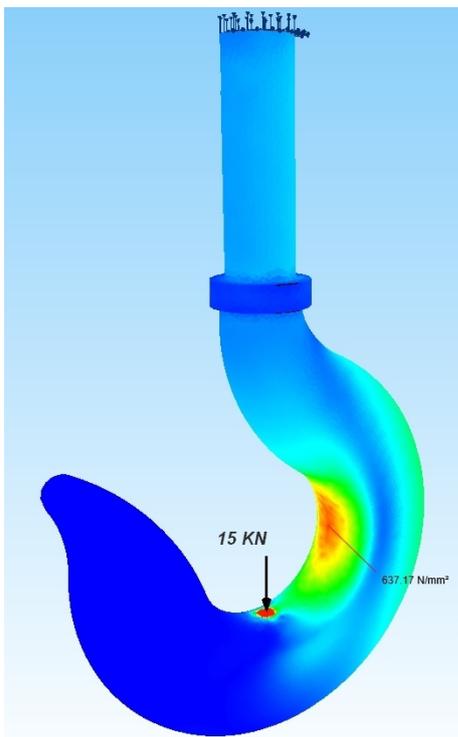


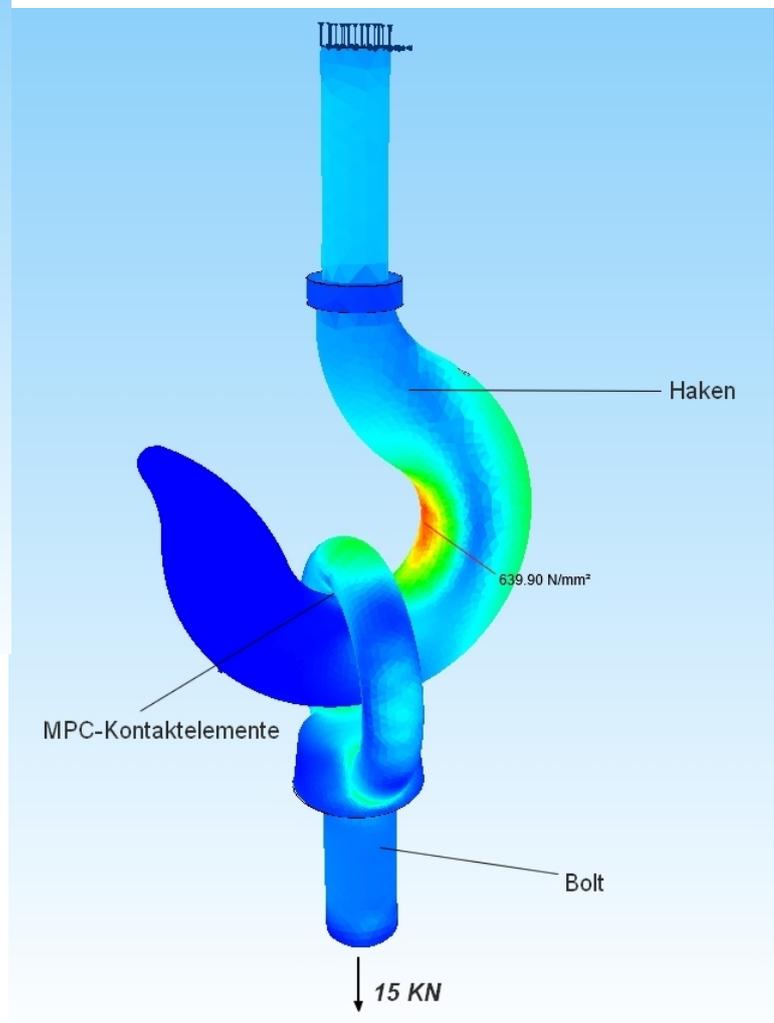
FEM-System *MEANS V12*

FEM-Berechnung eines Kranhakens als Einzelteil und als Baugruppe

Kranhaken mit
MEANS-LITE



Kranhaken-Baugruppe mit
MEANS HIGH-END



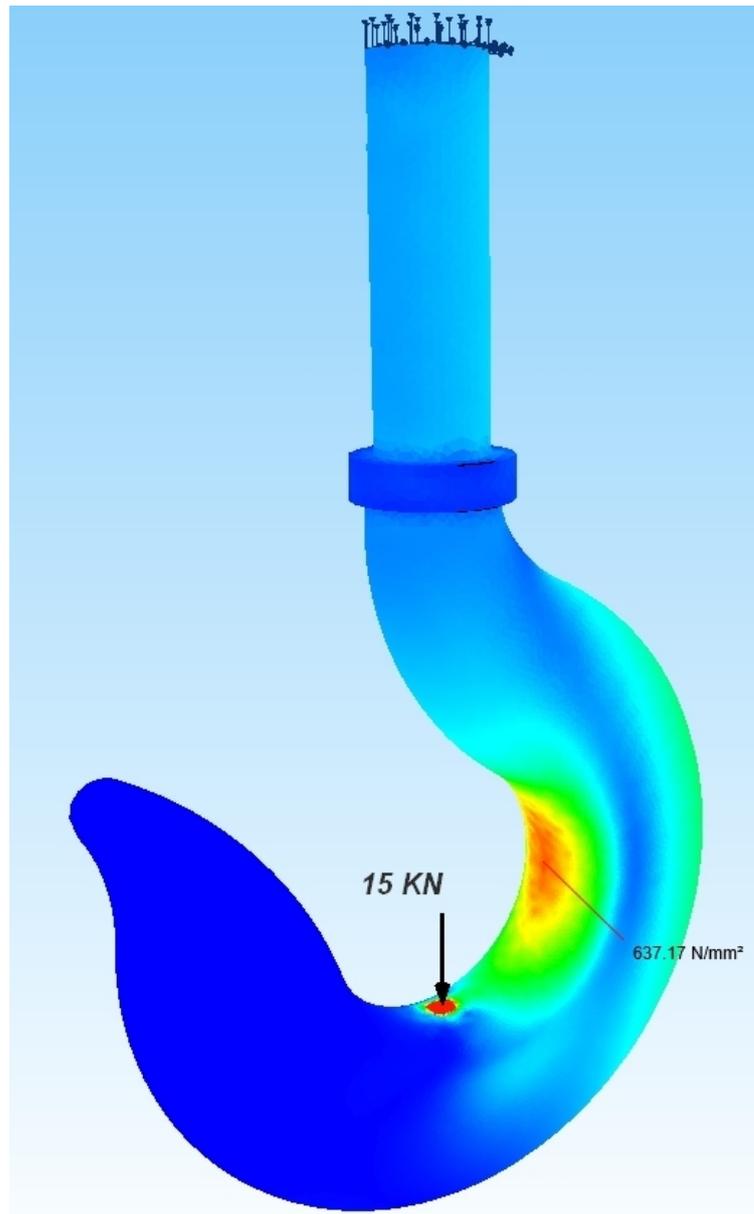
(C) 2020 by
Ing.Büro HTA-Software
Germany-Rheinau

www.femcad.de

www.fem-infos.com

Kapitel 18: Kranhaken mit MEANS-LITE und Kranhaken-Baugruppe mit MEANS HIGH-END

Kranhaken-Einzelteil: Der Kranhaken wird als Einzelteil mit einer Knotenbelastung von 15 kN belastet. Das FEM-Modell besteht aus ca. 99 214 Tetraeder-Elementen und kann somit mit der kostengünstigen Einstiegsversion **MEANS-LITE** das auf max. 100 000 Elemente und Knoten begrenzt ist, berechnet werden.



