

Kapitel 24: IPE-Träger mit trapezförmiger Linien- und Flächenbelastung

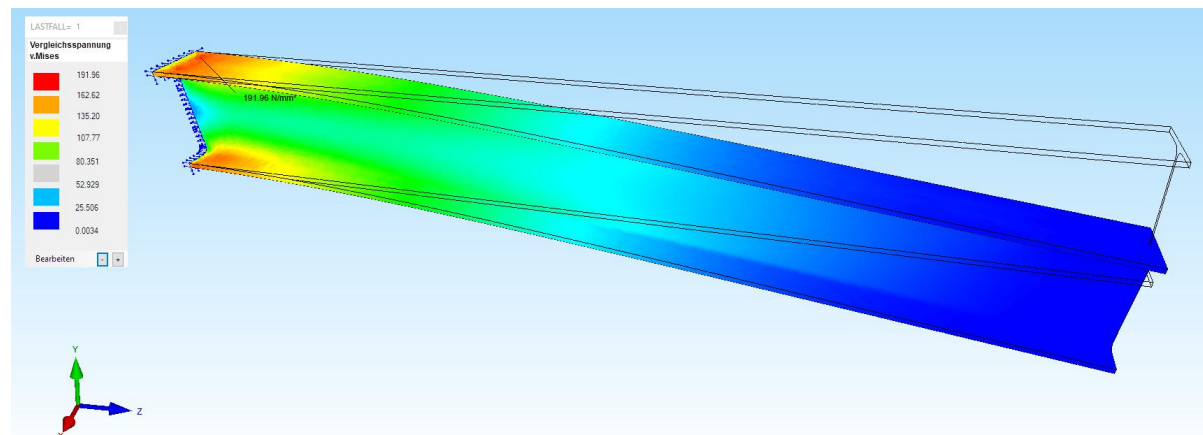
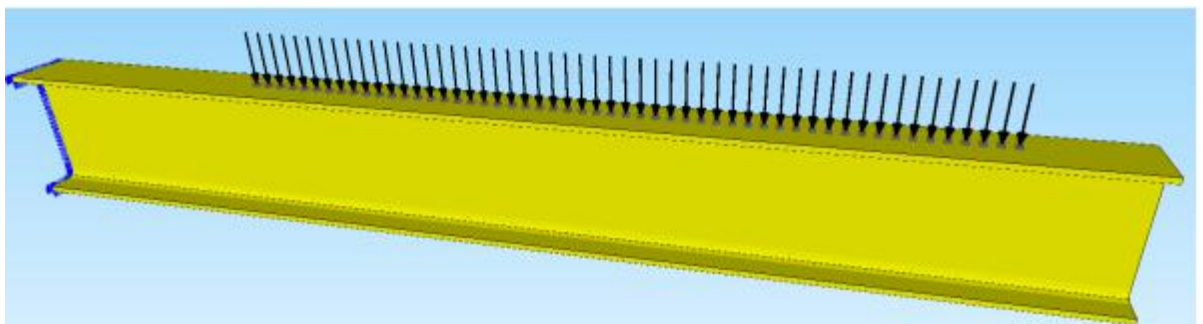
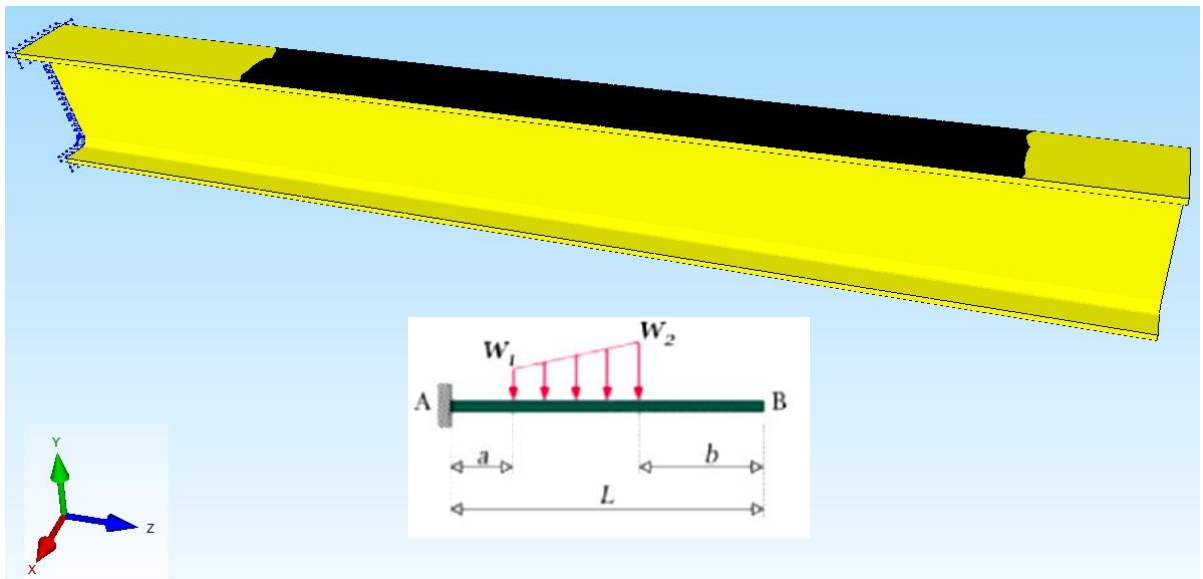
In diesem Kapitel wird gezeigt wie mit dem FEM-System MEANS V12 eine

Balken-Struktur (siehe Kapitel 6) mit

- gleichmäßiger und veränderlicher Linienlast

und eine Tetraeder- Pentaeder- und Hexaeder-Struktur mit

- gleichmäßiger und veränderlicher Linienlast und Flächenlast berechnen kann.

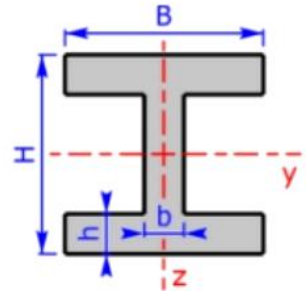


Exakte Ergebnisse nach der Balkentheorie

Mit dem BEAM-Calculator <https://calresource.com/statics-cantilever-beam.html> werden die exakten Ergebnisse nach der Balkentheorie berechnet:

Materialdaten:

A	I/H-Profil		
H	240 mm	h	9.8 mm
B	120 mm	b	6.2 mm
Wst.	Stahl	E **	210000 N/mm ²
I _y *	3670.9673 cm ⁴	W _y *	305.914 cm ³



Partielle Trapezlinienlast:

Partial trapezoidal load

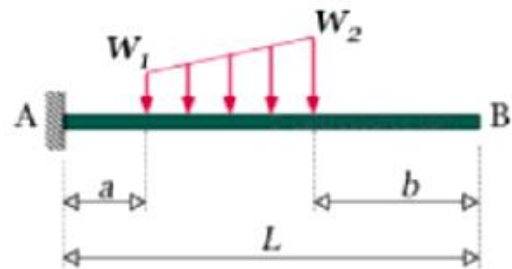
$w_1 = -30$ kN/m

$w_2 = -50$ kN/m

$a = 500$ mm

$b = 200$ mm

$L = 2000$ mm



Ergebnisse:

Reactions:

$R_A = -52$ kN

$M_A = 62.6167$ kNm

Bending Moment:

$M_U = 62.6167$ kNm

Deflection:

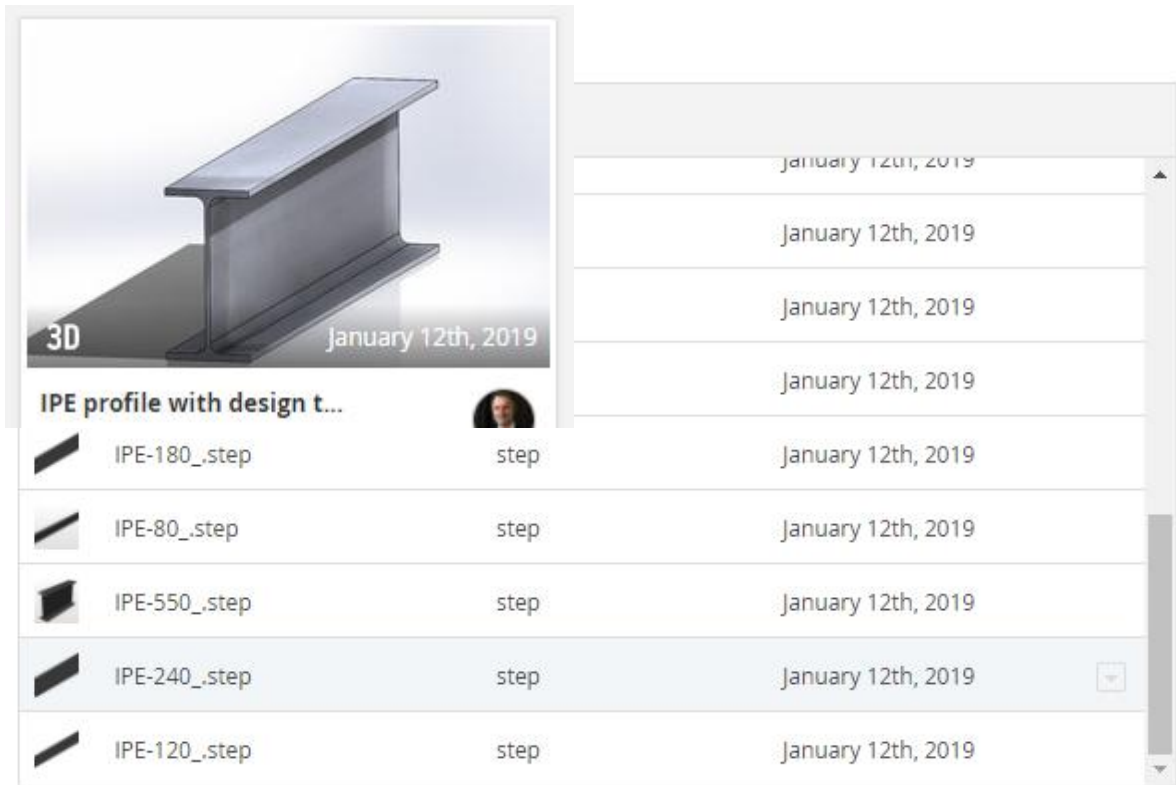
$d_U = -8.19797$ mm

Bending Stress

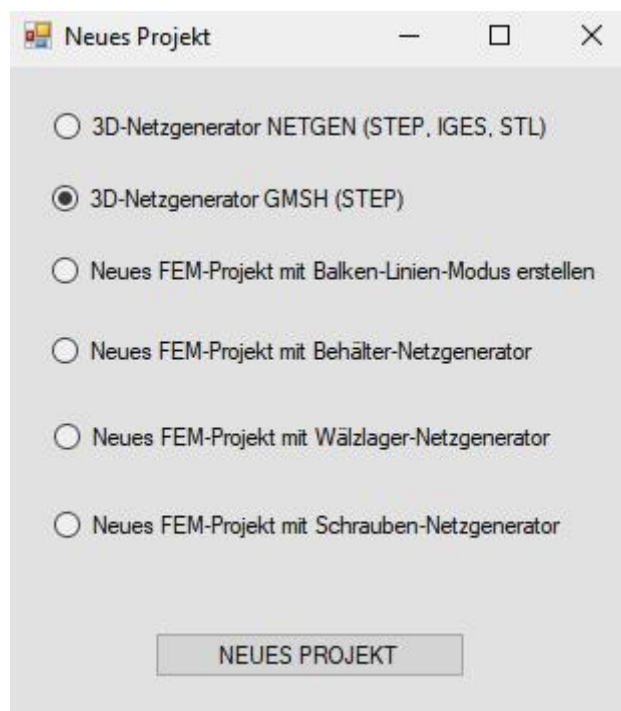
$\sigma_B = M_U / W_y = 204.68$ N/mm²

Tetraeder-Modell mit einer trapezförmiger Flächenlast

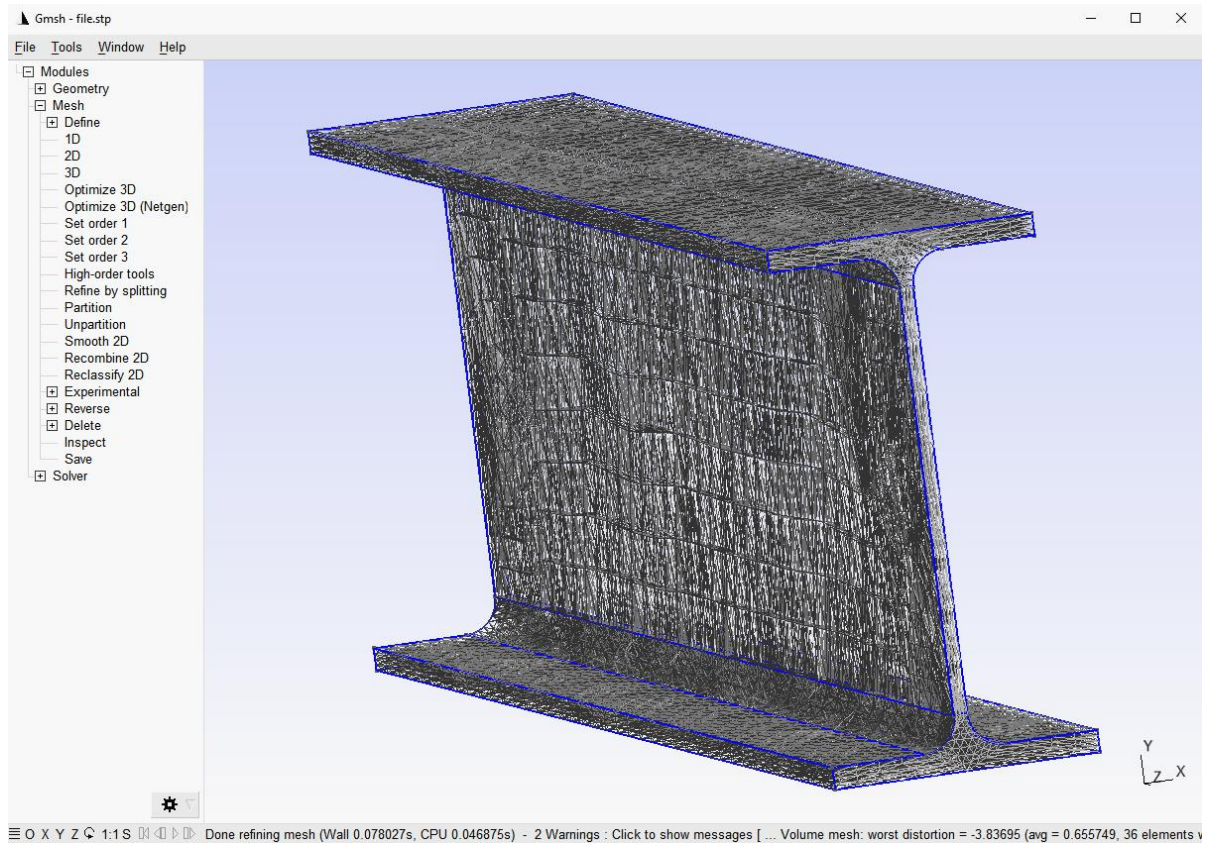
Ein geeigneter IPE-240 Träger für die FEM-Berechnung kann im STEP-Format von der kostenlosen 3D-Library www.grabcad.com downgeladen werden:



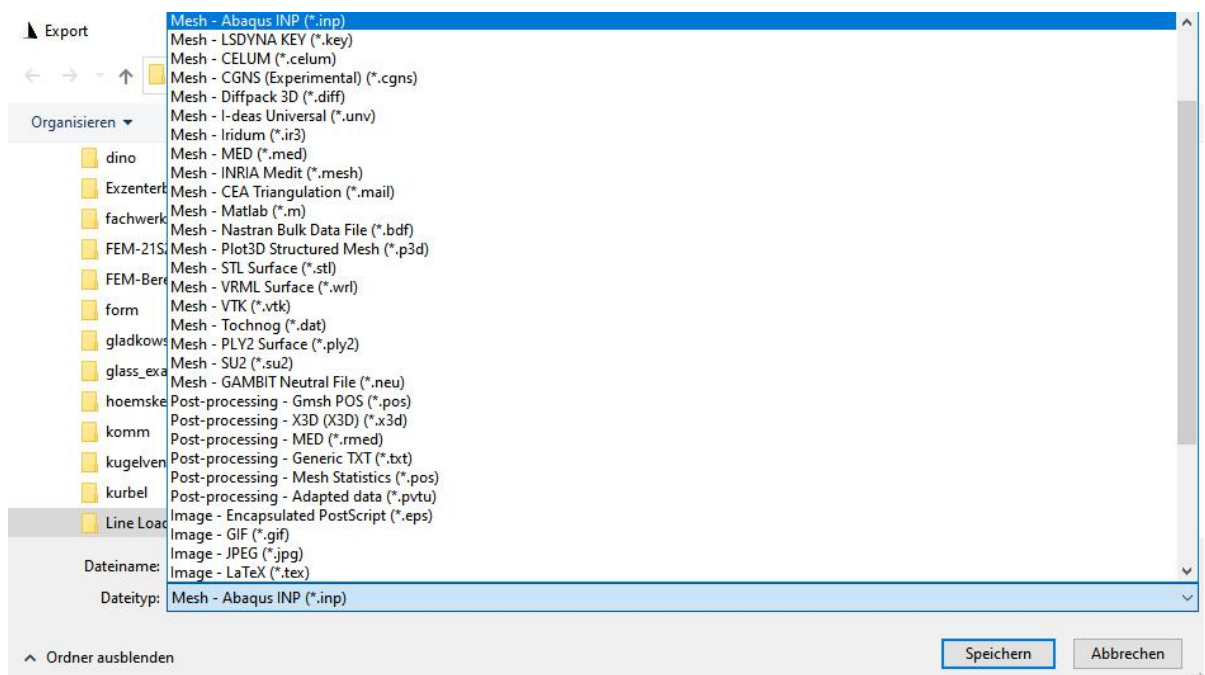
Wählen Sie dazu „Neu“ und laden die STEP-Datei „IPE-240.step“ ein um ein Tetraeder-Netz mit dem 3D-Netzgenerator GMSH zu erzeugen.



Wählen Sie in GMSH das Menü „3D“ sowie zweimal nacheinander Menü „Refine by splitting“ um ein FEM-Netz mit 46 272 TET4-Elementen und 9 975 Knotenpunkten zu generieren.

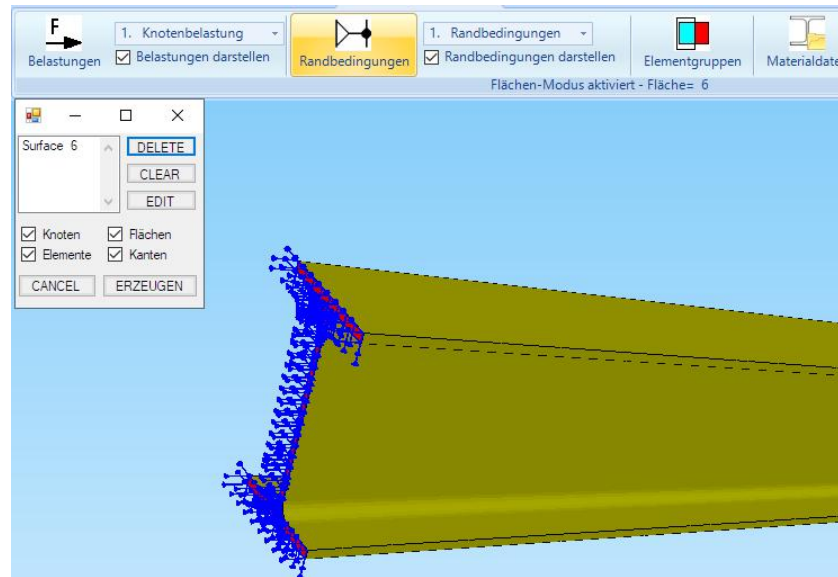


Wählen Sie Menü „File“ und „Export“ und exportieren das Netz im Abaqus INP-Format wieder in das gleiche Verzeichnis der STEP-Datei damit es automatisch in MEANS V12 importiert und dargestellt werden kann.



