

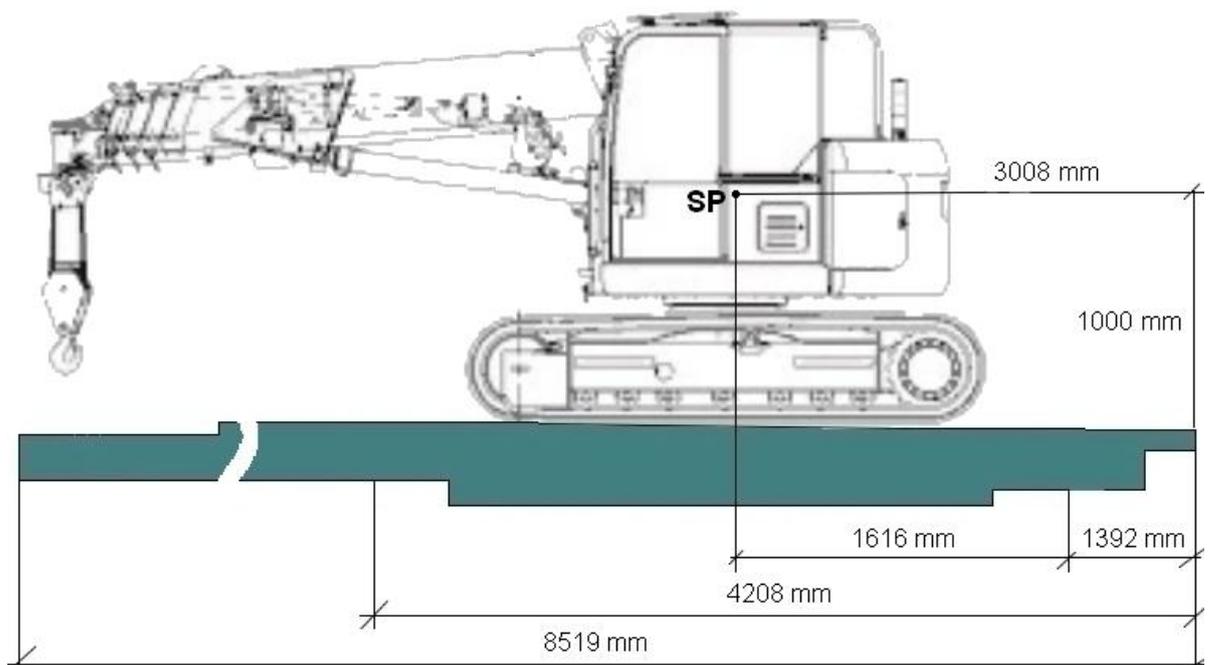
Kapitel 29: Schwerlast-Anhänger mit einer Gewichts- und Massenträgheitskraft

Ein Bagger mit 15t Eigengewicht wird mit einem Schwerlast-Anhänger transportiert. Wie hoch sind die Verformungen und Spannungen bei einer Vollbremsung an den Querträgern aus S355 Baustahl.

15t-Bagger mit Schwerlast-Anhänger

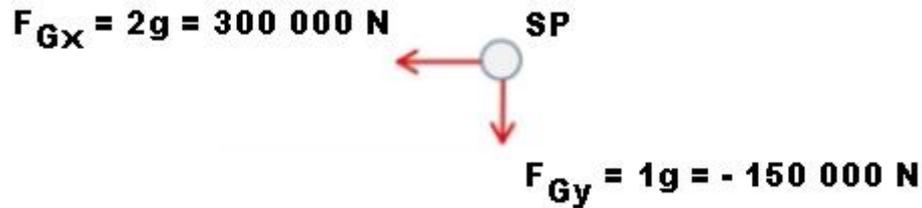


Maße für den Schwerpunkt SP und für das Mittelteil



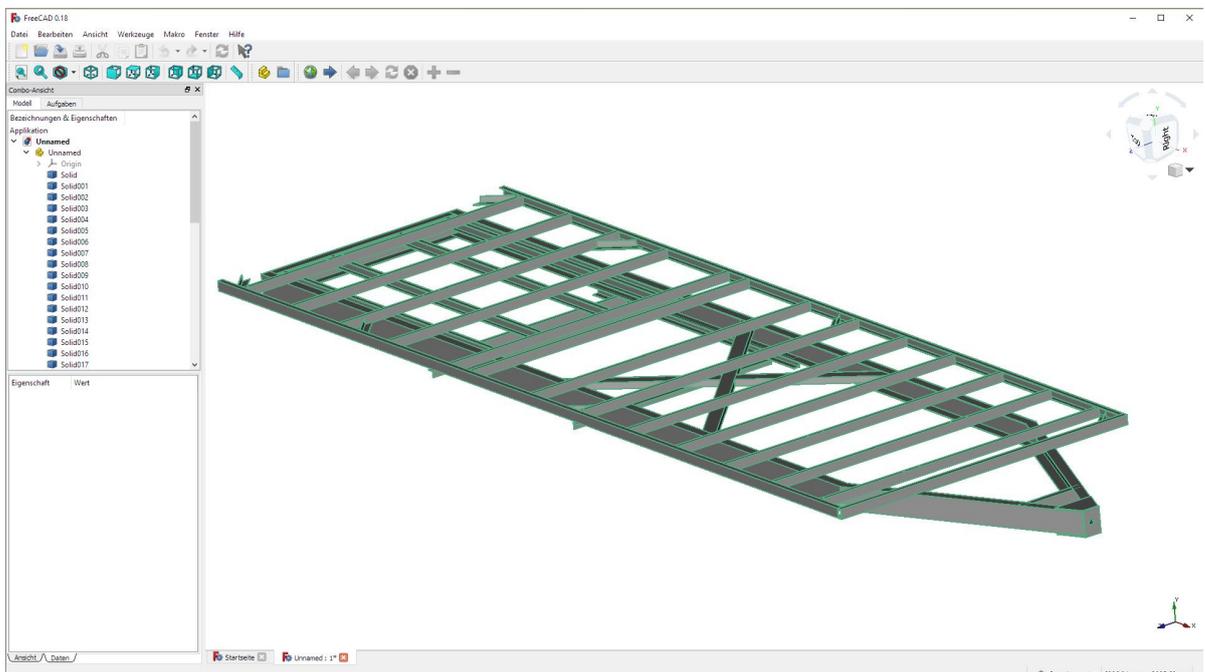
Belastungen

Vollbremsung in Fahrtrichtung bei einer Massenträgheitskraft nach vorne von 2g und einer Gewichtskraft nach unten von 1g.

