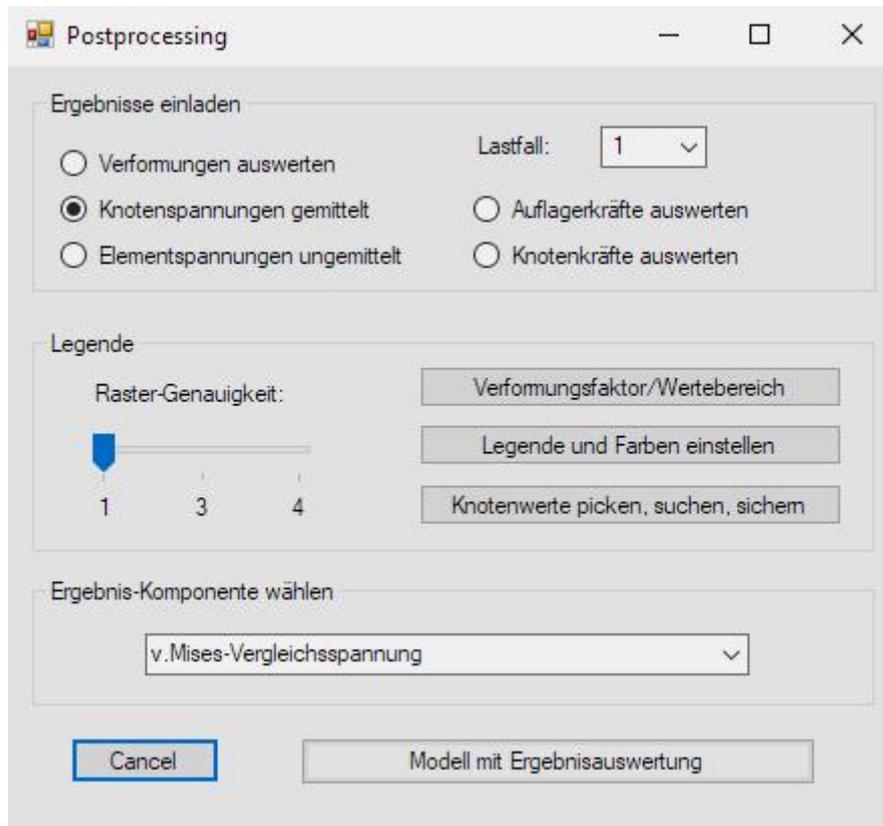
FEM-Analyse

Die Materialdaten für Stahl sind voreingestellt und müssen darum nicht eingegen werden. Speichern Sie nun den 3D-Träger mit einem Namen auf der Festplatte ab und berechnen mit Register „FEM-Analyse“ und dem Quick-Solver die Ergebnisgrößen wie Verschiebungen, Spannungen und Auflagerreaktionen.

Postprocessing

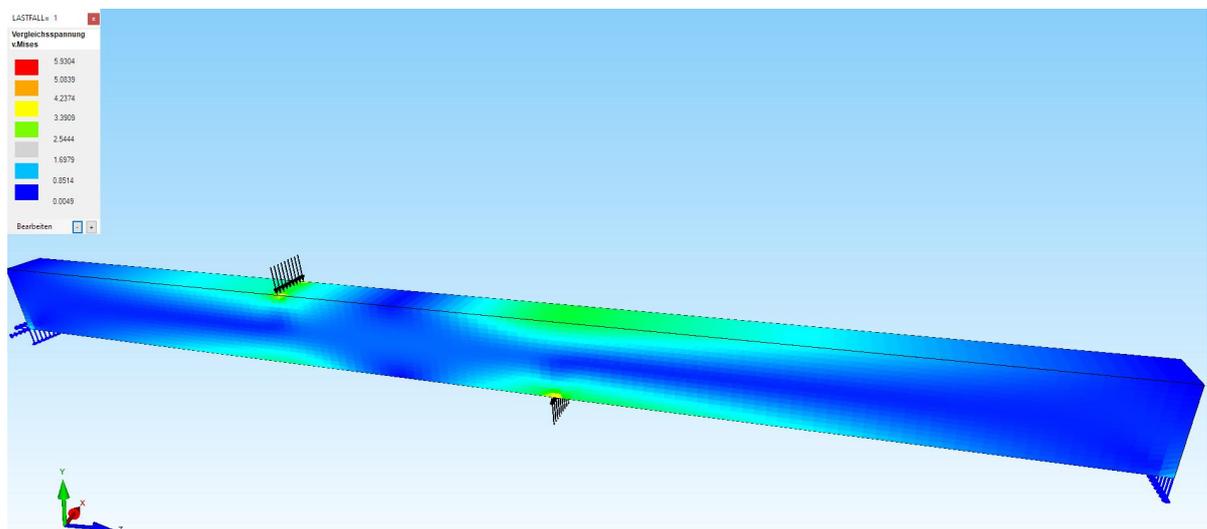


Wählen Sie das Register „Ergebnisauswertung“ und das Icon um die Spannungsverteilung auszuwerten.



v.Mises-Vergleichsspannung

Es wird eine max. v.Mises-Vergleichsspannung von 5.9 N/mmm² angezeigt, diese ist aber eine zu hohe Spitzenspannung aufgrund der punktuellen Knotenlast.