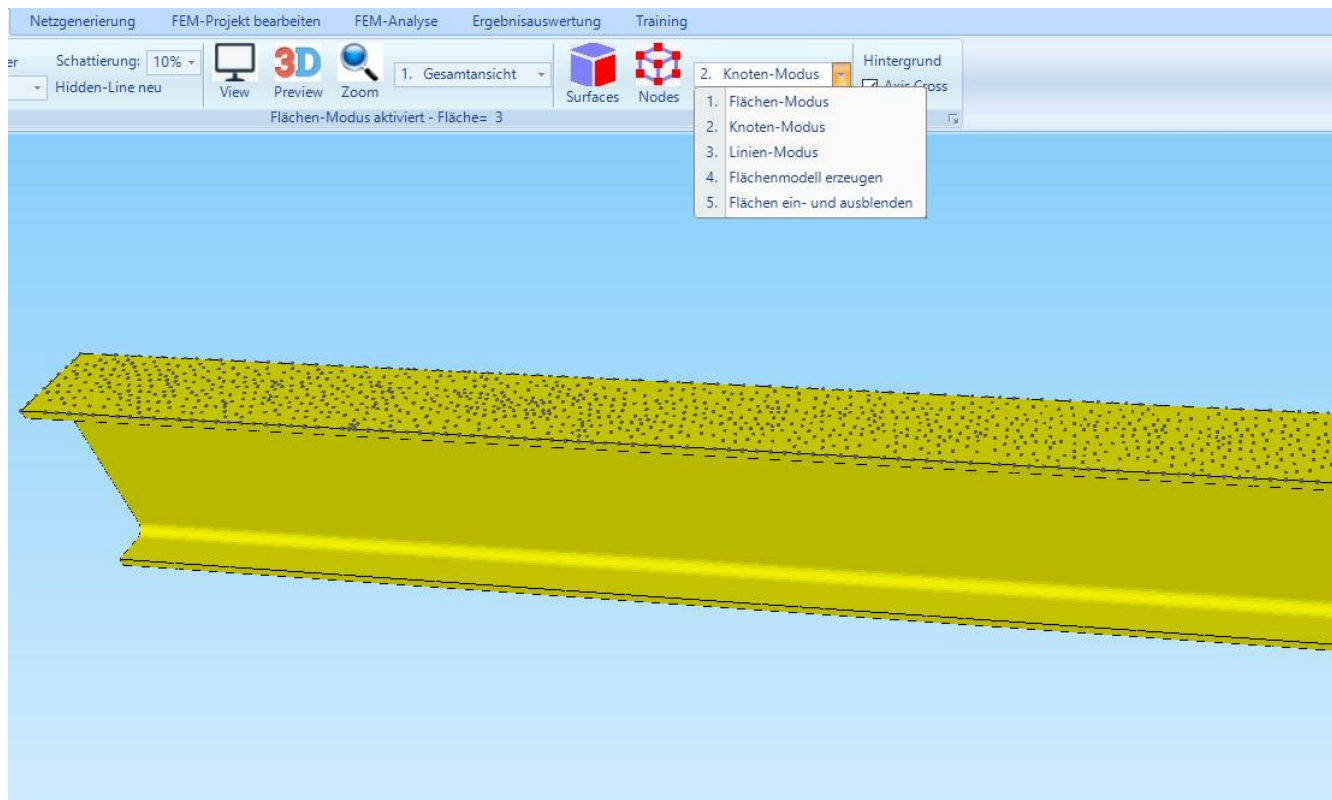
Einspannung

Mit Menü „Flächenmodell“ wird das Flächenmodell erzeugt und auf der linken Seite mit Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und „Randbedingungen“ eingespannt indem die linke Profilfläche 6 gewählt und in der Selectbox mit „Erzeugen“ bestätigt wird.

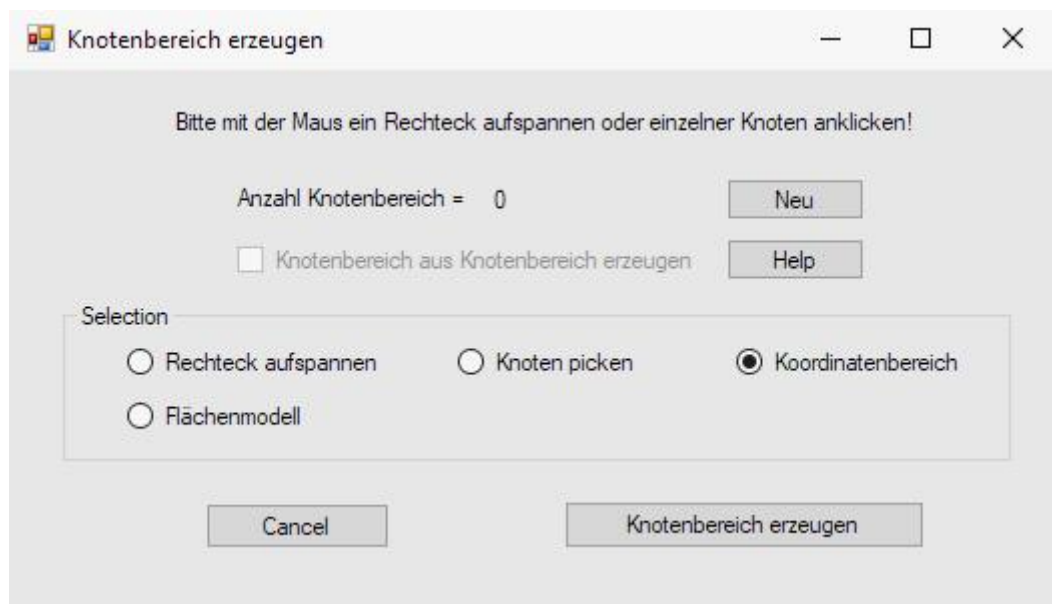


Knotenbereich für Flächenlast erzeugen

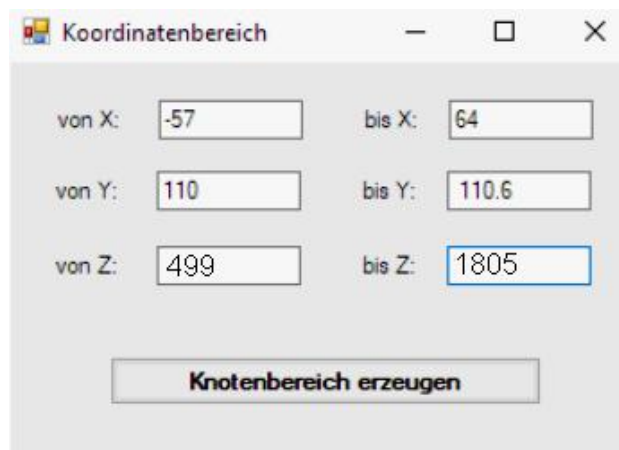
Wählen Sie Register „Ansicht“ und Menü „Knoten-Modus“ sowie das Seitenmenü „Flächenknoten“ und klicken auf die obere Fläche 3 um alle Knoten darzustellen.



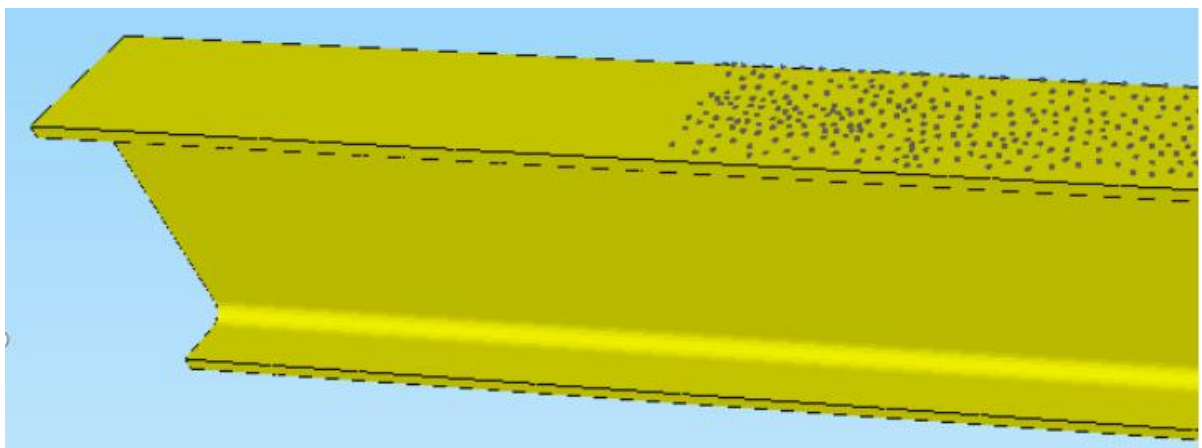
Erzeugen Sie dannach mit Seitenmenü „Knotenbereich erzeugen“ und mit „Koordinatenbereich“ einen



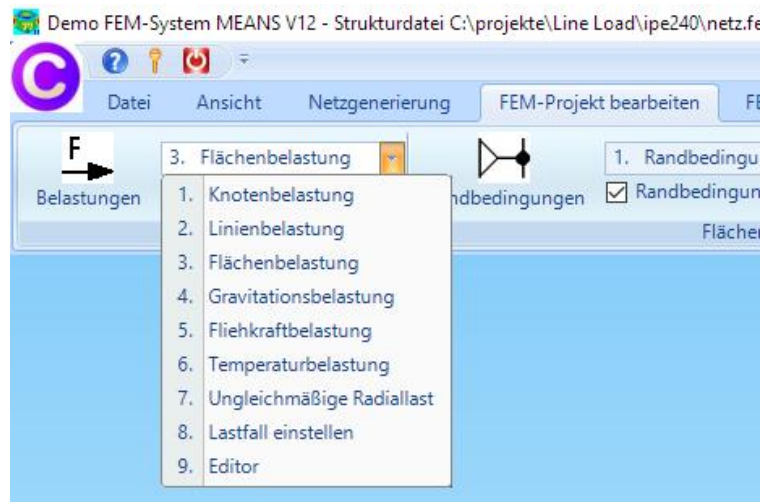
neuen Knotenbereich von Z= 500 mm bis Z=1800 mm mit einer kleinen Toleranz wegen den unstrukturierten Knotenpunkten.