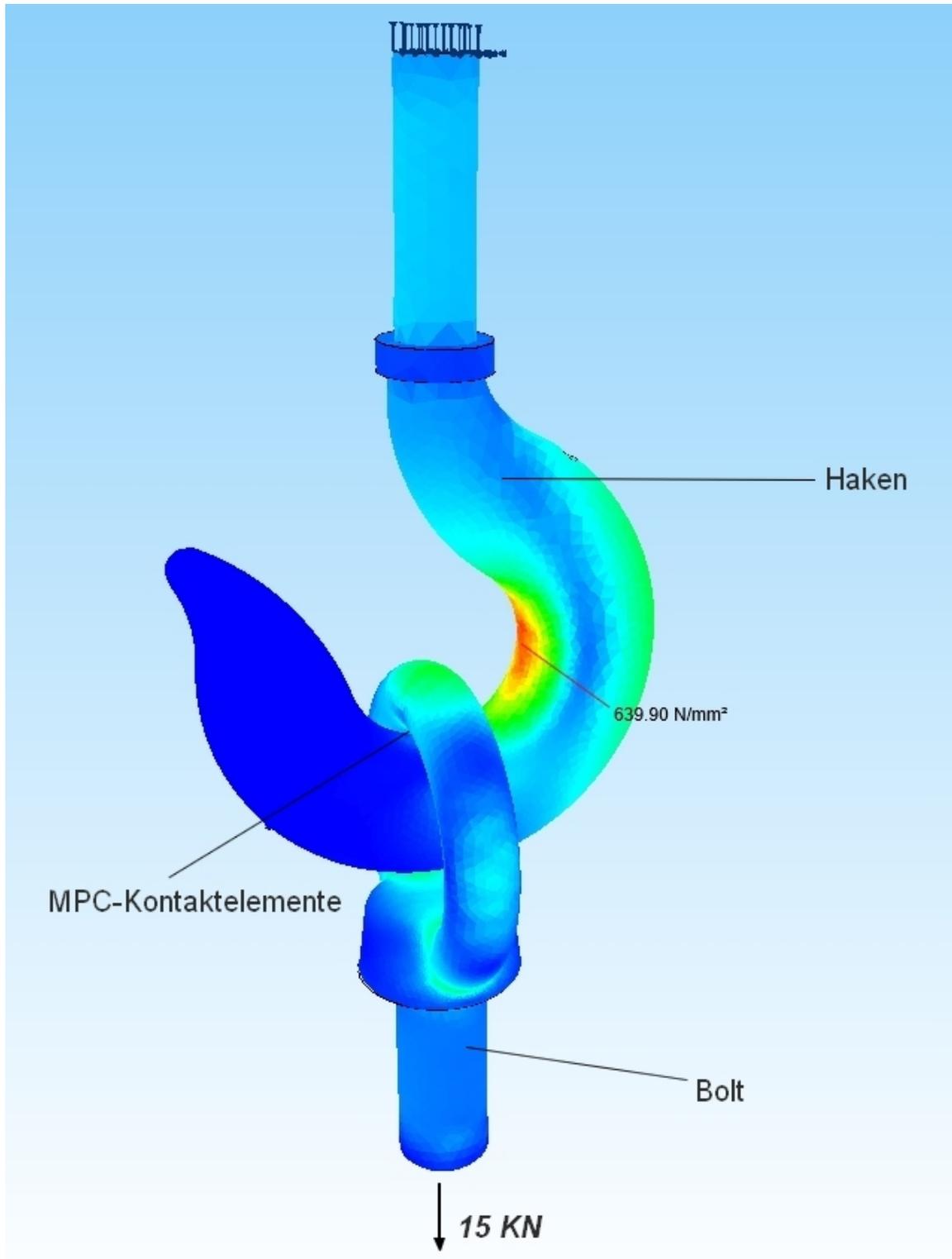
Werkstoffkennwerte:

Der Kranhaken ist aus dem gehärteten Vergütungsstahl 42CrMo4 mit folgenden Werkstoffkennwerten gefertigt, die auch im Programm voreingestellt sind:

Zugfestigkeit $R_m = 1100 \text{ MPa}$
E-Modul $E = 210\,000 \text{ MPa}$

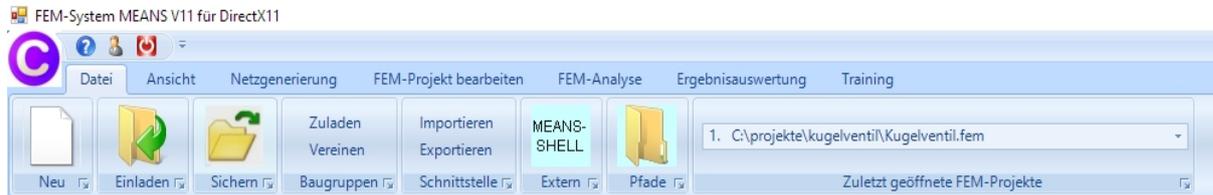
Streckgrenze $R_e = 900 \text{ MPa}$
Poisson-Zahl = 0.3

Kranhaken-Baugruppe: Die Baugruppe besteht aus Haken und Bolt und wird mit einer Gewicht-Flächenlast am Bolt-Ende mit 15 kN belastet. Die Baugruppe wird mit einer Kontaktanalyse berechnet und besteht aus ca. 130 000 TET4-Elementen und ca. 450 MPC-Elementen und kann entweder mit **MEANS-DESIGN** bis 200 000 Elementen oder mit **MEANS HIGH-END** bis ca. 10 Mill. Elementen und Zusatzmodul **CONTACT** berechnet werden.

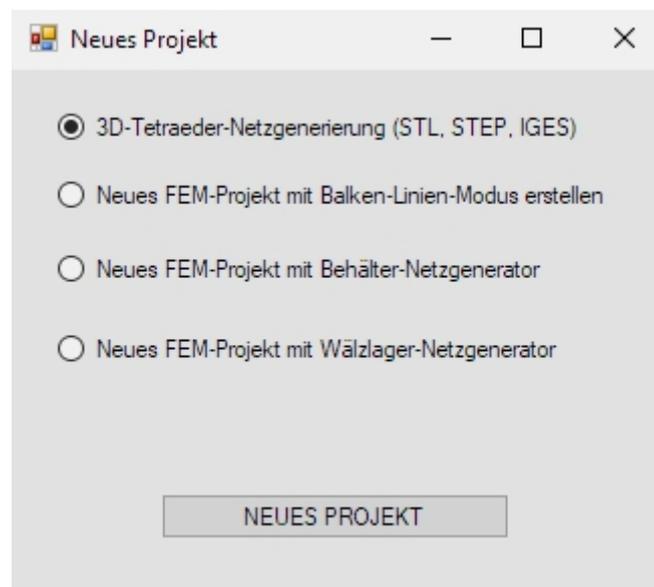


Kranhaken mit MEANS-LITE

Es wird zuerst aus dem Kranhaken-CAD-Modell ein FEM-Netz mit ca. 99000 Tetraeder-Elementen generiert und über die Export-Schnittstelle in die kostengünstige Einstiegsversion MEANS-LITE das bis 150 000 Elementen und Knoten begrenzt ist, eingeladen.



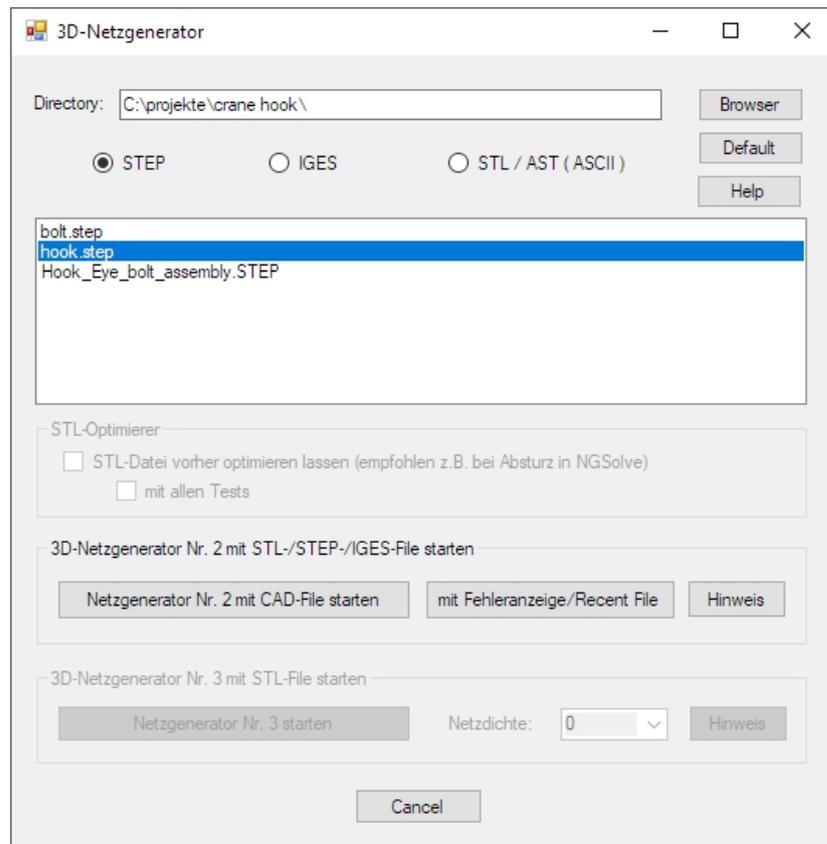
Wählen Sie die Registerkarte „Datei“ und wählen „Neu“ um ein neues FEM-Projekt zu erstellen.



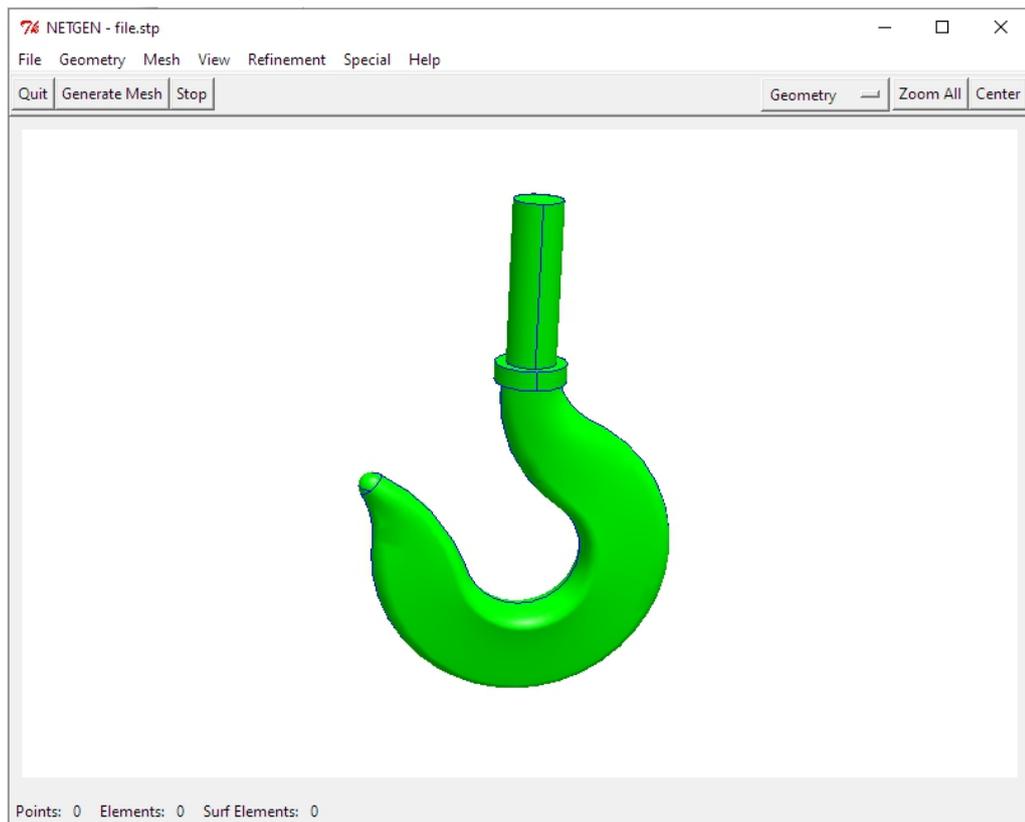
Wählen Sie „3D-Tetraeder-Netzgenerierung (STL, STEP, IGES)“ für folgende Formate:

- STL** das 3D-Modell besteht aus einer Dreiecks-Außenhülle für die 3D-Netzgenerierung, dieses Format kann auch mit MEANS importiert und exportiert werden. Vor der Netzgenerierung kann es auch mit Repair-Funktionen optimiert werden.
- STEP** das 3D-Modell besteht aus Solid-Volumenelementen und ist heute das Standard-Format, beachten Sie daß keine Baugruppen sondern nur einzelne Parts vernetzt werden können. Baugruppen können aber mit fast jedem 3D-CAD-System über die “Boolschen Operationen” oder “abgeleitete Komponenten” zu einem Part vereint werden.
- IGES** wie STEP-Format aber ist nicht mehr so verbreitet

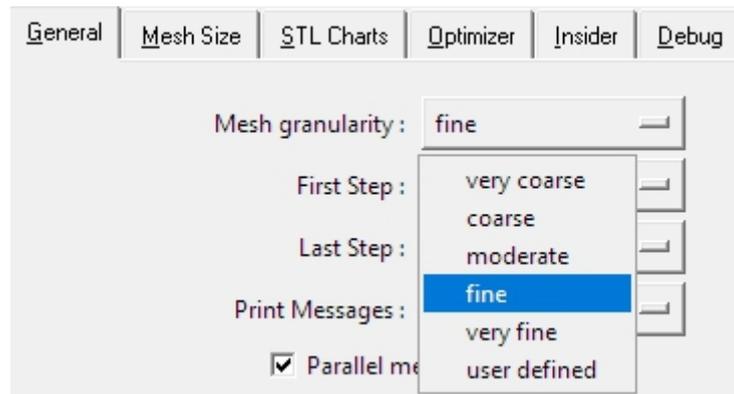
Selektieren Sie mit dem Button „Browser“ die STEP-Datei „hook.step“ und klicken auf „Netzgenerator Nr. 2 mit CAD-File starten“ um es im Netzgenerator darzustellen.



Das Modell ist jetzt im Netzgenerator zu sehen und kann beliebig gedreht werden.

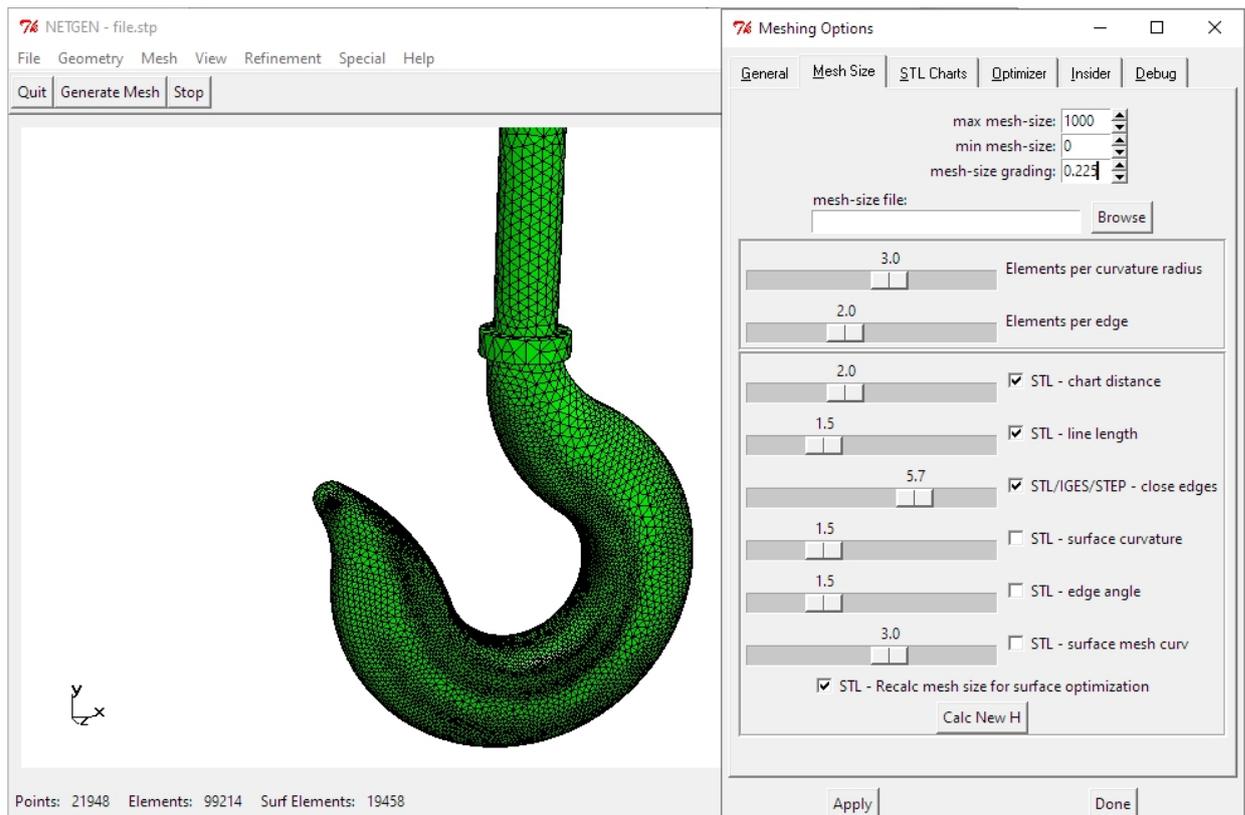


Wählen Sie zuerst das Menü „Mesh“ und das Register “General” und wählen die Netzdichte “fine” aus.



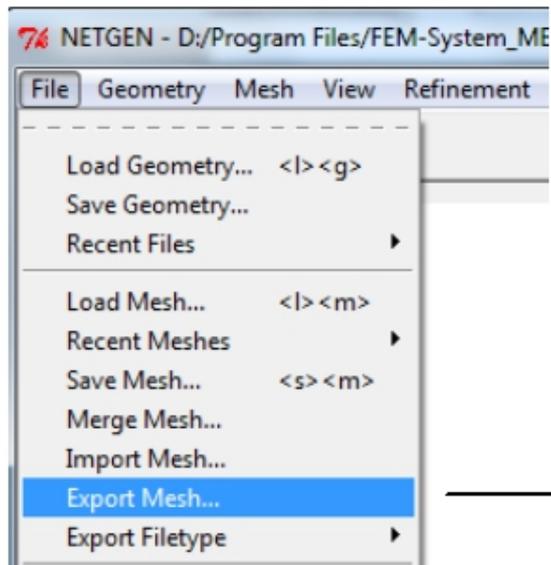
Mesh-Size-Grading

Dannach wählen Sie das Register “Mesh Size” und generieren mit dem Parameter **mesh-size-grading = 0.225** und Hauptmenü „Generate Mesh“ ein FEM-Netz mit 99214 Tetraeder-Elementen sodaß die Anzahl der Elemente unter der MEANS-Lite-Grenze von 150 000 Elementen liegt.