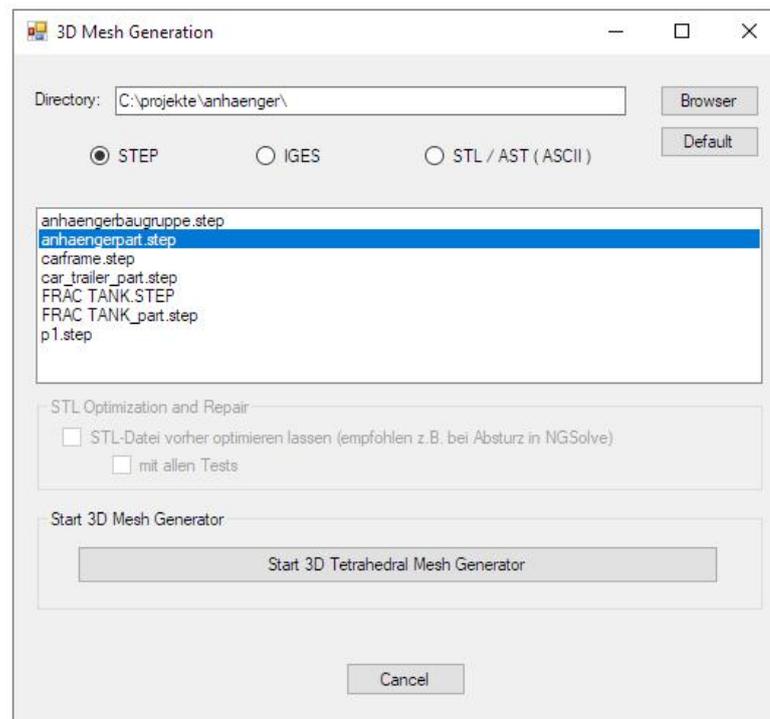
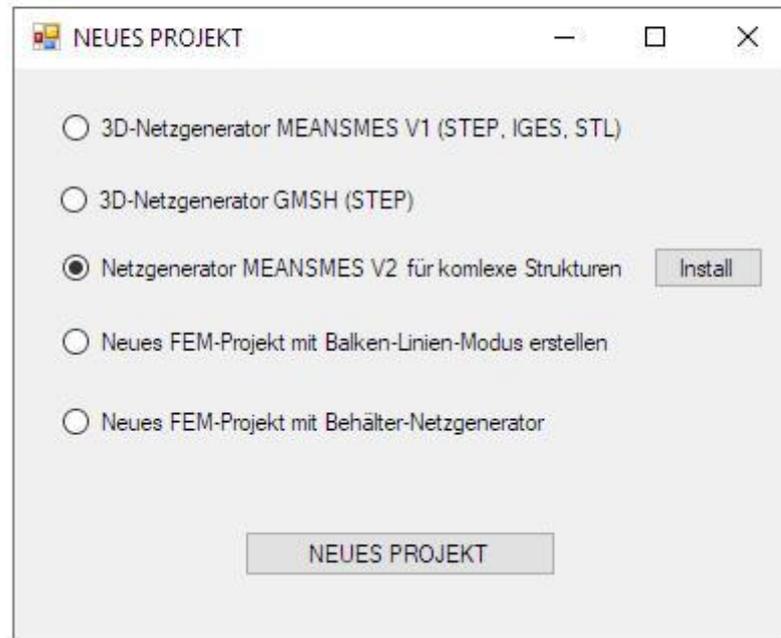


FEM-Netzgenerierung

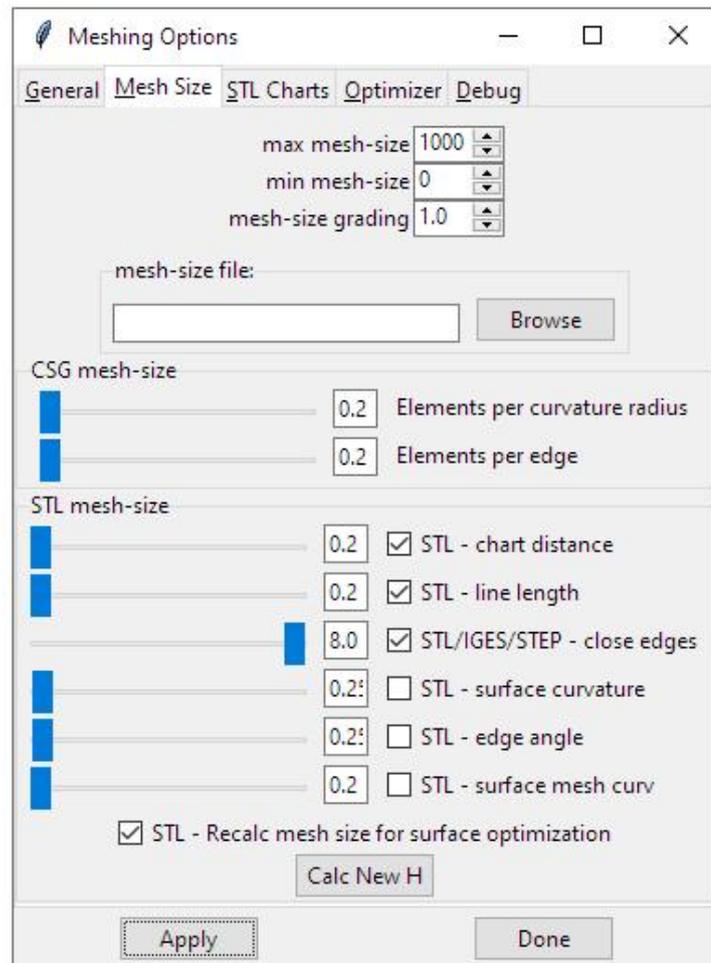
Es wird zuerst die CAD-Baugruppe in ein Part umgewandelt da nur ein Teil und keine Baugruppe vernetzt werden kann und exportieren es im STEP-Format.



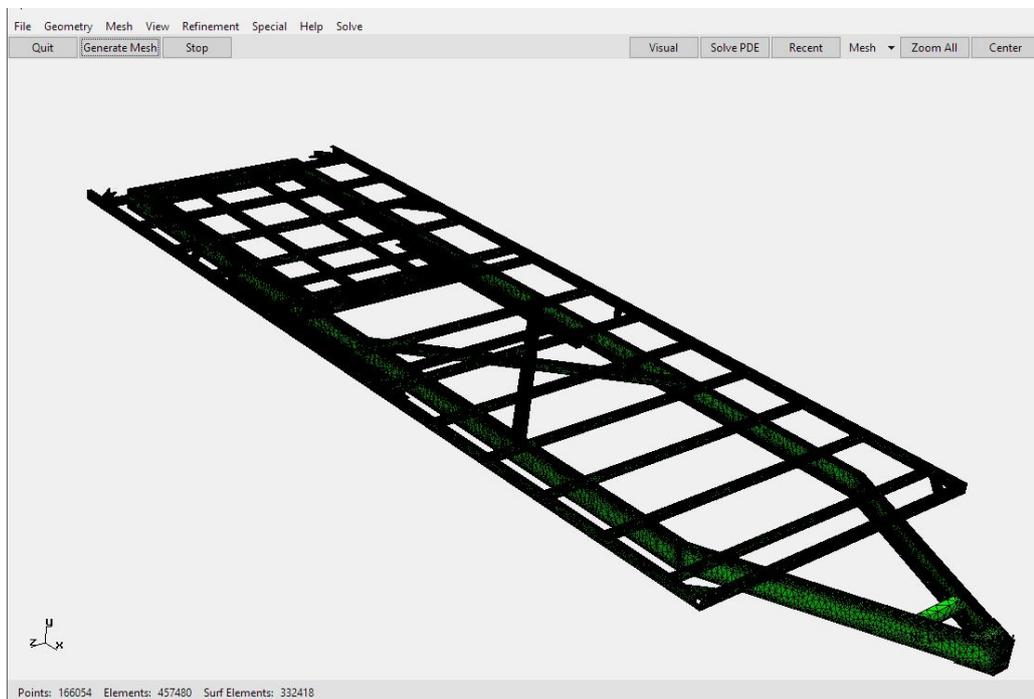
Starten Sie MEANS V12 über das Desktop-Icon und wählen „Neu“ um mit dem ab dem 1.8.2022 zur Verfügung stehenden 3D-Netzgenerator „MEANSMES V2 für komplexe Strukturen“ und selektieren die gewünschte STEP-Datei.