Neuer Knotenbereich für die partielle Flächenbelastung:



Wählen Sie nun Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und „Flächenbelastung“

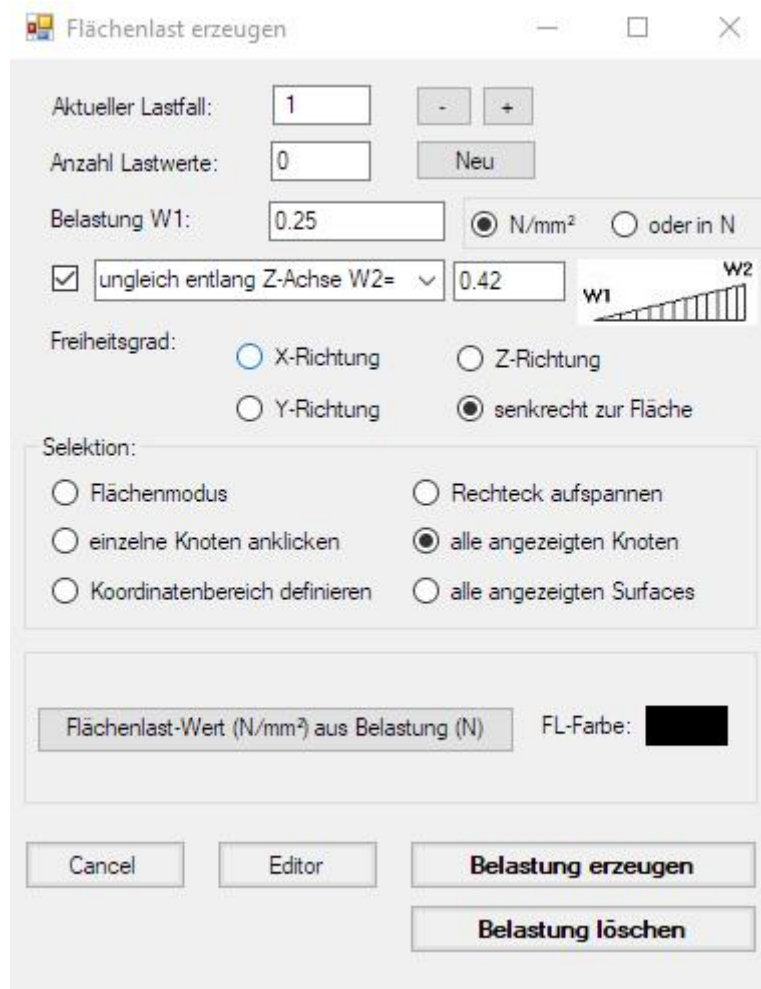


und erzeugen eine Flächenlast mit folgenden umgerechneten Lastwerten:

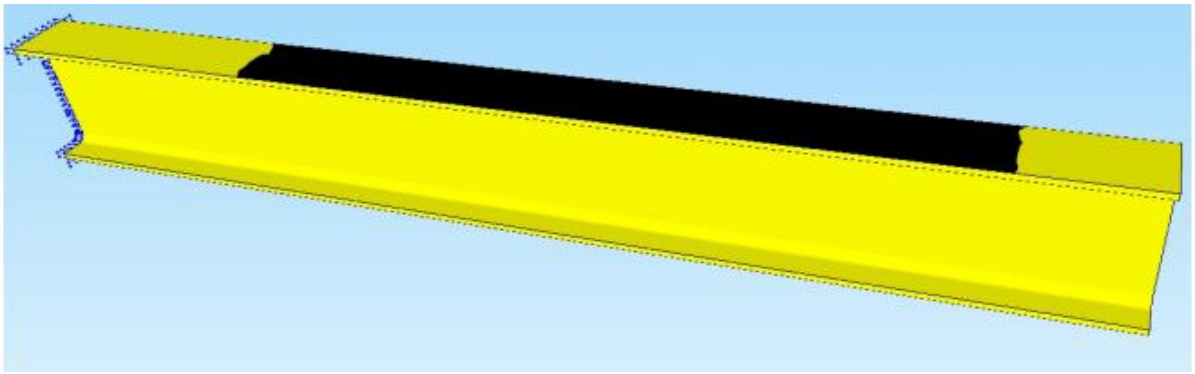
$$W_1 \text{ Flächenlast} = W_1 \text{ Linienlast} * b = 30 \text{ N/mm} / 120 \text{ mm} = 0.25 \text{ N/mm}^2$$

$$W_2 \text{ Flächenlast} = W_2 \text{ Linienlast} * b = 50 \text{ N/mm} / 120 \text{ mm} = 0.42 \text{ N/mm}^2$$

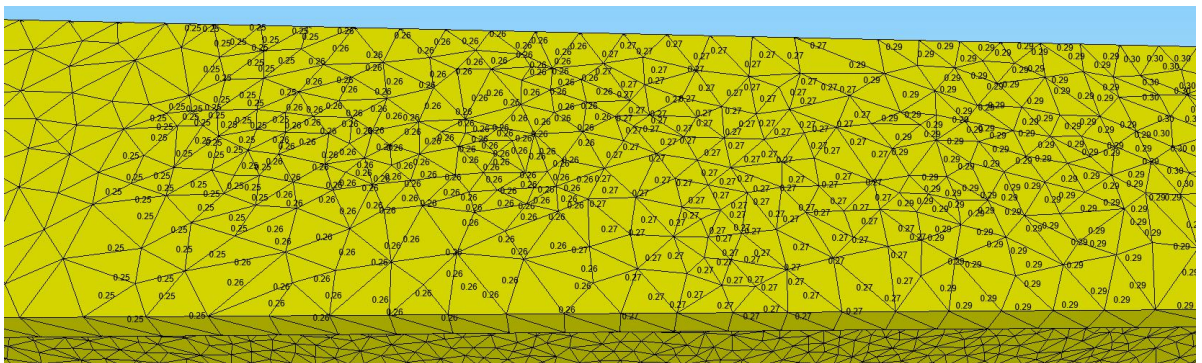
mit „ungleich entlang Z-Achse“ und mit der Selektion „alle angezeigten Knoten“



Als Ergebnis erhält man folgende trapezförmige Flächenbelastung



mit „Lastwerten anzeigen“ im Knoten-Modus können die Werte angezeigt werden:

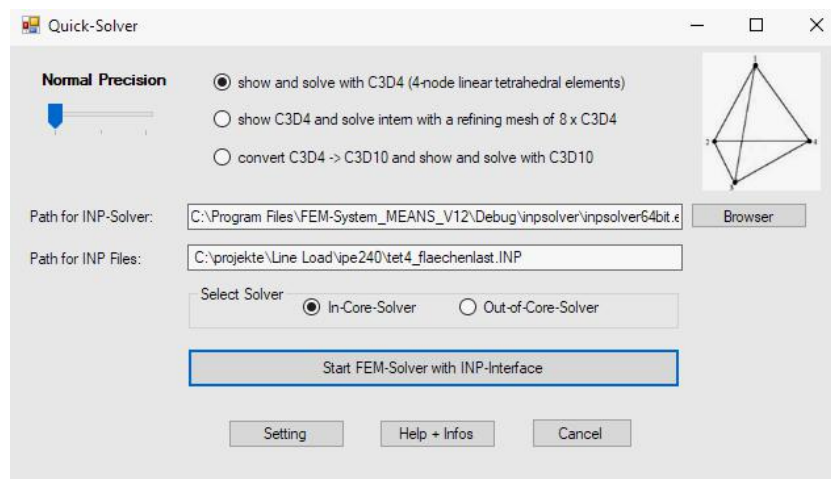


Materialdaten

Da der Werkstoff Stahl mit einem E-Modul von 210 000 N/mm² immer voreingestellt ist werden keine Materialdaten benötigt.