Netz exportieren

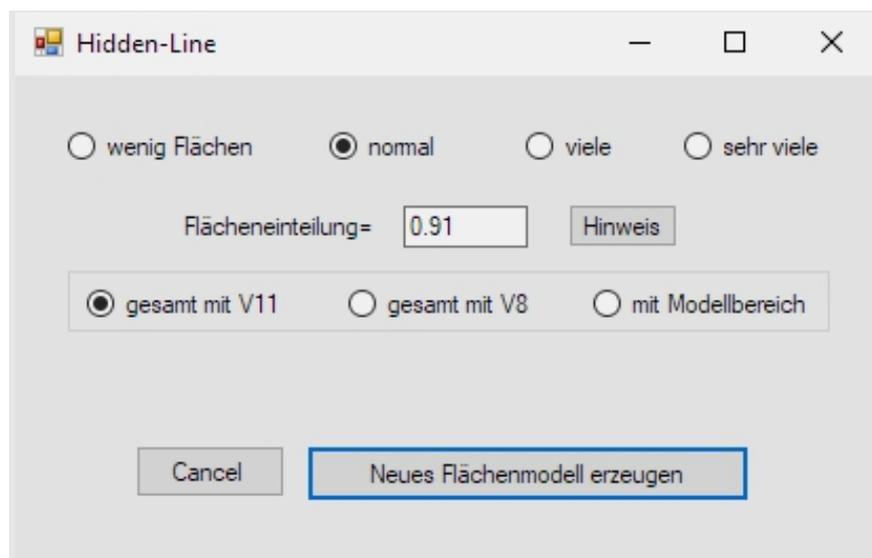
Nach der Netzgenerierung muß das FEM-Netz mit Namen „test.fem“ nach MEANS V11 exportiert werden. Wählen Sie das Menü „File“ und „Export Mesh“ und speichern das Netz „test.fem“ in den vorgegeben Debug-Mesh-Pfad.



hier mit Namen **test.fem**
das generierte Netz in das
Debug/Mesh-Verzeichnis
abspeichern

Flächenmodell erzeugen

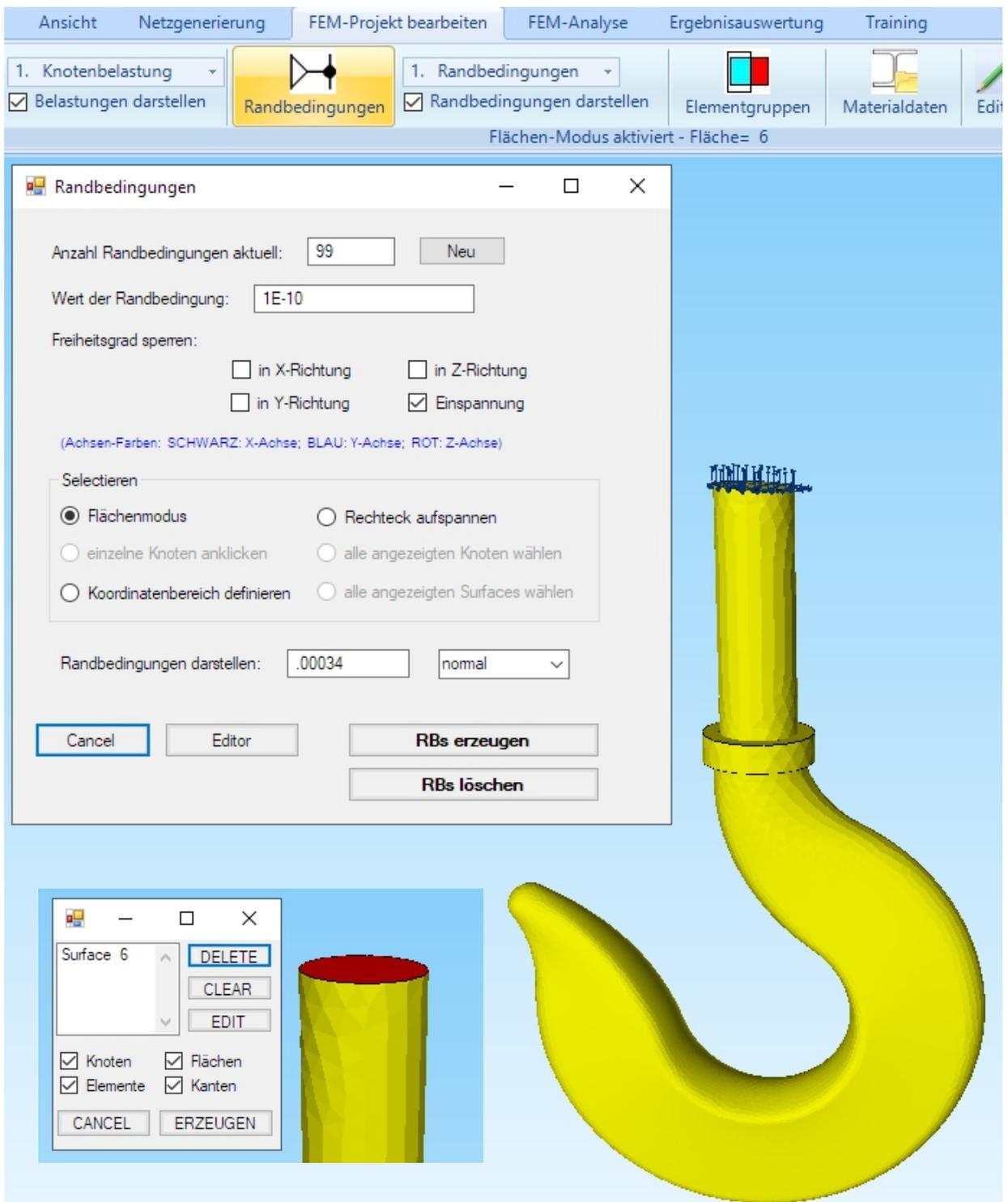
Nach dem Export von „test.fem“ wird MEANS V12 automatisch gestartet und erzeugt zuerst das Flächenmodell damit Flächen, Kanten und Knotenpunkte für Belastungen, Randbedingungen oder Elementgruppen selektiert werden können.



Kranhaken einspannen

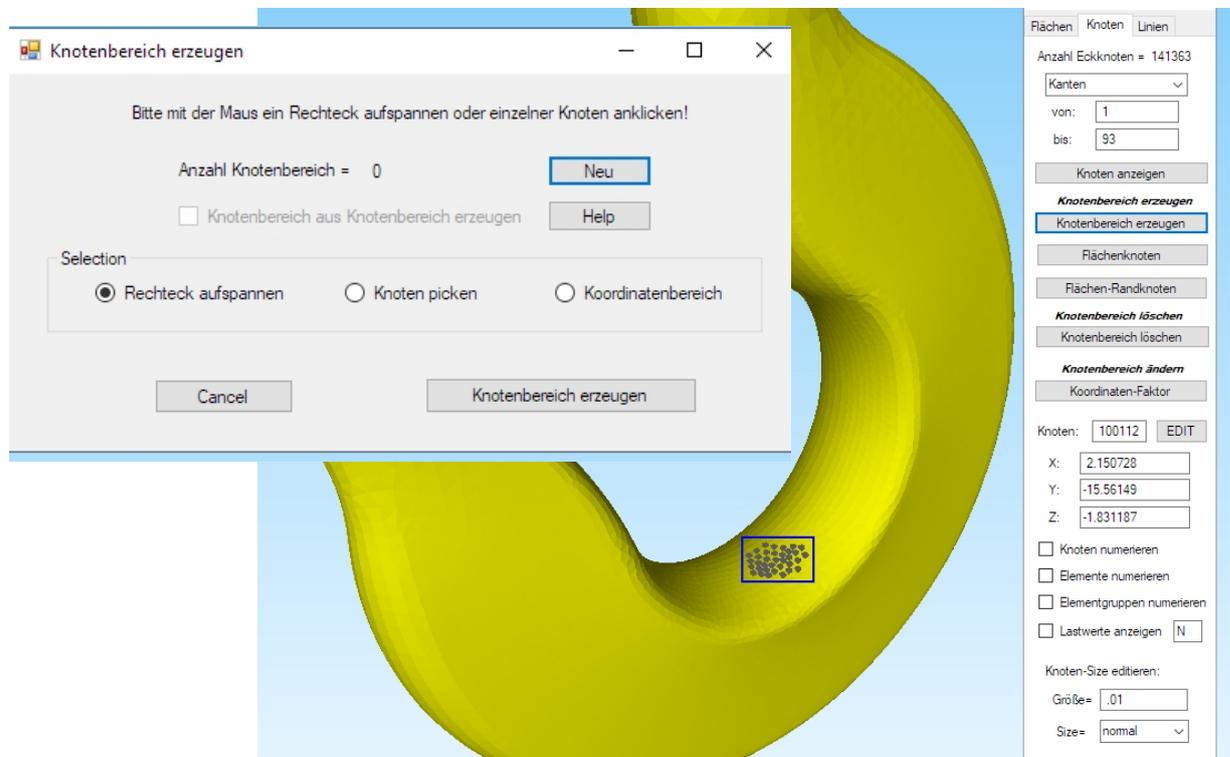
Der Kranhaken ist oben fest eingespannt. Wählen Sie dazu das Register “FEM-Projekt bearbeiten” und “Randbedingungen”.

Wählen Sie die Selektion “Flächenliste” und den Button “RBs erzeugen” und klicken auf die Fläche 6 um diese in der Selectbox anzuzeigen. Dort wird mit “Erzeugen” die Einspannung erzeugt.