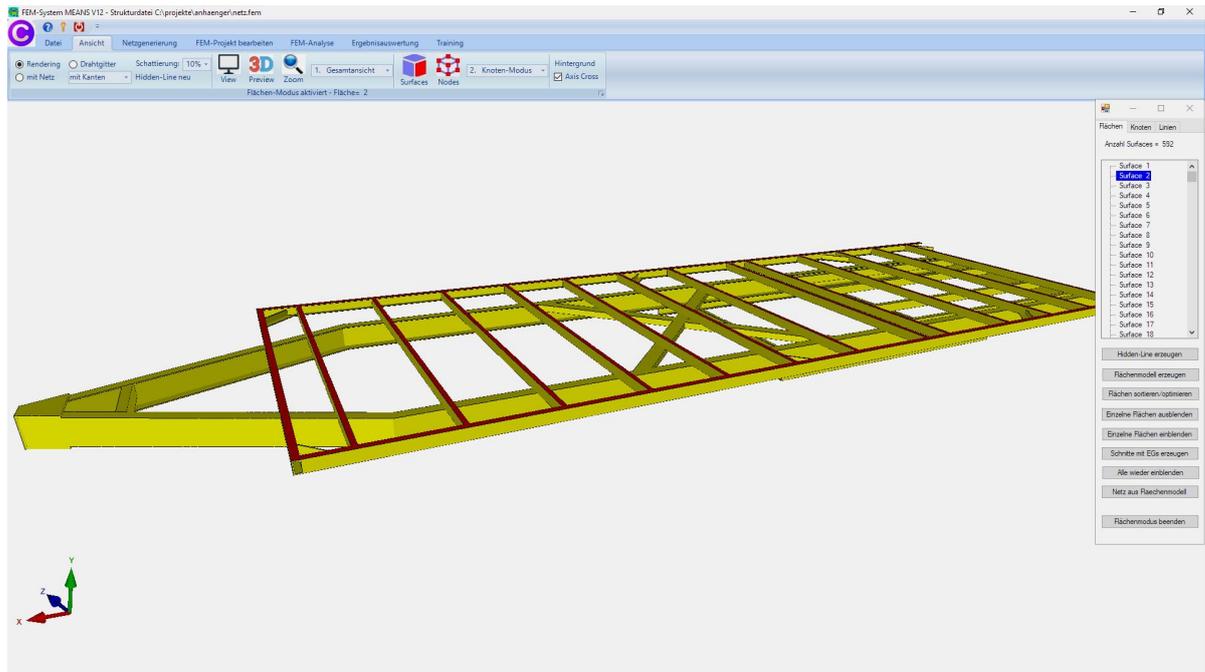
Wählen Sie Menü „Netzgenerator mit CAD-File starten“ um das STEP-Modell im 3D-Netzgenerator in einem neuen Windows-Fenster darzustellen. Da der Anhänger aus sehr dünnen U-Profilen besteht und ein moderates FEM-Netz aus ca. 450 000 Tetraedern generiert werden soll, muß zuerst mit Menü Mesh/Meshing-Options folgendes Setting eingestellt werden:



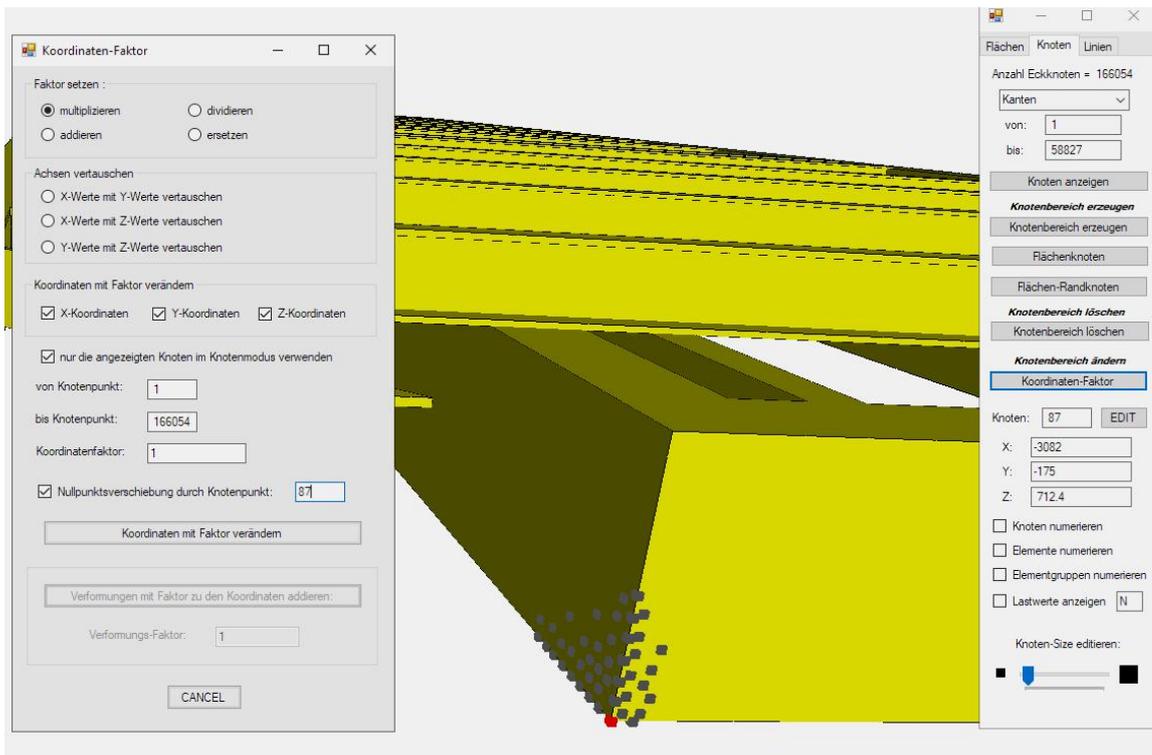
Wählen Sie „Generate Mesh“ um ein FEM-Netz aus 166 054 Knotenpunkten und 457400 Tetraedern zu generieren.