FEM-Analyse

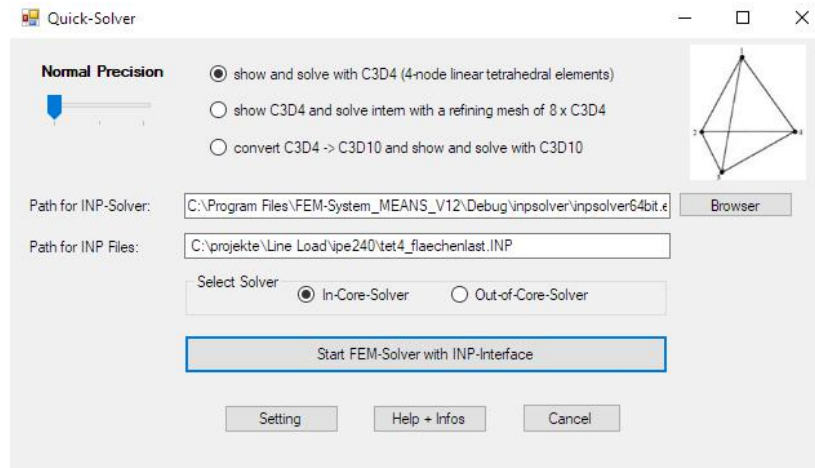
Speichern Sie zuerst das FEM-Modell unter einem beliebigen Namen auf der Festplatten ab und wählen Register „FEM-Analyse“ und führen mit dem Quick-Solver eine Statik-Analyse durch.



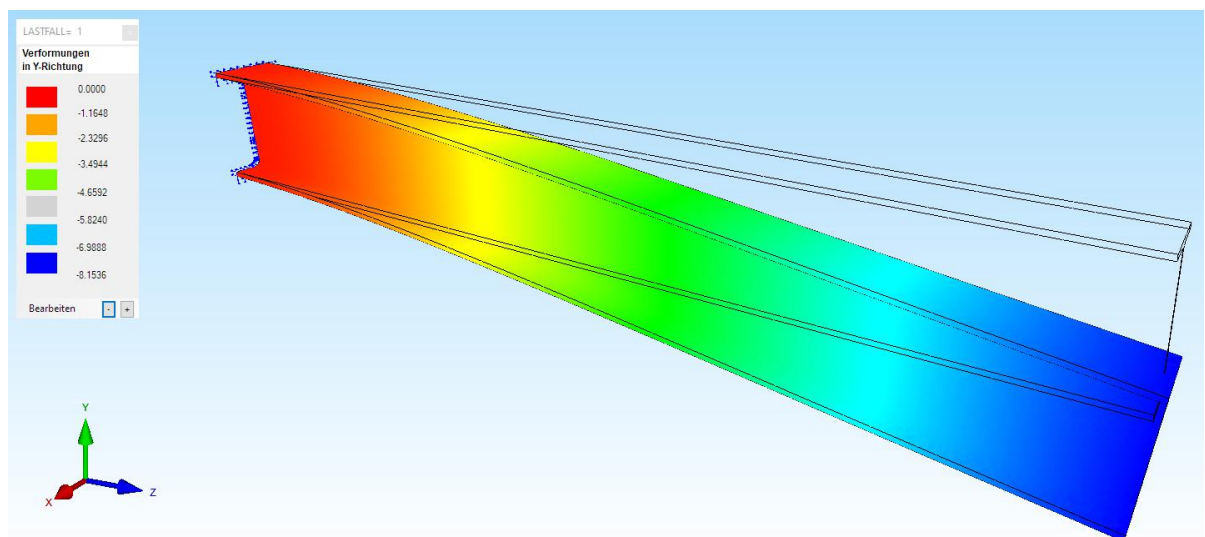
Ergebnisauswertung



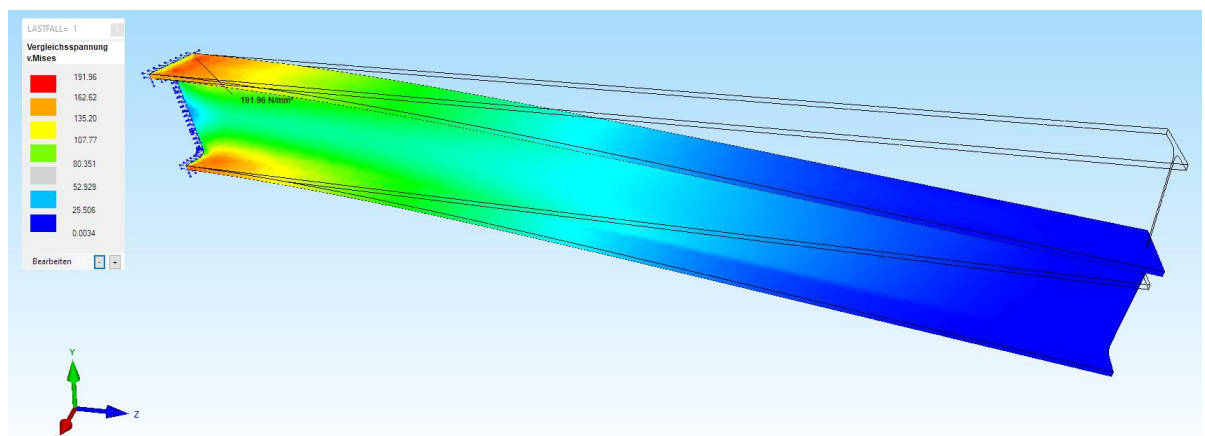
Nach der FEM-Analyse können mit Register „Ergebnisauswertung“ und Icon die Verformungen und Knotenspannungen ausgewertet werden.



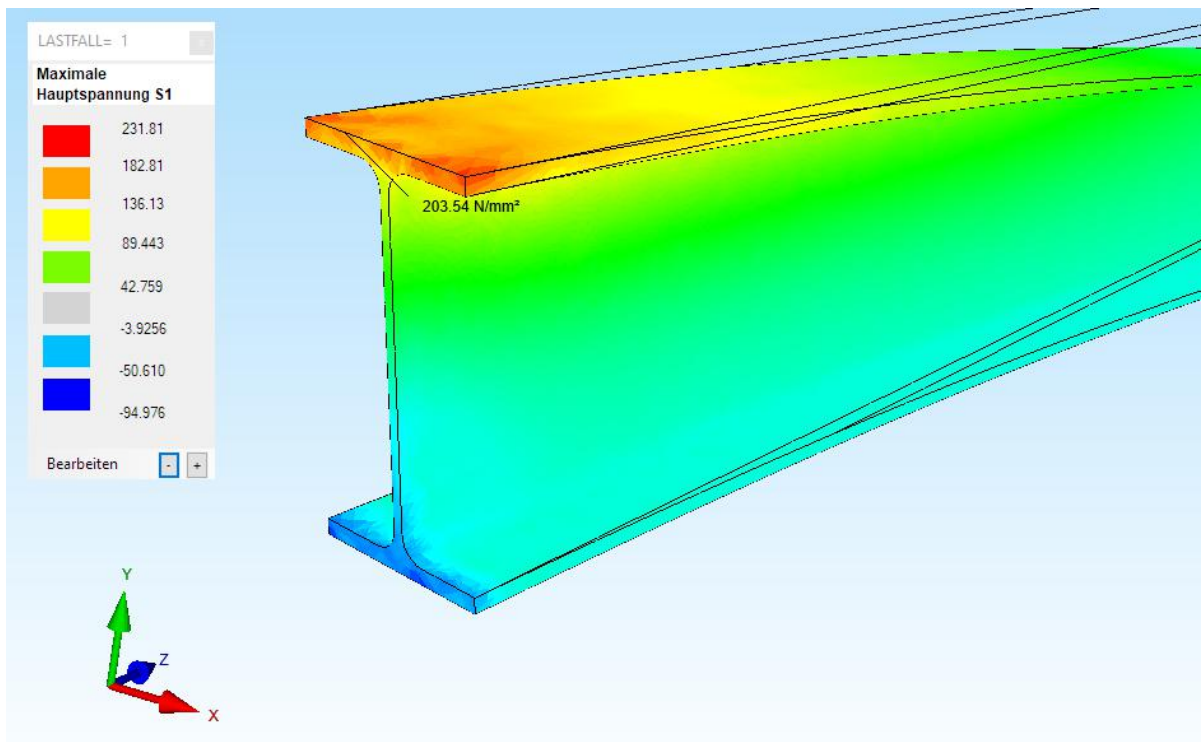
Max. Verformungen in Y-Richtung = -8.15 mm (exakt = -8.19 mm)



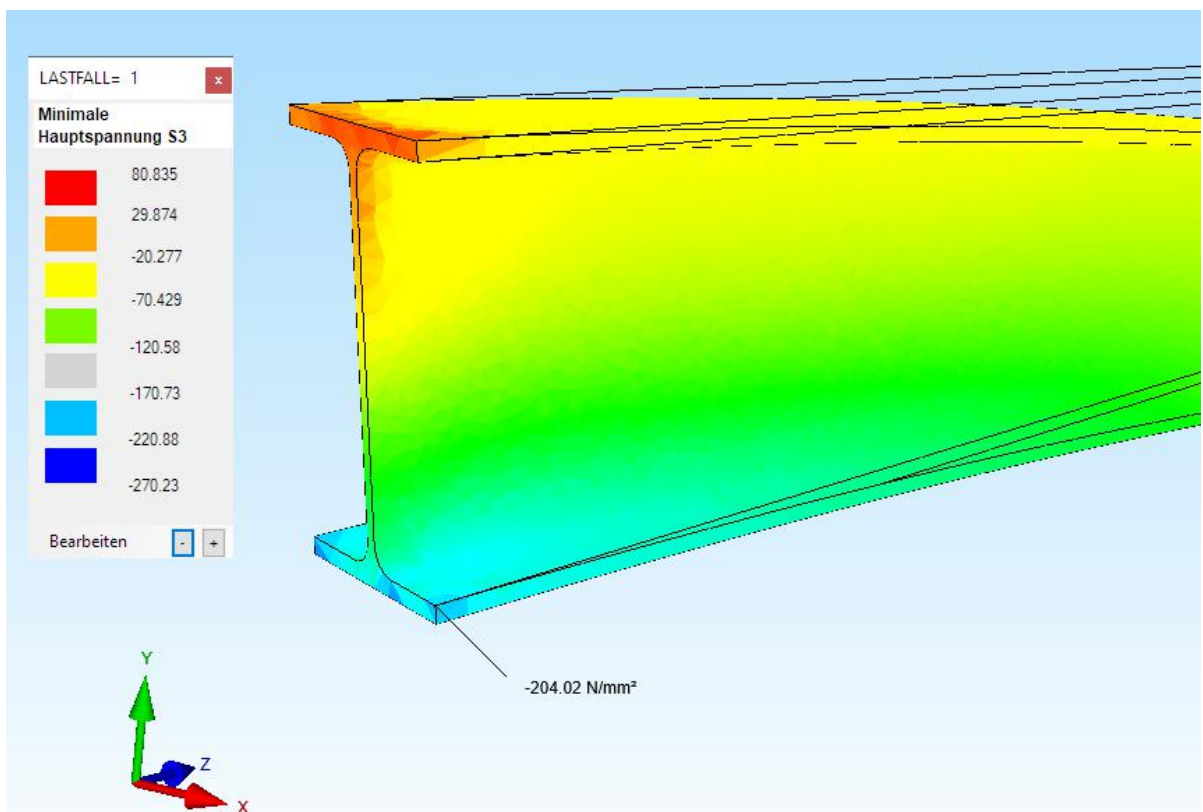
Max. v.Mises-Vergleichsspannung = 191 N/mm² (exakt = 204 N/mm²)