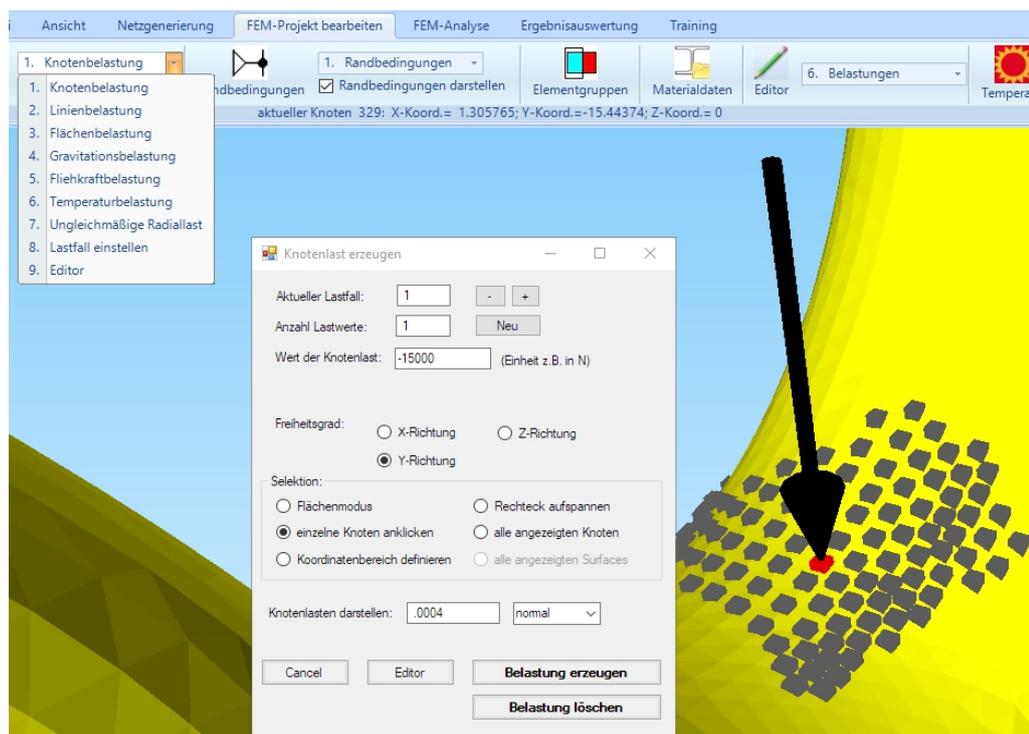


Knotenlast erzeugen

Der Haken wird mit 15 KN in Y-Richtung belastet. Zuerst muß ein selektierbarer Knotenbereich im Knoten-Modus erzeugt werden indem ein Rechteck über der Belastung aufgespannt wird. Jetzt wird das Modell noch so gedreht und gezoomt damit der Knotenpunkt nicht verdeckt wird und angeklickt werden kann.

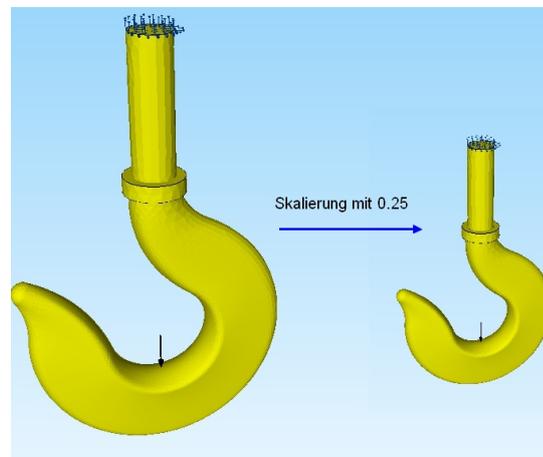


Jetzt kann mit Register "FEM-Projekt bearbeiten" und "Knotenbelastung" der Knoten 329 mit einer Belastung von -15000 N in Y-Richtung angeklickt werden.



Modell skalieren

Damit der Haken mit einem anderen FEM-Modell vergleichbar ist, sollten die Knoten-Koordinaten mit dem Faktor 0.25 multipliziert werden.



Wählen Sie das Register “FEM-Projekt bearbeiten” und “Knotenkoordinaten” und multiplizieren die Koordinaten mit einem Koordinatenfaktor von “0.25”. Die anschließende Knoten-Überprüfung kann nicht durchgeführt werden.

Die folgende Tabelle zeigt die Knotenkoordinaten, die im Dialogfenster 'Koordinaten-Faktor' bearbeitet werden:

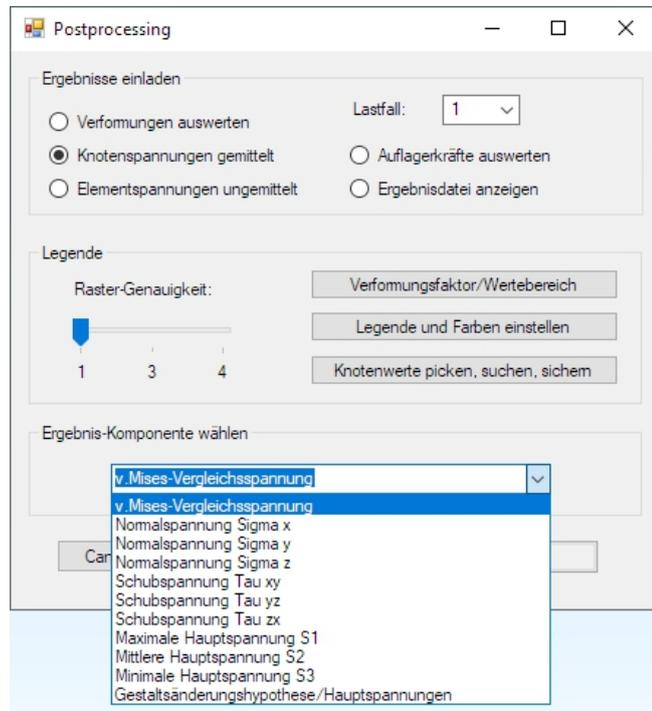
Nr.	X-Koordinaten	Y-Koordinaten	Z-Koordinaten
1	0	380	26
2	0	380	-26
3	0	210	26
4	0	210	-26
5	0	210	37.5
6	0	210	-37.5
7	0	190	37.5
8	0	190	-37.5
9	30	190	0
10	-30	190	0
11	-172.0235	67.26359	0
12	-163.2311	75.78242	-14.43947
13	-151	87.63221	0
14	-163.231	75.78242	14.43947
15	-159.8983	90.6013	0
16	9.949769	380	24.02087
17	18.67128	380	18.09373
18	24.02087	380	9.949769
19	25.99884	380	-245041

Das Dialogfenster 'Koordinaten-Faktor' zeigt die folgenden Einstellungen:

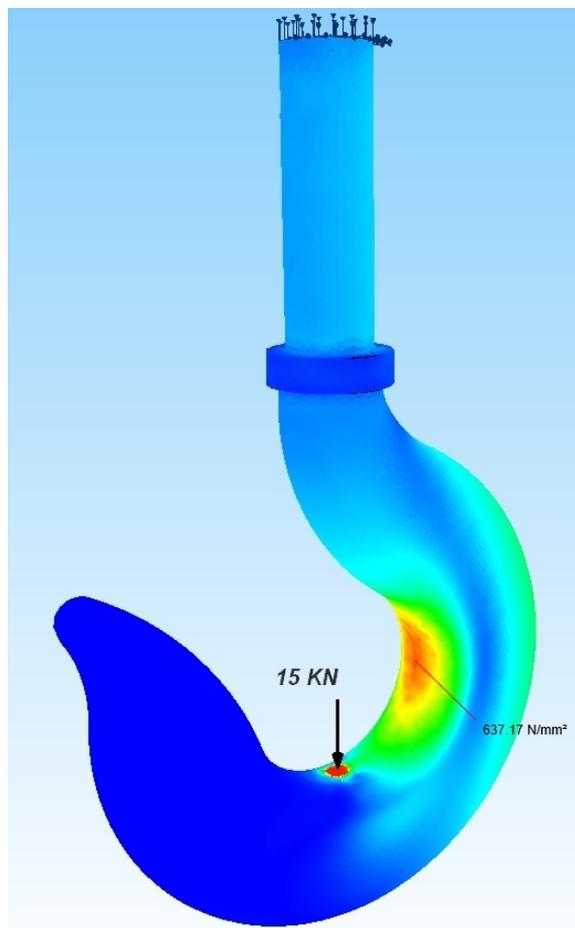
- Faktor setzen: multiplizieren
- Achsen vertauschen: X-Werte mit Y-Werte vertauschen, X-Werte mit Z-Werte vertauschen, Y-Werte mit Z-Werte vertauschen
- Koordinaten mit Faktor verändern: X-Koordinaten, Y-Koordinaten, Z-Koordinaten
- von Knotenpunkt: 1
- bis Knotenpunkt: 20123
- Koordinatenfaktor: 0.25
- Nullpunktverschiebung durch Knotenpunkt: 1

Postprocessing

Nach der FEM-Analyse mit Register "FEM-Analyse" können die Knotenspannungen mit Register "Ergebnisauswertung" ausgewertet werden.

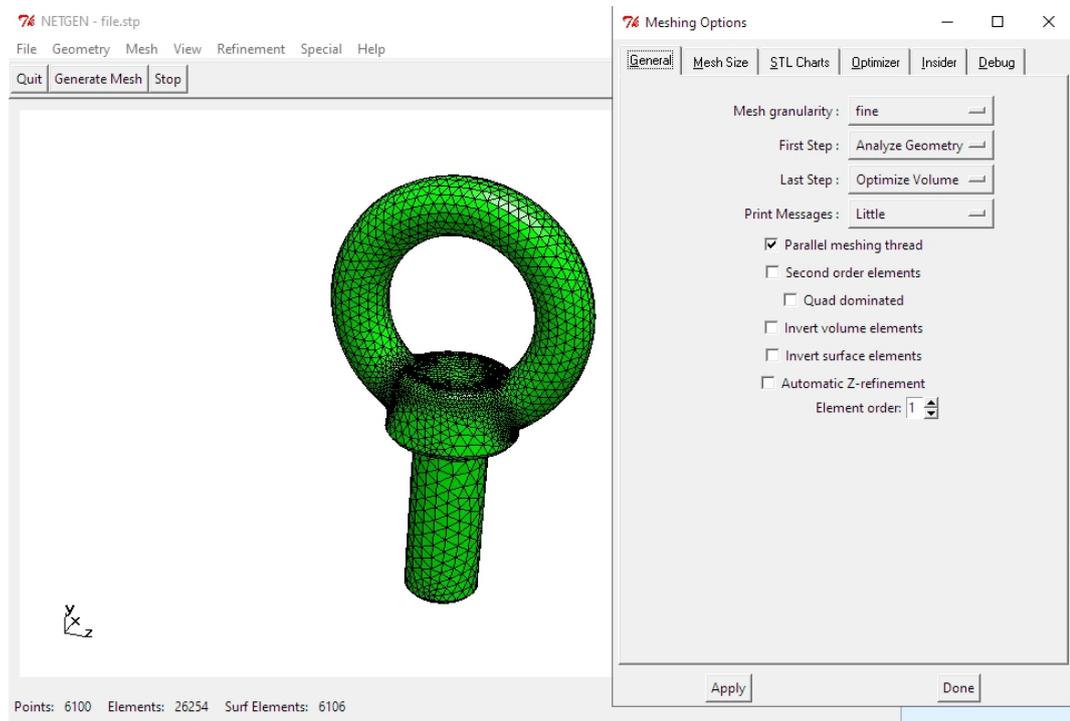


Die max. Vergleichsspannung beträgt 637.17 N/mm².