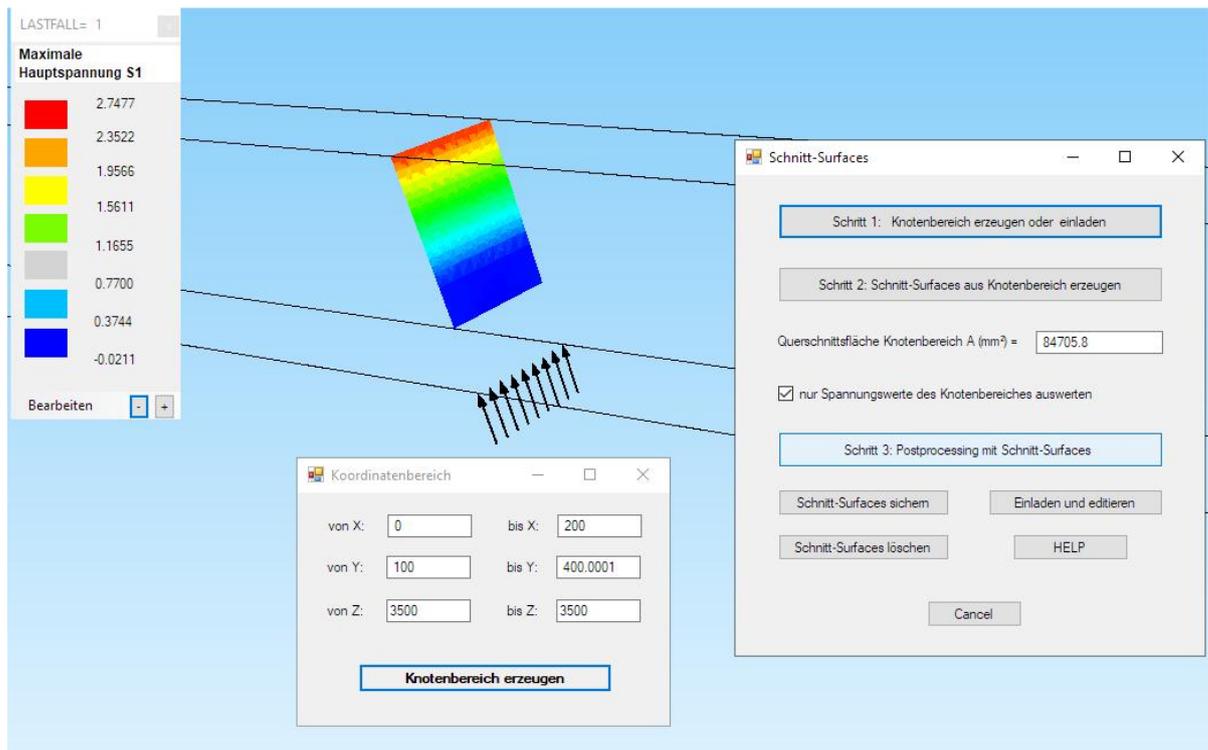


Schnitt-Surfaces erzeugen

Diese Sekundärspannungen können mit einem Knotenbereich ausgeblendet werden. Wählen Sie dazu im Flächen-Modus das Menü „Schnitt-Surfaces“ und definieren einen Koordinatenbereich an der Stelle $X= 0 - 200 / Y= 100 - 401 / Z = 3500 - 3500$ oberhalb der Knotenlast. Mit Schritt 2 erzeugen Sie daraus die Schnitt-Surfaces, die dann mit Schritt 3 als lokale Spannungsverteilung dargestellt werden können.

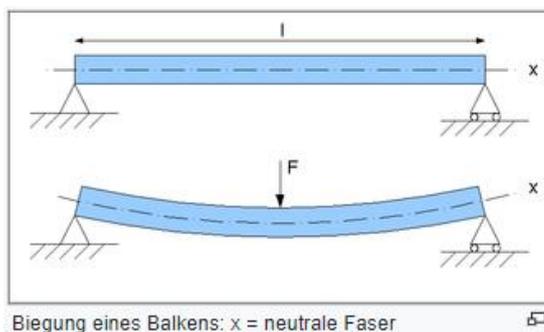
Maximale Biegespannung

Die maximale Biegespannung S1 beträgt **2.75 N/mm² bzw. 2750 kN/m²**



Maximales Biegemoment

Wird die max. Biegespannung mit dem Flächenträgheitsmoment multipliziert und durch den Abstand der neutralen Faser von 200 mm dividiert erhält man das maximale Biegemoment von **14.7 kNm**.



$$\sigma = \frac{M}{I} \cdot z$$

$$M = \frac{\sigma}{z} \cdot I$$