Exportieren Sie das FEM-Netz entweder im Neutral Format mit *.FEM oder im Abaqus Format mit *.INP. Danach wieder in MEANS V12 wechseln und mit Menü „Einladen“ dieses FEM-Netz einladen. Das Flächenmodell wird erst später für das Mittelteil benötigt.



Damit die Maße auf Seite 1 übernommen werden können muß mit dem Icon aus Register Ansicht zuerst ein Knotenbereich der unteren rechten Ecke erzeugt werden um den Eckknoten 87 ablesen zu können, dann mit Menü „Koordinaten-Faktor“ eine Nullpunktverschiebung durchführen.

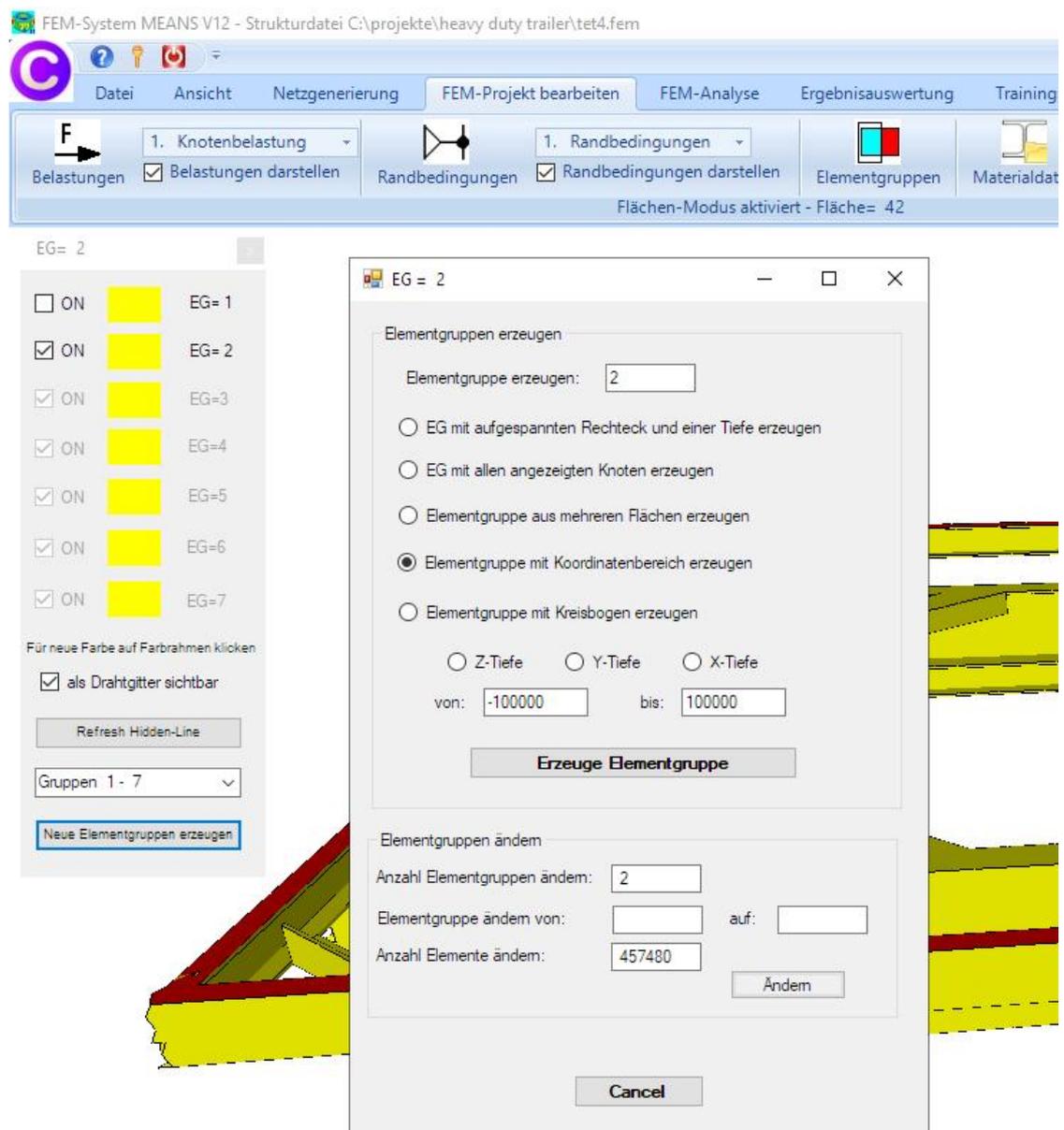


MEANS-Version

Für den Anwender mit einer MEANS-LITE-Version bis 400 000 Knotenpunkten und Elementen ist dieses Modell leider zu gross. Er müßte im CAD versuchen den Anhänger an nicht relevanten Teilen zu dezimieren oder auf eine höhere MEANS-Version wie MEANS DESIGN bis 999 000 Knotenpunkten und Elementen oder MEANS HIGH END mit unbegrenzten Knotenpunkten und Elementen zu wechseln.

Elementgruppe 2 erzeugen

Es wird jetzt nur der am stärksten belastete Mittelteil von $X= 1392$ mm bis $X= 4208$ mm bearbeitet. Dazu wird vom Mittelteil die Elementgruppe 2 erzeugt und der Rest des Anhängers wird ausgeblendet. Wählen Sie das Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und Menü „Elementgruppen“ und erzeugen die Elementgruppe 2 über einen Koordinatenbereich zu erzeugen



Definieren Sie den Koordinatenbereich mit folgenden Grenzen zuzüglich Toleranz:

Koordinatenbereich

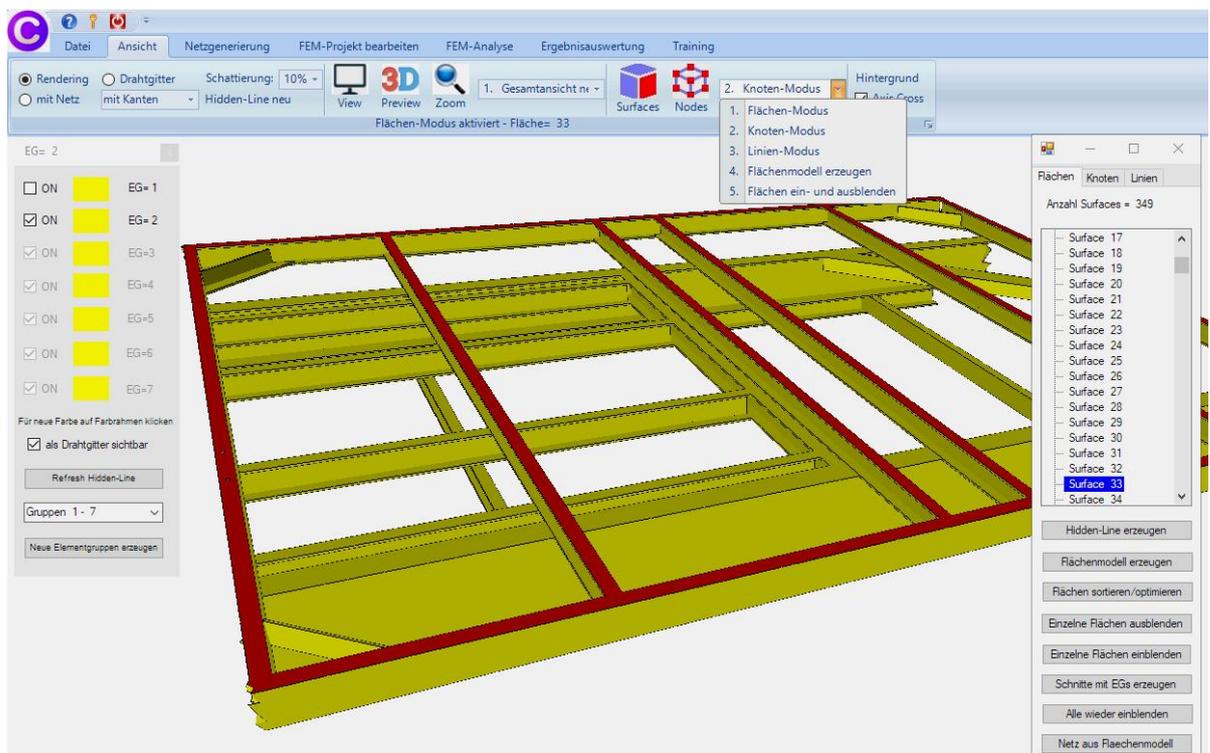
von X: 1391.5 bis X: 4208.5

von Y: -75.5 bis Y: 244

von Z: -398 bis Z: 2123

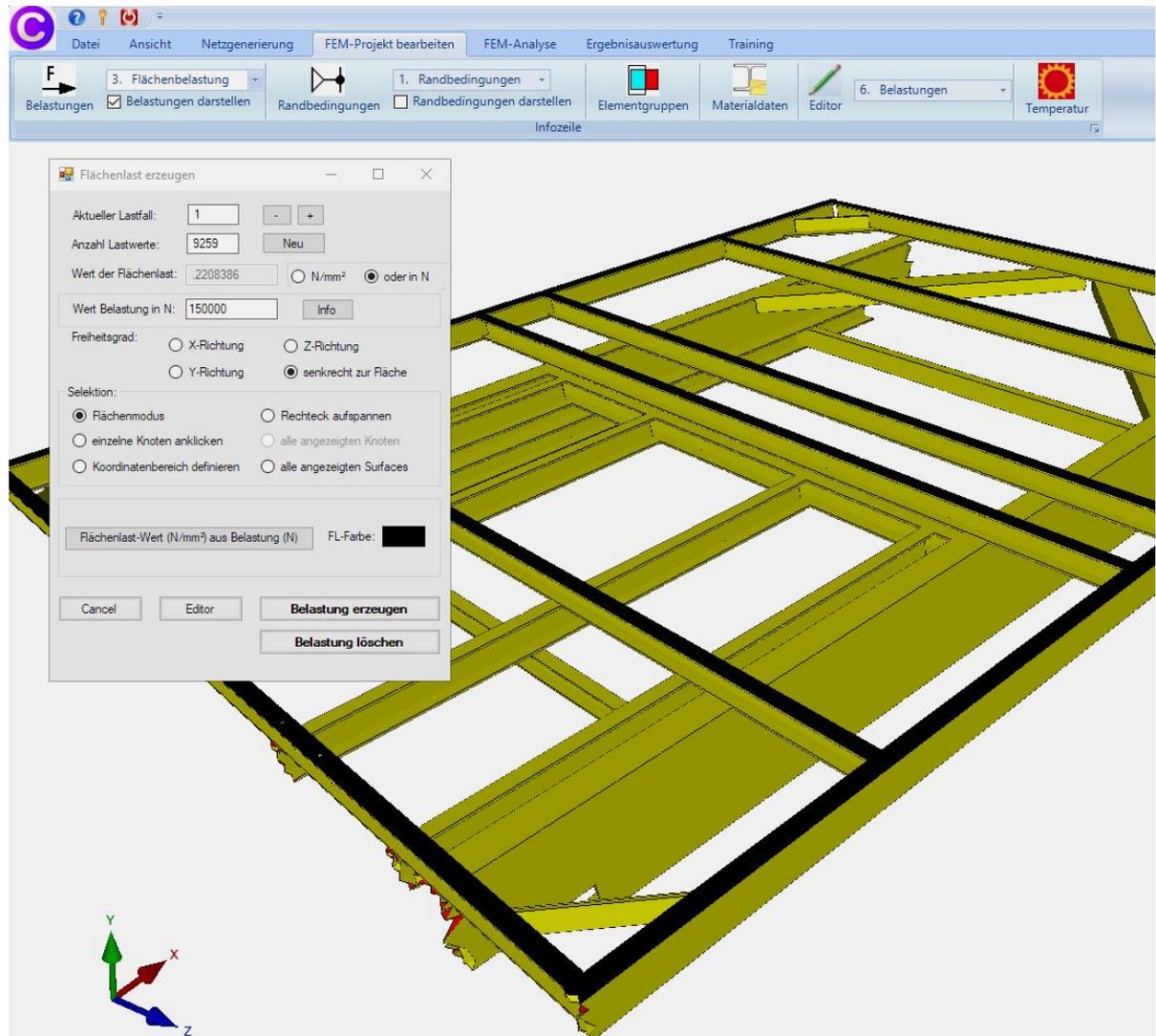
Knotenbereich erzeugen

Anschließend blenden Sie zuerst Elementgruppe 1 aus und erzeugen das Flächenmodell der Elementgruppe 2 mit Register „Ansicht“ und Flächen-Modus.