Kranhaken-Baugruppe verbinden

Die Kranhaken-Baugruppe besteht aus dem vorigen Haken und Bolt, letzterer wird mit "fine" und mit 26 254 Tetraeder nachträglich vernetzt und als Bolt.FEM abgespeichert.



FEM-Zuladung

Es werden jetzt mit einer FEM-Zuladung folgende zwei FEM-Netze zusammengefügt:

Netz1: Haken.FEM mit 21 948 Knoten und 99 214 Tetraeder-Elemente

Netz 2: Bolt.FEM mit 6100 Knoten und 26254 Tetraeder-Elemente

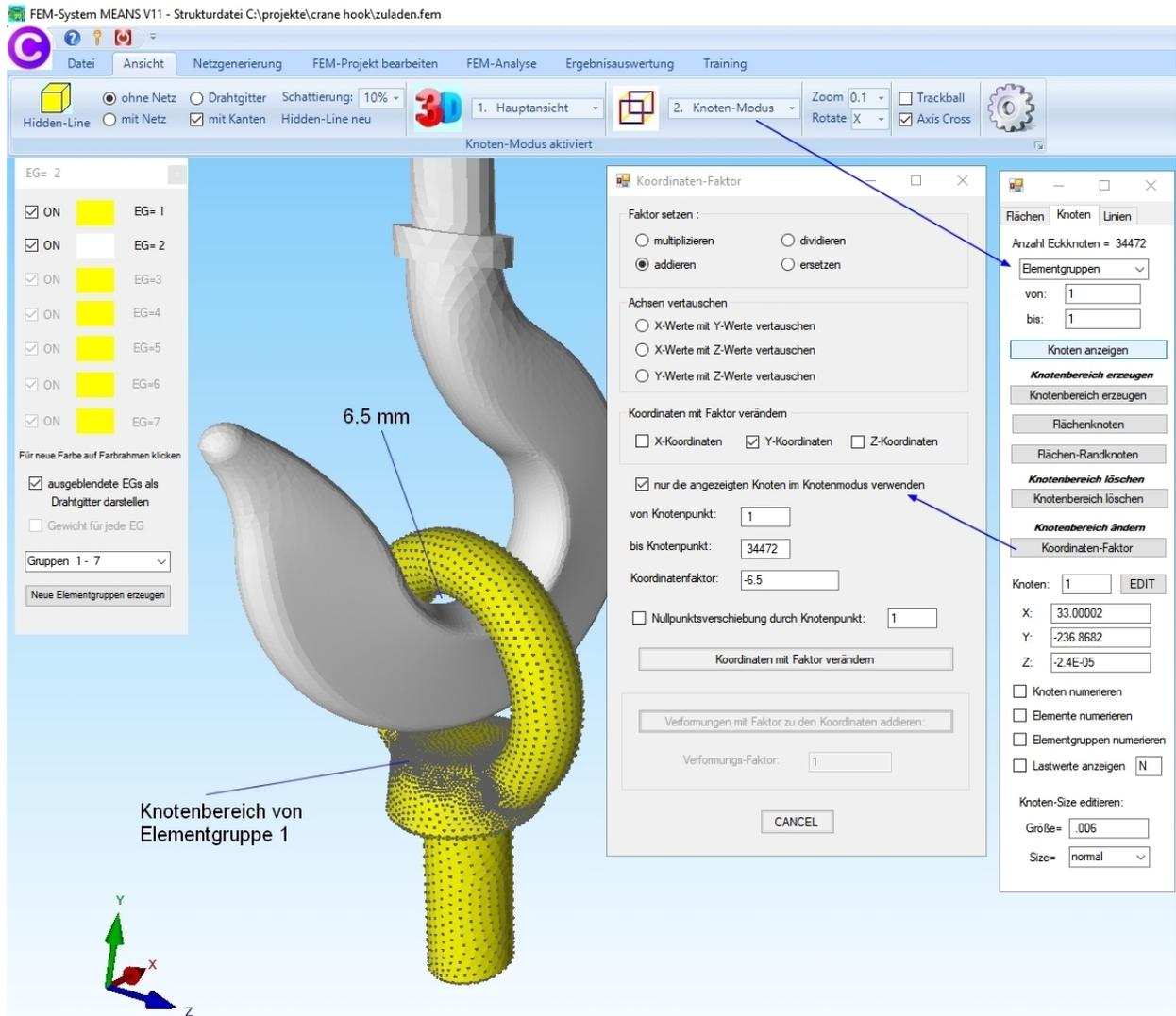
Laden Sie zuerst das größere FEM-Modell Haken.FEM in MEANS V12 ein, dannach fügen Sie mit Register "Datei" und "FEM-Zuladung" das zweite Netz hinzu.



Haken und Bolt werden jetzt zu einer FEM-Modell zusammengefügt, leider aber berühren sich die beiden Bauteile nicht, darum muß der Bolt um -6.5 mm ohne Skalierung bzw. -1.62 mm mit Skalierung in Y-Richtung verschoben werden.

Stellen Sie mit Register "Ansicht" und "Knoten-Modus" das Knoten-Modus-Menü ein und zeigen alle Knotenpunkte der Elementgruppe 1

Wählen Sie "Koordinaten-Faktor" und addieren die Y-Koordinaten der angezeigten Knoten mit einem Koordinatenfaktor von "-6.5" mm.