Maximale Zug-Hauptspannung S1 = 203.54 N/mm²



Minimale Druck-Hauptspannung S3 = -204.02 N/mm²

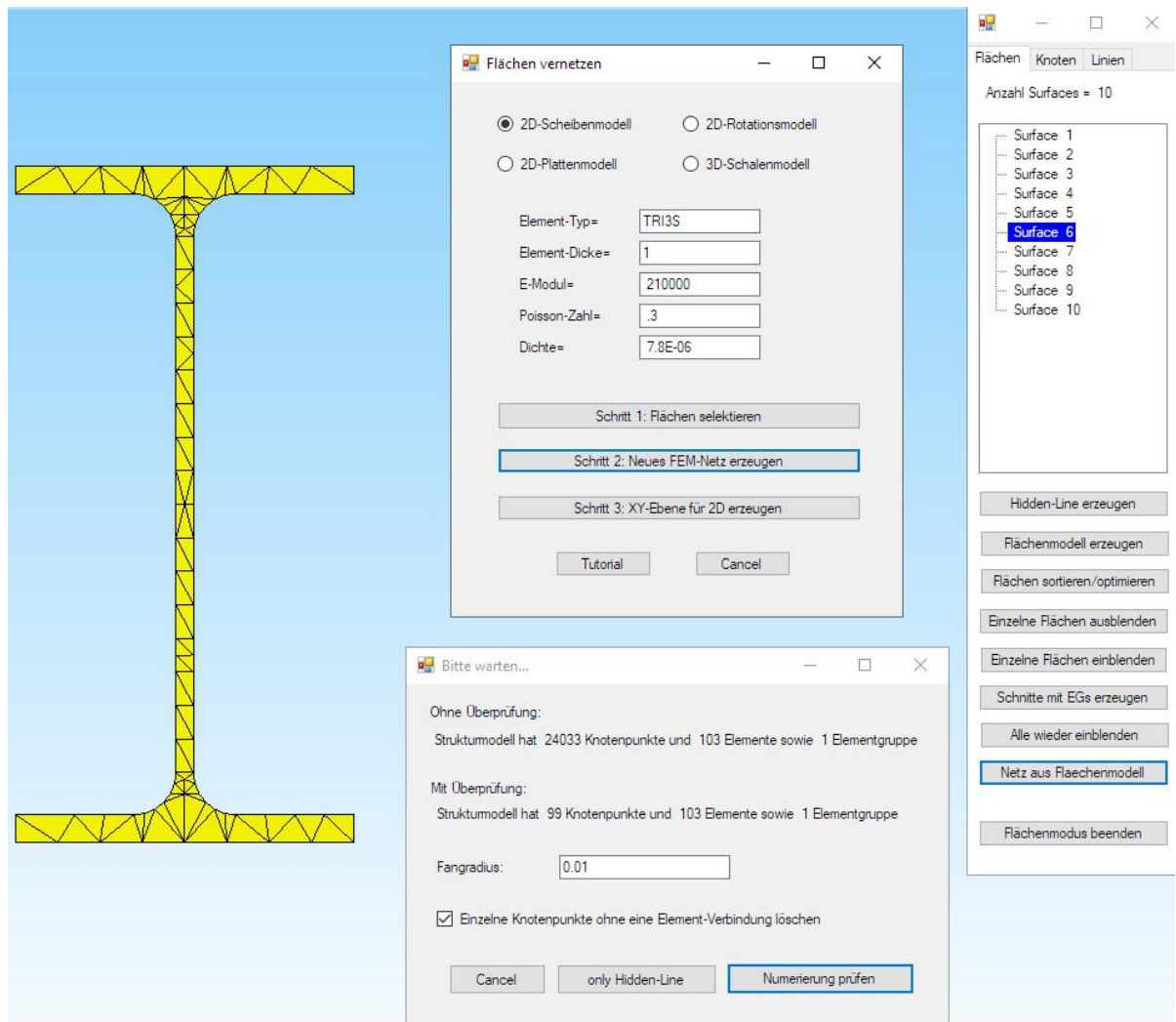


Pentaeder-Modell mit einer trapezförmiger Linienlast

Um ein Pentaeder-Modell zu erhalten wird einfach die Tetraeder-Profilfläche in Z-Richtung extrudiert.

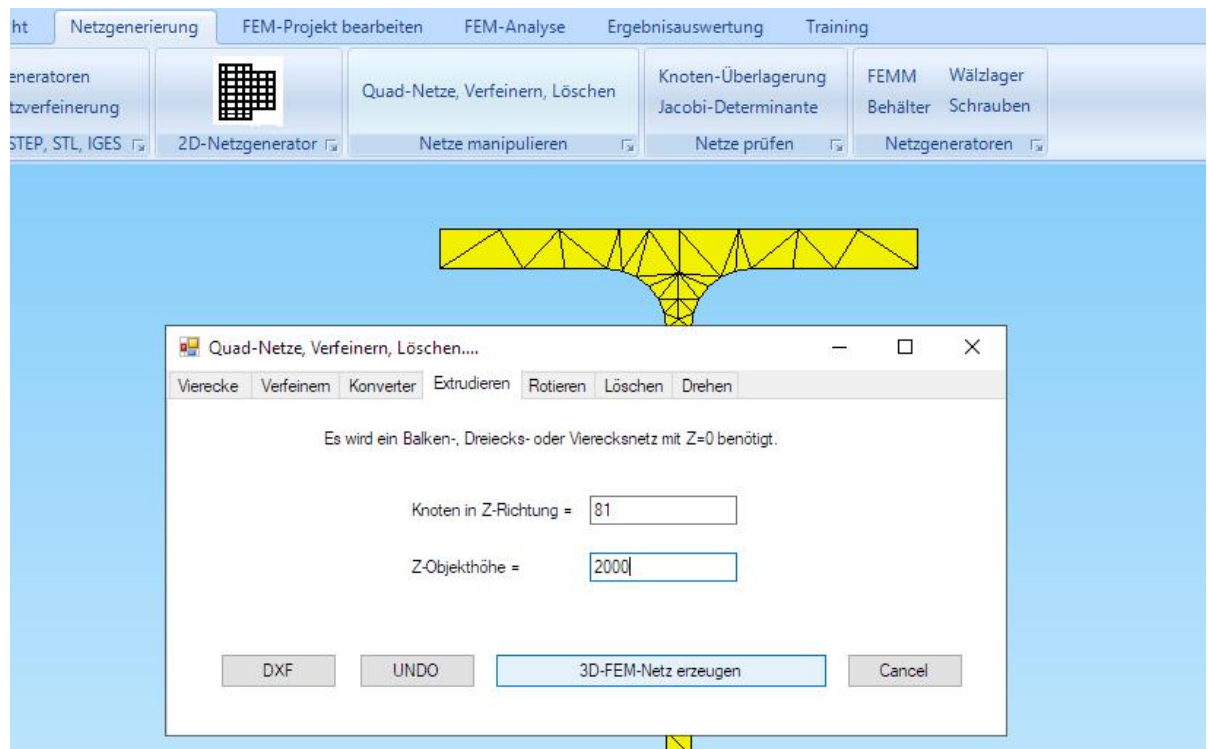
Dreiecksnetz aus Flächenmodell erzeugen

Wählen Sie im Flächen-Modus das Menü „Netz aus Flächenmodell“ und selektieren im ersten Schritt die Profilfläche. Im zweiten Schritt erzeugen Sie mit einer Knoten-Überprüfung und der Option „Einzelne Knotenpunkte ohne Element-Verbindung löschen“ das Dreiecksnetz mit 99 Knoten und 103 TRI3S-Elementen.