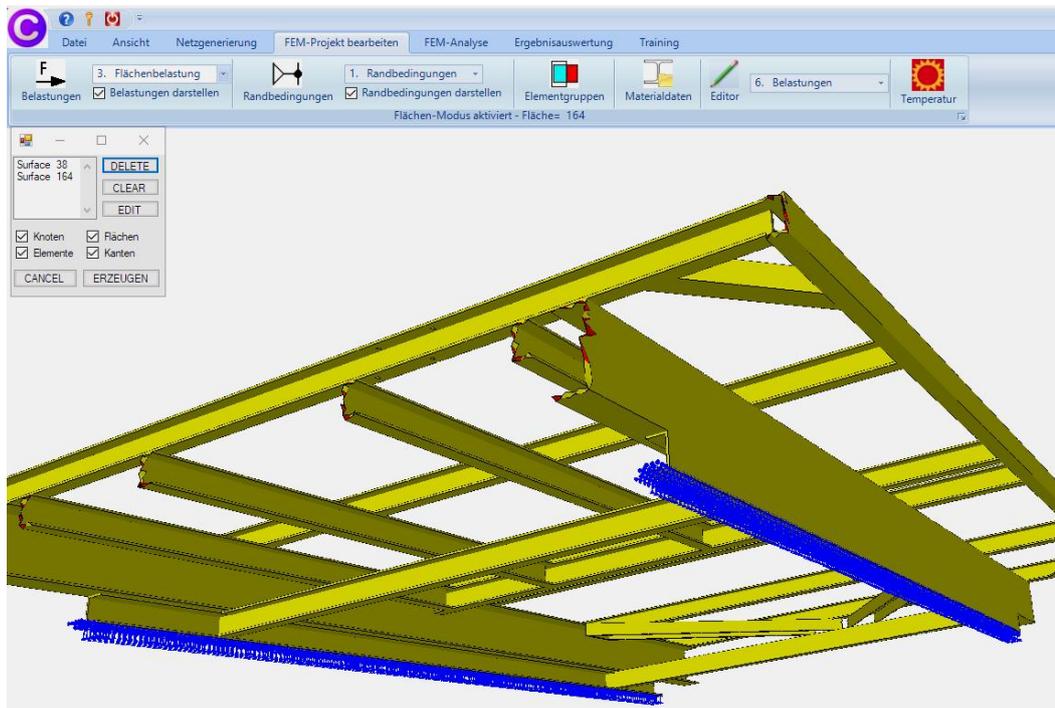
Flächenlast erzeugen

Die Gewichtslast von 15t kann als Flächenlast erzeugt werden. Wählen Sie das Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und „Flächenbelastung“ und geben den Wert der Belastung mit „150000“ N ein und wählen Menü „Belastung erzeugen“ und klicken auf die Surface 33.



Einspannung erzeugen

Der Anhänger ist an den unteren Flächen fest eingespannt. Wählen Sie Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und erzeugen die Einspannung an Surface 38 und 64.

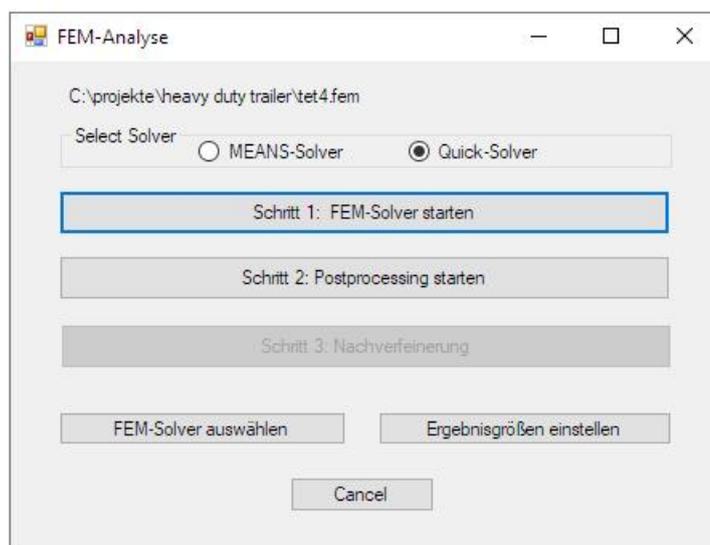


Materialdaten

Der Werkstoff Stahl S355 ist mit einem E-Modul von 210 000 N/mm² und einer Poisson-Zahl von 0.3 wie auch alle anderen Stahl-Sorten immer voreingestellt.

FEM-Analyse

Nach Abspeicherung des FEM-Modells unter einem beliebigen Namen wählen Sie das Register „FEM-Analyse“ und Menü „Statik“ um mit dem Quick-Solver die Verformungen und Spannungen zu berechnen.



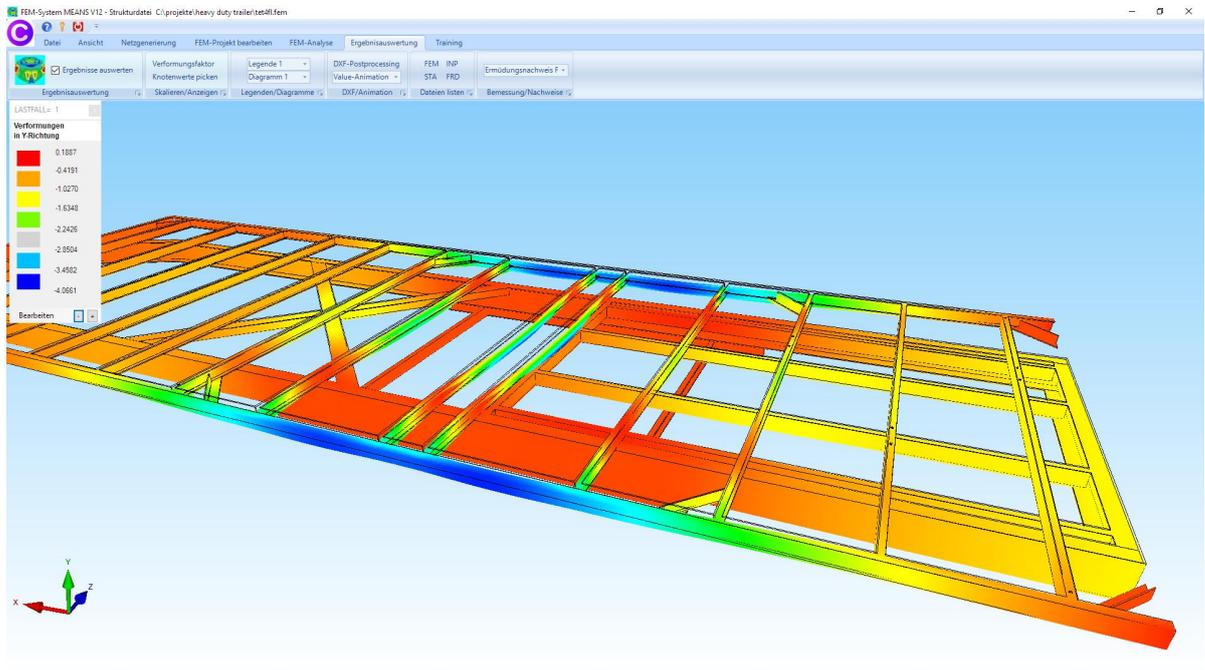
Ergebnisauswertung



Mit Register „Ergebnisauswertung“ und dem Icon werden die Verformungen und die Spannungen grafisch ausgewertet.