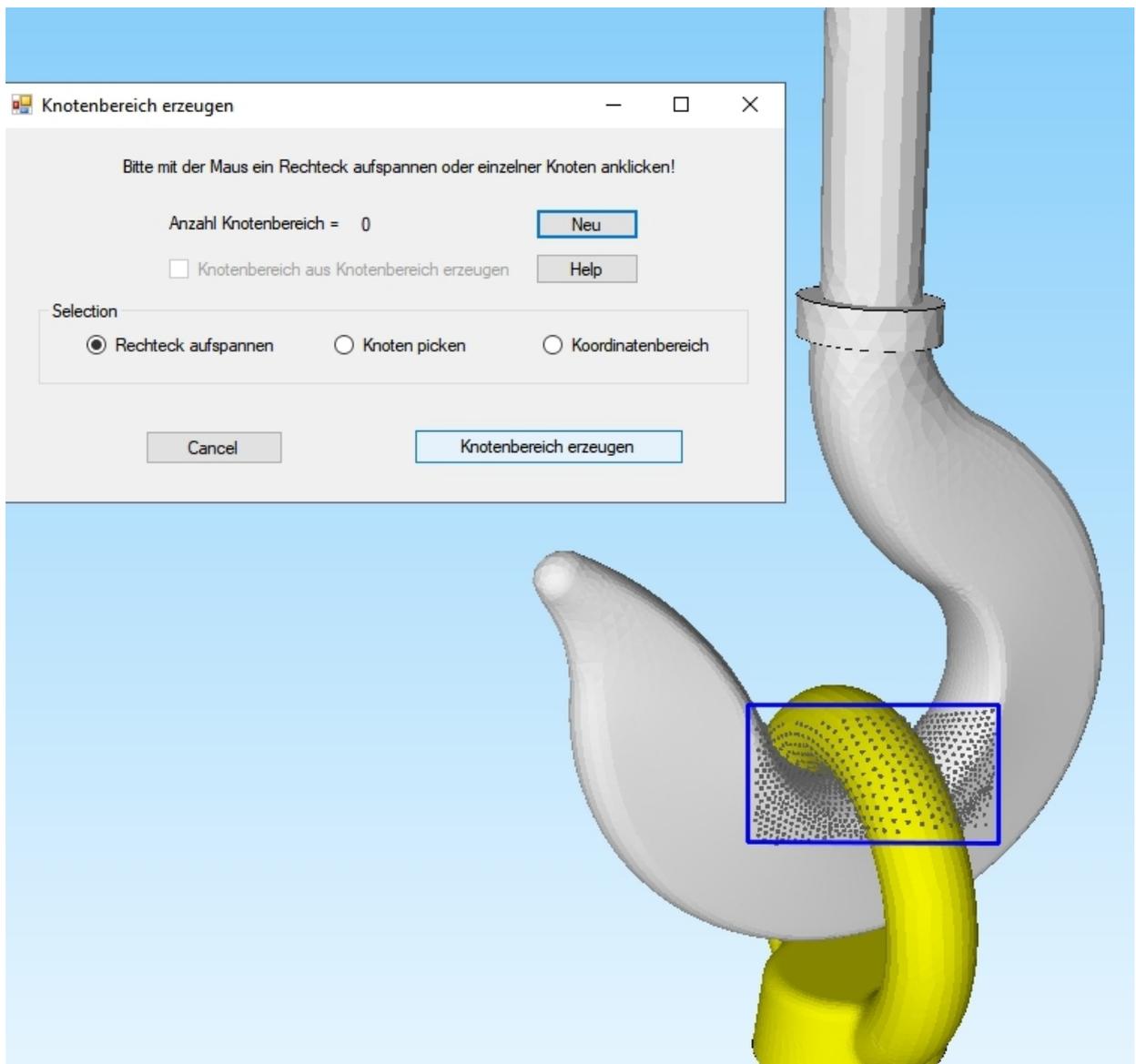


MPC-Kontakte

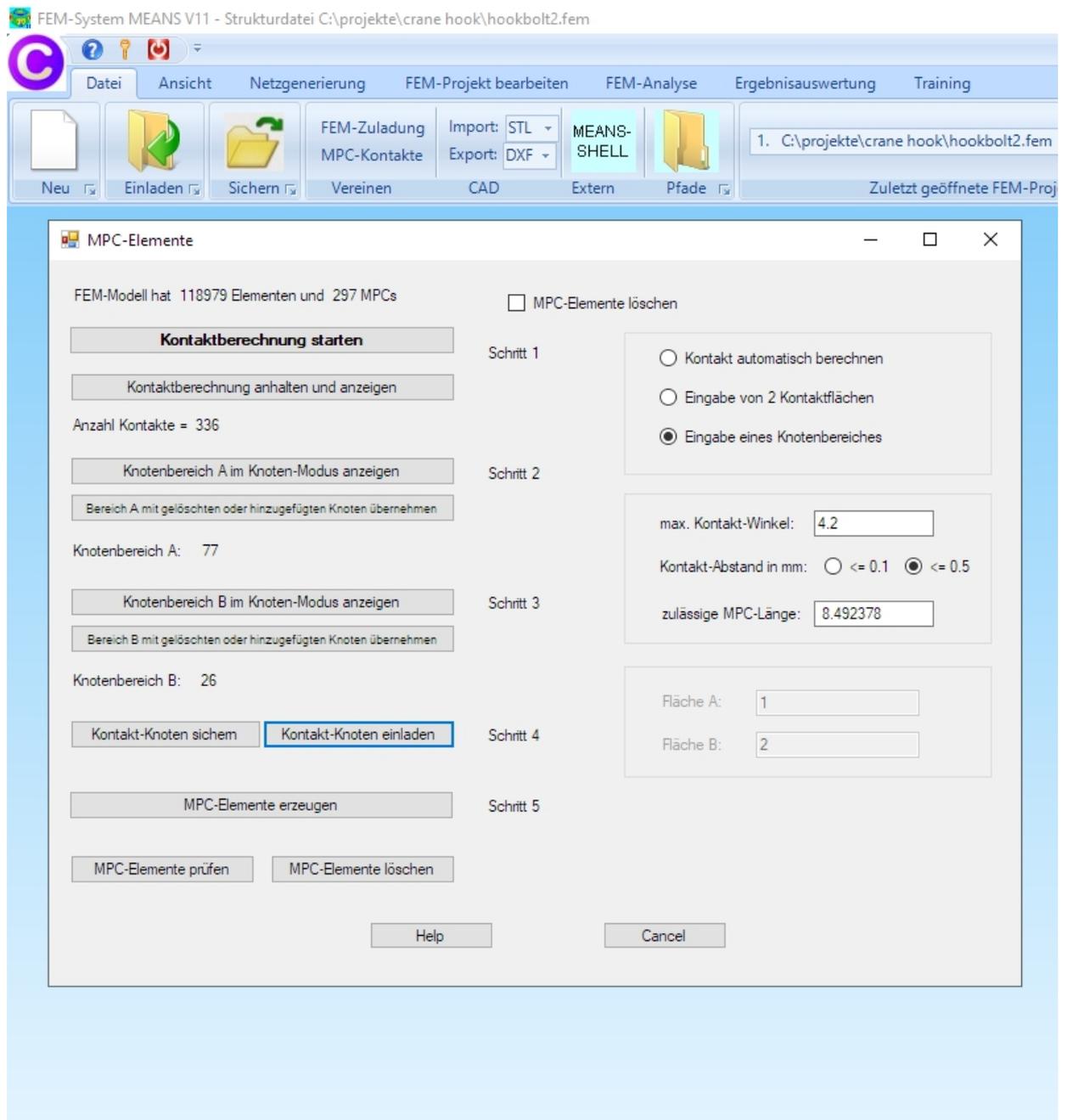
Die beiden Bauteile sind jetzt zwar in einer FEM-Datei vereint aber Sie müssen auch an der Berührungsstelle über MPC-Elemente (MPC-Elemente werden ausführlich im Handbuch Kapitel 10 - MPC-Analyse mit MEANS V12 behandelt) verbunden werden.

Spannen Sie mit Register "Ansicht" und "Knoten-Modus" sowie "Knotenbereich erzeugen" ein Rechteck über den beiden Kontaktflächen auf.

Beenden Sie mit einem Doppelklick das Aufspannen des blauen Markierungsrechtecks um alle Knoten in diesem Bereich anzuzeigen.

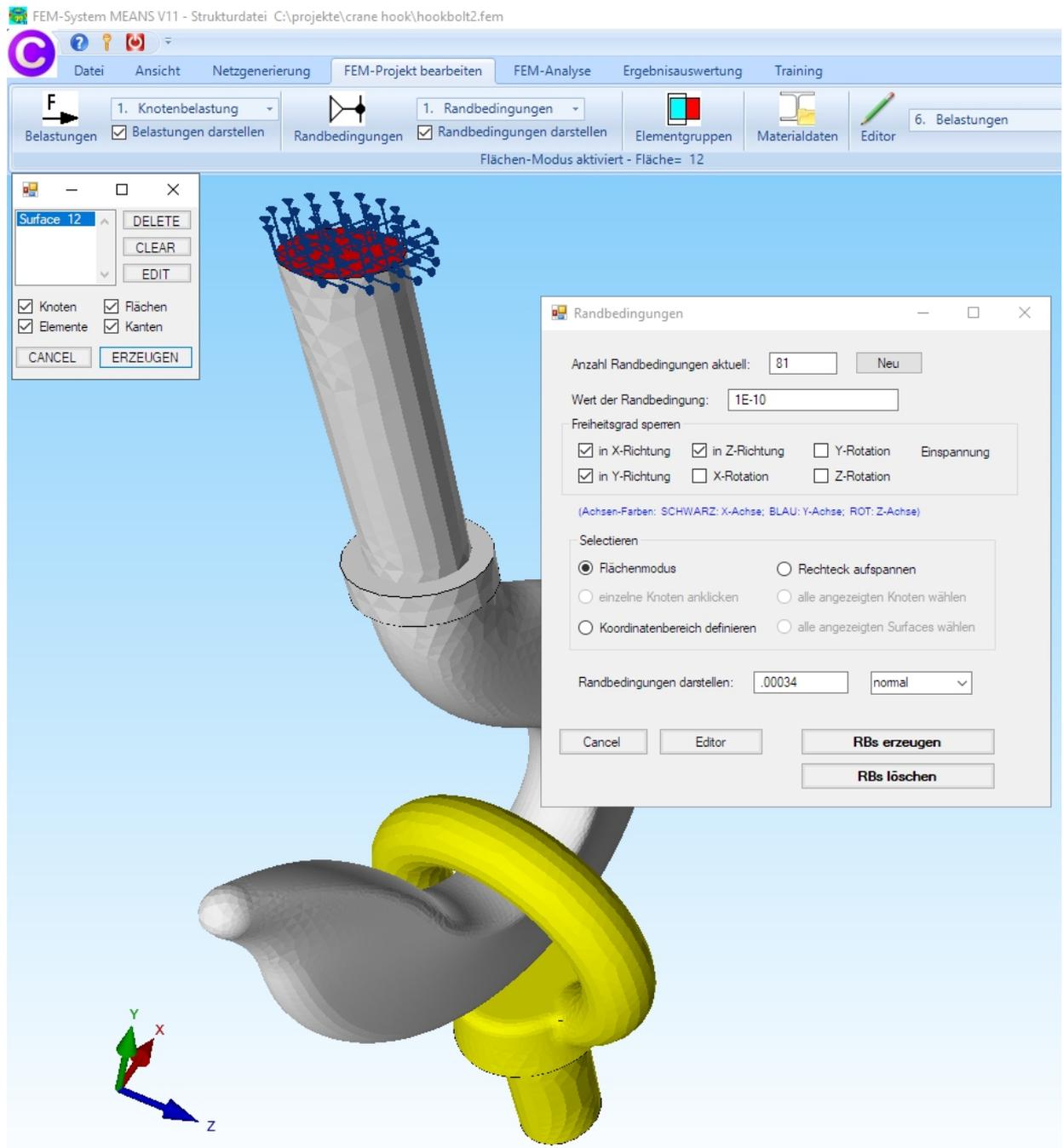


Dannach wählen Sie das Register “Datei” und “MPC-Kontakte” und starten die Kontaktberechnung um 297 MPC-Elemente automatisch mit obigen Knotenbereich zu erzeugen.