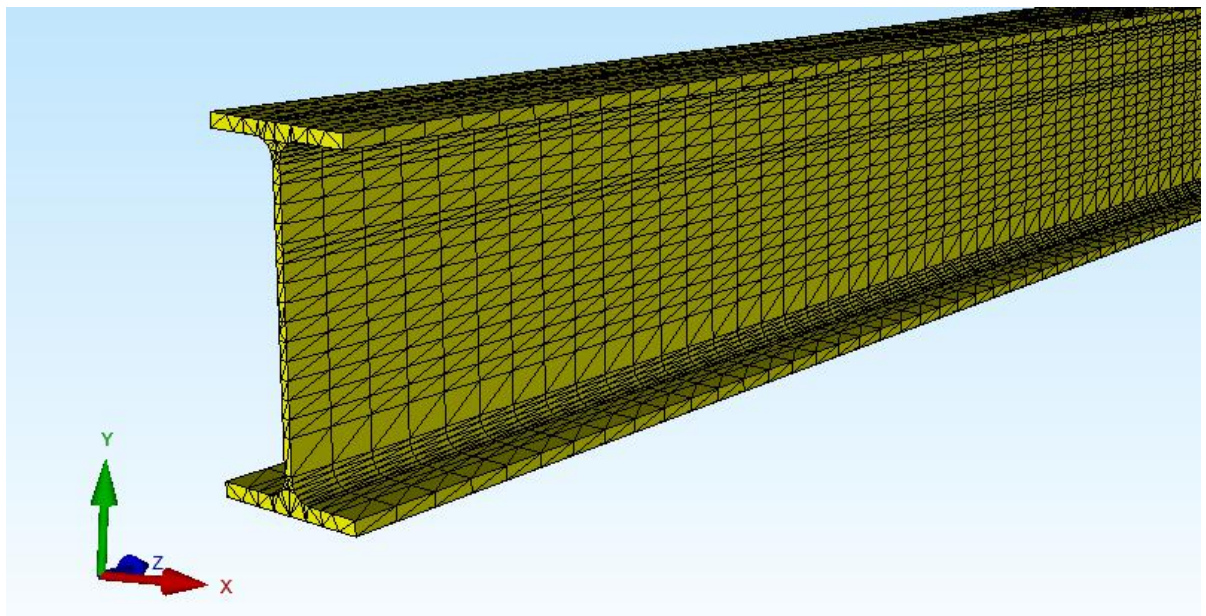


Extrudierung

Wählen Sie Register „Netzgenerierung“ und das Menü „Quad-Netze, Verfeinern...“ sowie in der nächsten Dialogbox das Register „Extrudieren“ und erzeugen mit einer Anzahl Knoten in Z-Richtung = 81 und einer Z-Objekthöhe = 2000 mm das Pentaeder-Netz.

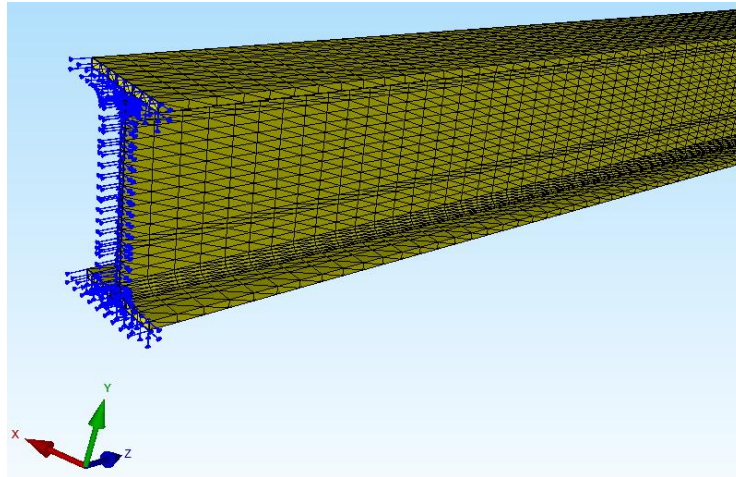


Wählen Sie Menü „3D-Netz erzeugen“ um das Pentaeder-Modell mit 8240 PEN6-Elementen und 8019 Knotenpunkten zu erzeugen.



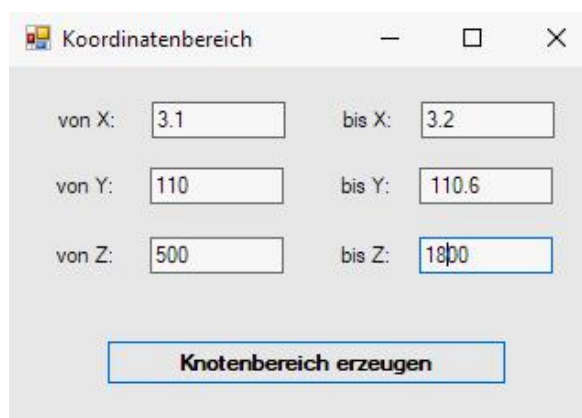
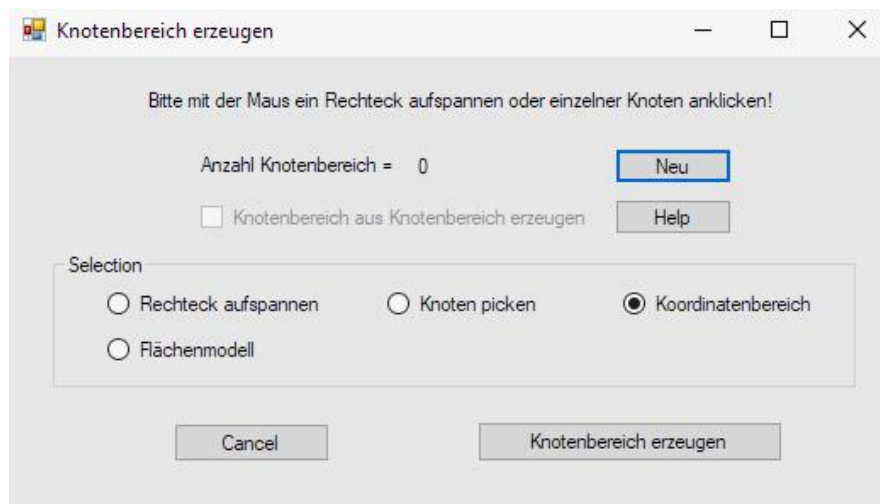
Einspannung

Mit Menü „Flächenmodell“ wird das Flächenmodell erzeugt und auf der linken Seite mit Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und „Randbedingungen“ eingespannt indem die Fläche 6 angeklickt und diese in der Selectbox mit „Erzeugen“ bestätigt wird.

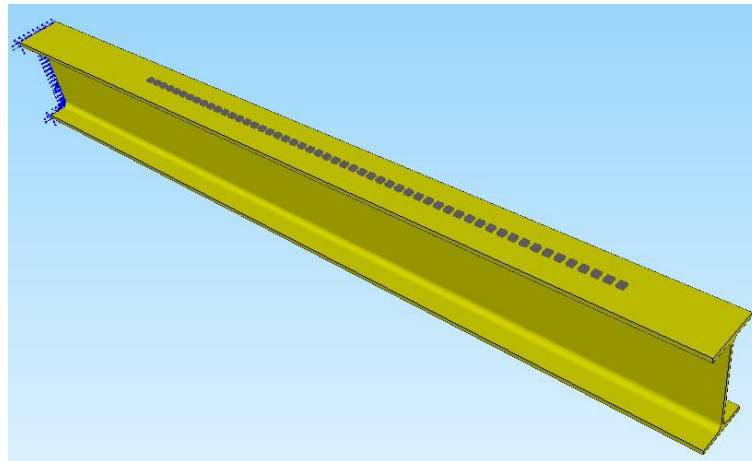


Knotenbereich für Linienlast erzeugen

Um eine trapezförmige Linienlast zu erzeugen muß zuerst im Knoten-Modus mit „Knotenbereich erzeugen“ „und Koordinatenbereich“ ein Bereich definiert werden:

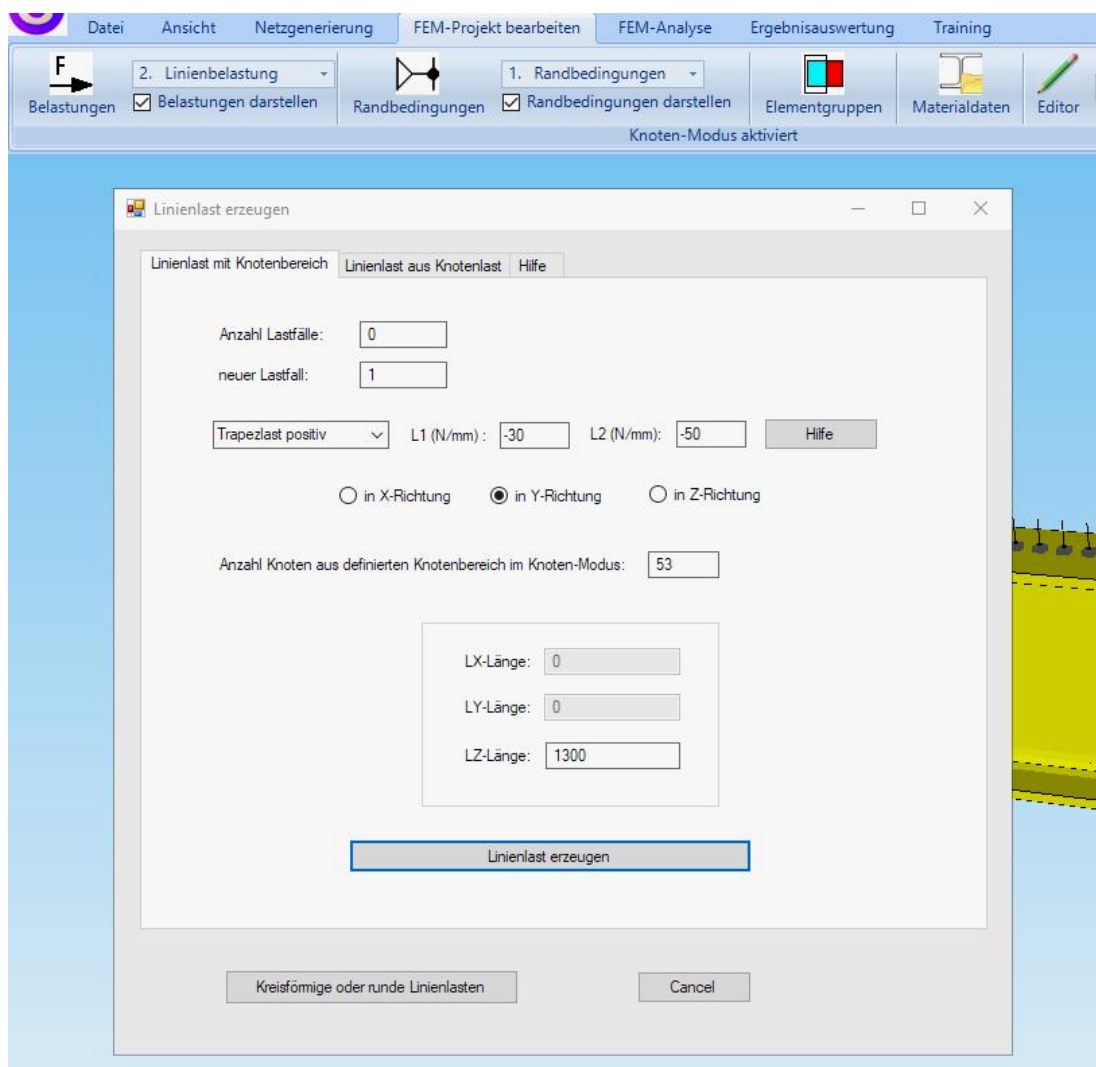


Es sollte nun folgende Linie mit 53 Knoten von 500 mm bis 1800 mm zu sehen sein:

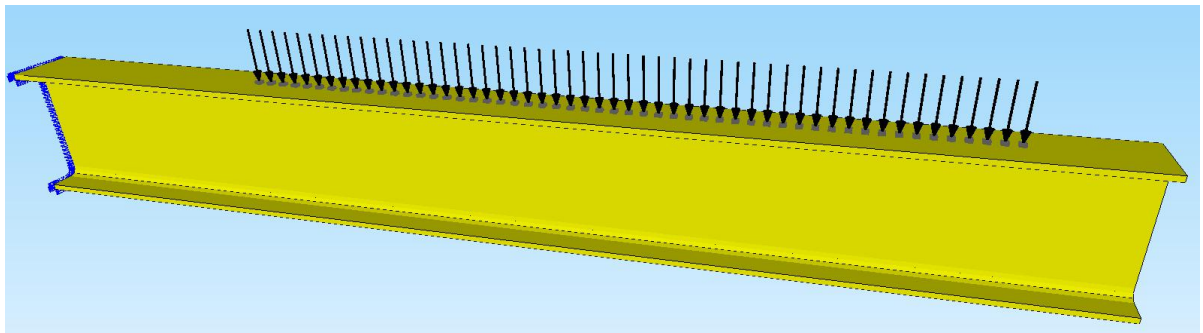


Trapezförmige Linienlast erzeugen

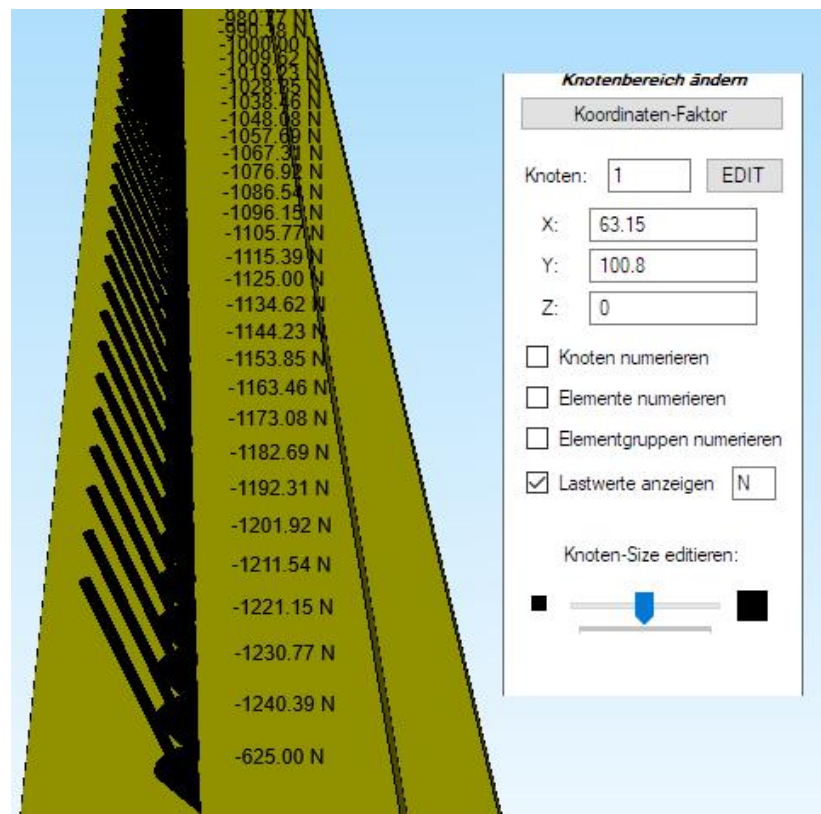
Wählen Sie Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und das Menü „Linienbelastung“ und wählen in der Dialogbox das Drop-Down-Menü „Trapezlast positiv“ um eine Last mit $L1 = -30 \text{ N/mm}$ und $L2 = -50 \text{ N/mm}$ an dem Knotenbereich zu erzeugen.



Dannach sollte folgende Knotenlast mit 53 Lastknoten zu sehen sein:



mit folgenden Lastwerten:



Materialdaten

Da der Werkstoff Stahl mit einem E-Modul von $210\,000\text{ N/mm}^2$ immer voreingestellt ist werden keine Materialdaten benötigt.

FEM-Analyse

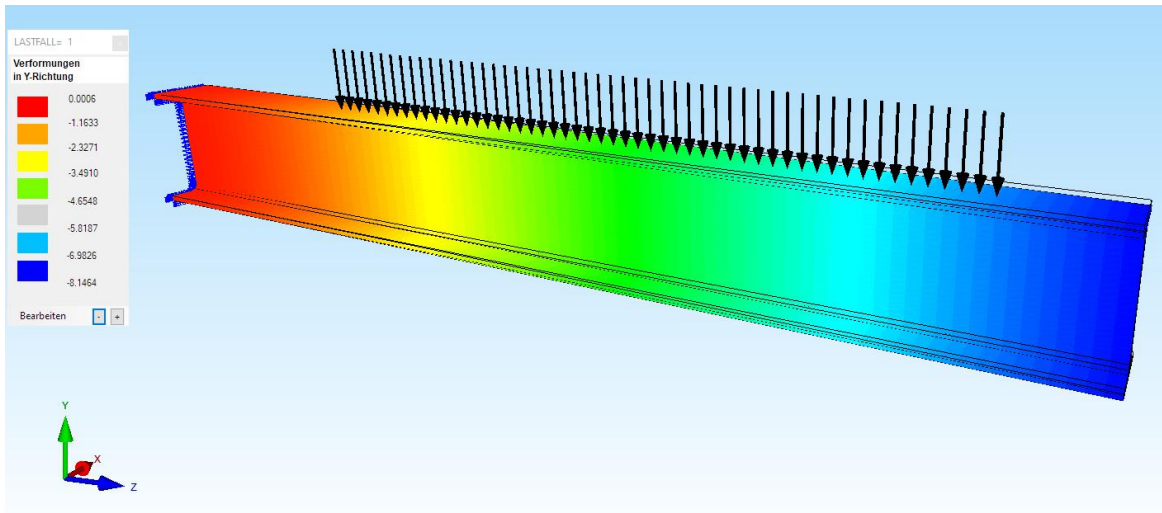
Speichern Sie zuerst das FEM-Modell unter einem beliebigen Namen auf der Festplatten ab und wählen Register „FEM-Analyse“ und führen mit dem Quick-Solver eine Statik-Analyse durch.

Ergebnisauswertung

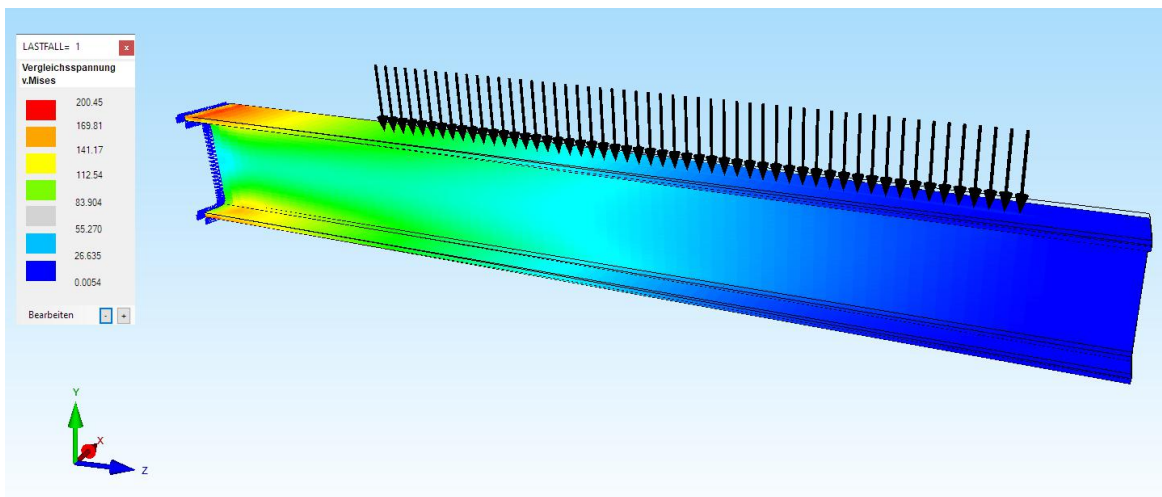


Nach der FEM-Analyse können mit Register „Ergebnisauswertung“ und Icon die Verformungen und Knotenspannungen ausgewertet werden.

Max. Verformungen in Y-Richtung = -8.14 mm (exakt = -8.19 mm)



Max. v.Mises-Vergleichsspannung = 200.4 N/mm² (exakt = 204 N/mm²)



Summe der Auflagerkräfte = 52000.05 N (exakt = 52 kN)