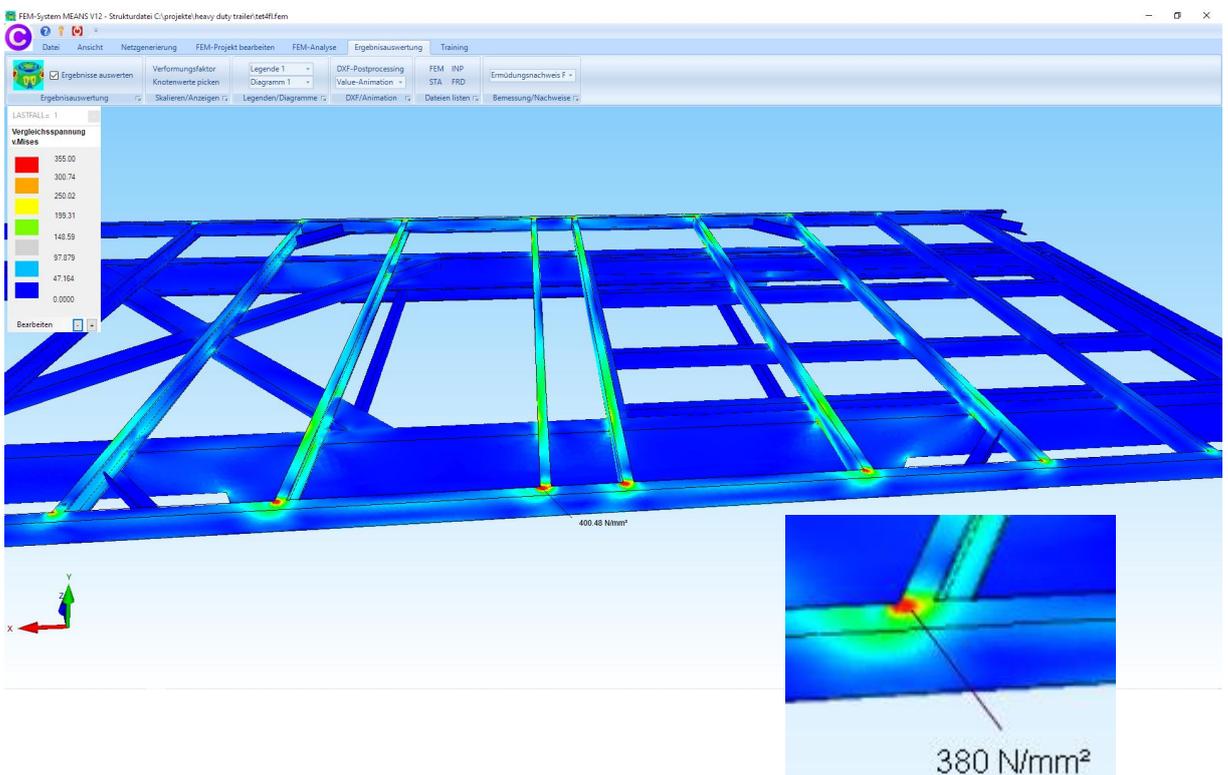
Verformungen

Die max. Verformungen in Y-Richtung betragen -4.06 mm



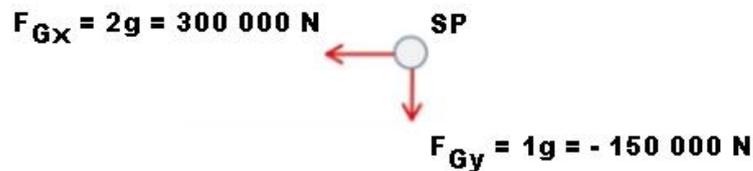
v.Mises-Vergleichsspannungen

Die max. v.Mises-Spannungen liegen bei 380 N/mm^2 an den Schweißübergängen. Die Spannungen dort werden aber durch die realen Schweißraupen niedriger, weil mehr Querschnitt als hier vorhanden ist. Der Baustahl S355 ist also noch zulässig.

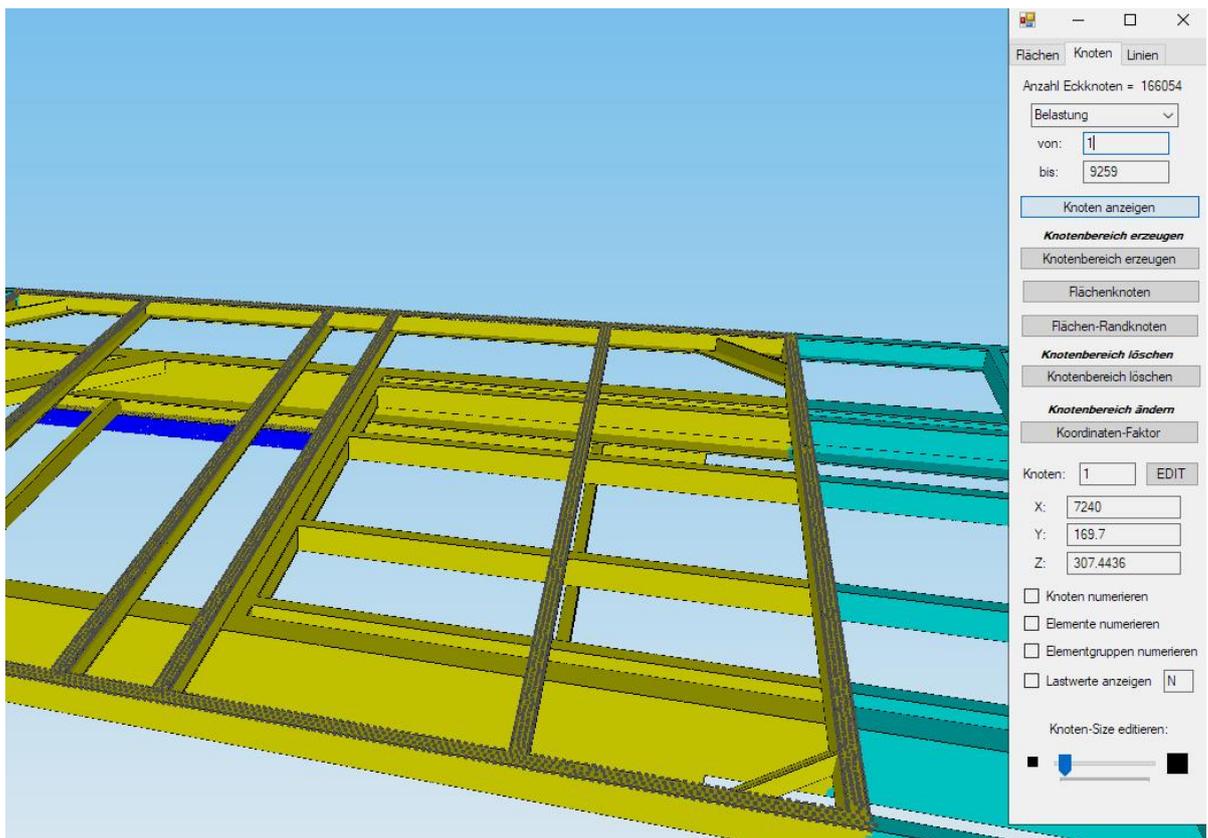


Massenträgheitskräfte erzeugen

Die Massenträgheitskräfte greifen im Schwerpunkt SP an und müssen über MPC-Elemente gleichmäßig auf das Mittelteil des Anhängers projiziert werden. Die Y-Massenträgheitskräfte nach unten betragen 1g mit $F_{Gy} = -150\,000\text{ N}$ und die X-Massenträgheitskräfte nach vorne betragen 2g mit $F_{Gx} = 300\,000\text{ N}$.



Zuerst wird der Knotenbereich der Flächenlast mit Register „Ansicht“ und Menü „Knoten-Modus“ sowie Seitenmenüs „Belastung“ und „Knoten anzeigen“ dargestellt.