Haken Einspannung

Der Haken ist oben fest eingespannt, wählen Sie Register “FEM-Projekt bearbeiten” und “Randbedingungen” um die Fläche 12 in X-, Y- und Z-Richtung einzuspannen.

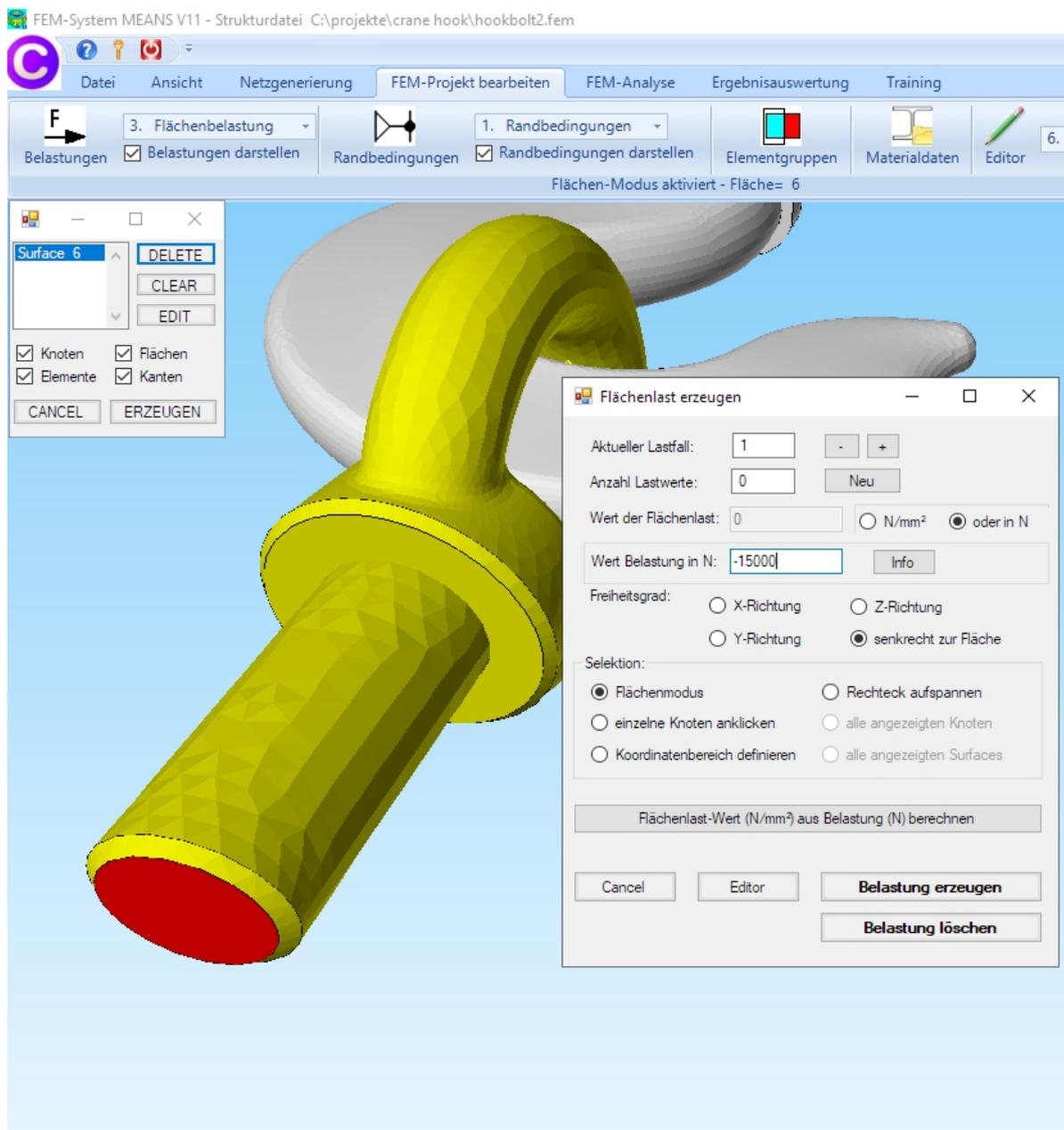


Bolt-Ende mit Flächenlast belasten

Der Bolt ist am Ende in Y-Richtung mit -15 kN bzw. -15 000 N belastet. Wählen Sie Register "FEM-Projekt bearbeiten" und "Flächenbelastung" um die Fläche 6 mit -15000 N senkrecht zur Fläche zu belasten.

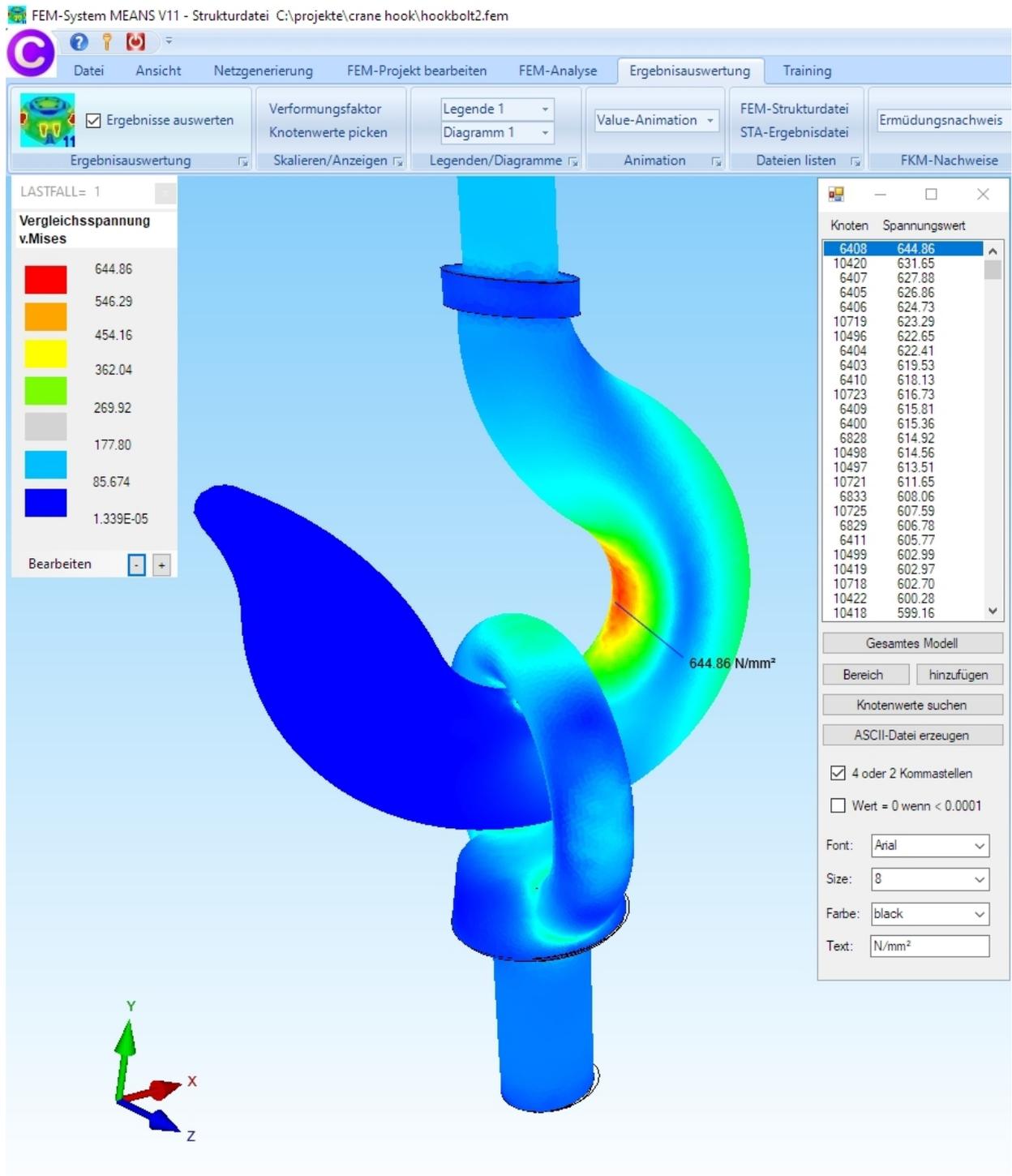
Anmerkung: Die Flächenlast kann entweder in N/mm^2 oder in N eingegeben werden, beim letzteren wird erst zum Schluß die Fläche aus den selektierten Flächen automatisch ermittelt und auf einen N/mm^2 -Lastwert umgerechnet.

$$\text{Flächenlast (N/mm}^2\text{)} = \frac{\text{Knoten-Belastung (N)}}{\text{Fläche (mm}^2\text{)}}$$



Postprocessing

Nach der FEM-Analyse mit Register "FEM-Analyse" und dem Quick-Solver werden die Knotenspannungen ausgewertet.



Die max. v.Mises-Vergleichsspannung der Baugruppe beträgt 644 N/mm² und stimmt mit der v.Mises-Vergleichsspannung des Einzelteils mit 637 N/mm² fast genau überein.

Bolt-Auswertung

Wählen Sie “FEM-Projekt bearbeiten” sowie “Elementgruppen” und blenden nur die Elementgruppe 1 ein. Wechseln Sie wieder ins Postprocessing um die maximale Hauptspannung S1 und die minimale Hauptspannung S3 darzustellen.