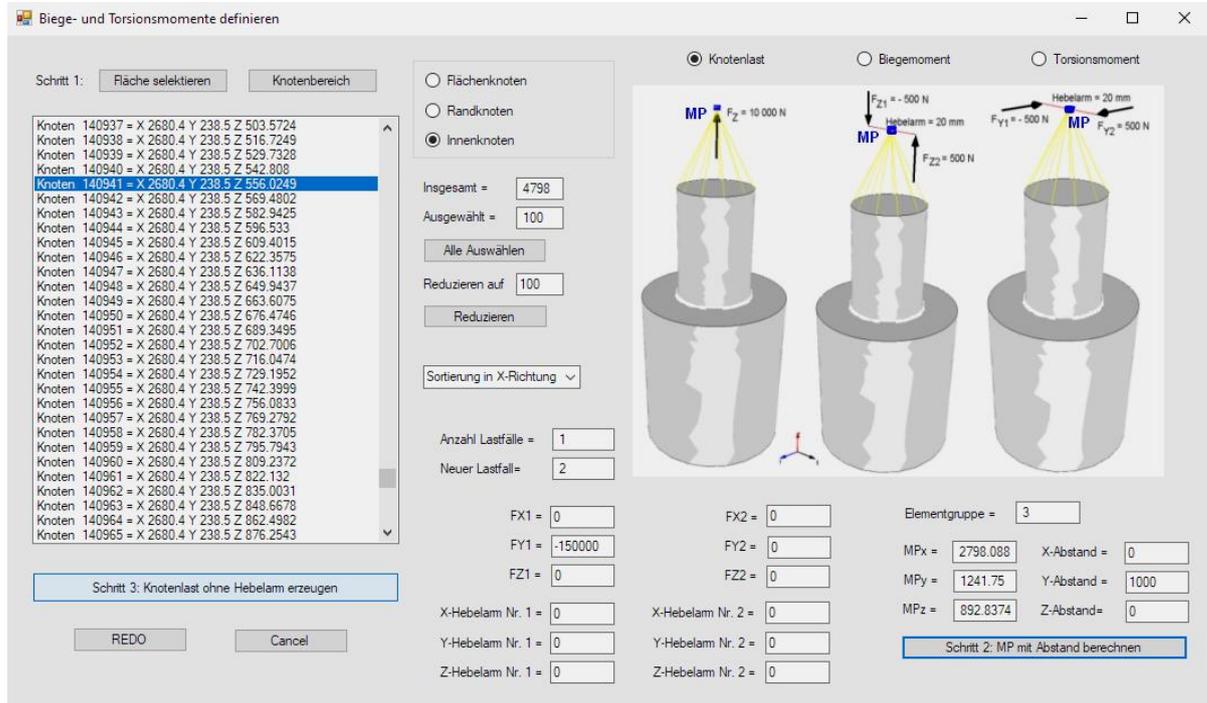


Mit Register „FEM-Projekt bearbeiten“ sowie „Biege- und Torsionsmoment“

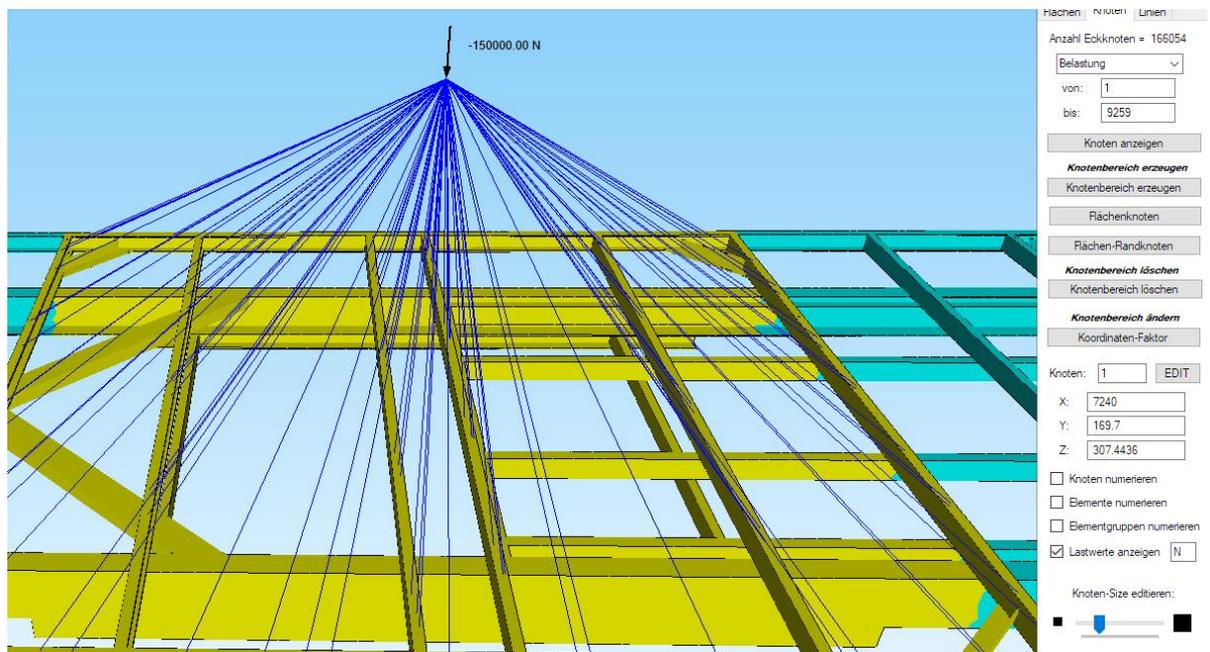


werden alle Knoten des Knotenbereiches aufgelistet. Mit „Innenknoten“ werden nur die 4798 Innenknoten dargestellt. Anschließend muß mit Menü „Reduzieren“ die Innenknoten auf 100 Knoten reduziert werden da immer nur 100 Knoten mit einem MP-Knotenpunkt im FEM-Solver berechnet werden können.

Geben Sie eine „Knotenlast“ in Y-Richtung von „-150000 N“ und einen MP-Abstand in Y-Richtung = 1000 mm ein und wählen Menü „Schritt 2 MP- und Abstand berechnen“ sowie Menü „Schritt 3 - Knotenlast ohne Hebelarm erzeugen“.



Es wird eine Knotenlast von -150000 N am MP-Knotenpunkt erzeugt die mit den 100 selektierten Knotenpunkten über MPC-Elemente verbunden ist.



Die MPC-Elemente können aber auch im Linien-Modus einzeln erzeugt werden indem man die 100 Knotenpunkte über Linien mit dem MP-Knotenpunkt verbindet.

Wiederholen Sie die Eingabe und erzeugen mit einem zweiten MP-Knotenpunkt an gleicher Stelle den Lastfall 2 mit einer Knotenlast von „300 000 N“ in X-Richtung und führen eine FEM-Analyse mit dem Quick-Solver durch.

Als Ergebnis erhält man Lastfall 2 mit den überlagerten Lastfällen 1+2 mit folgender v.Mises-Spannungsverteilung:

