

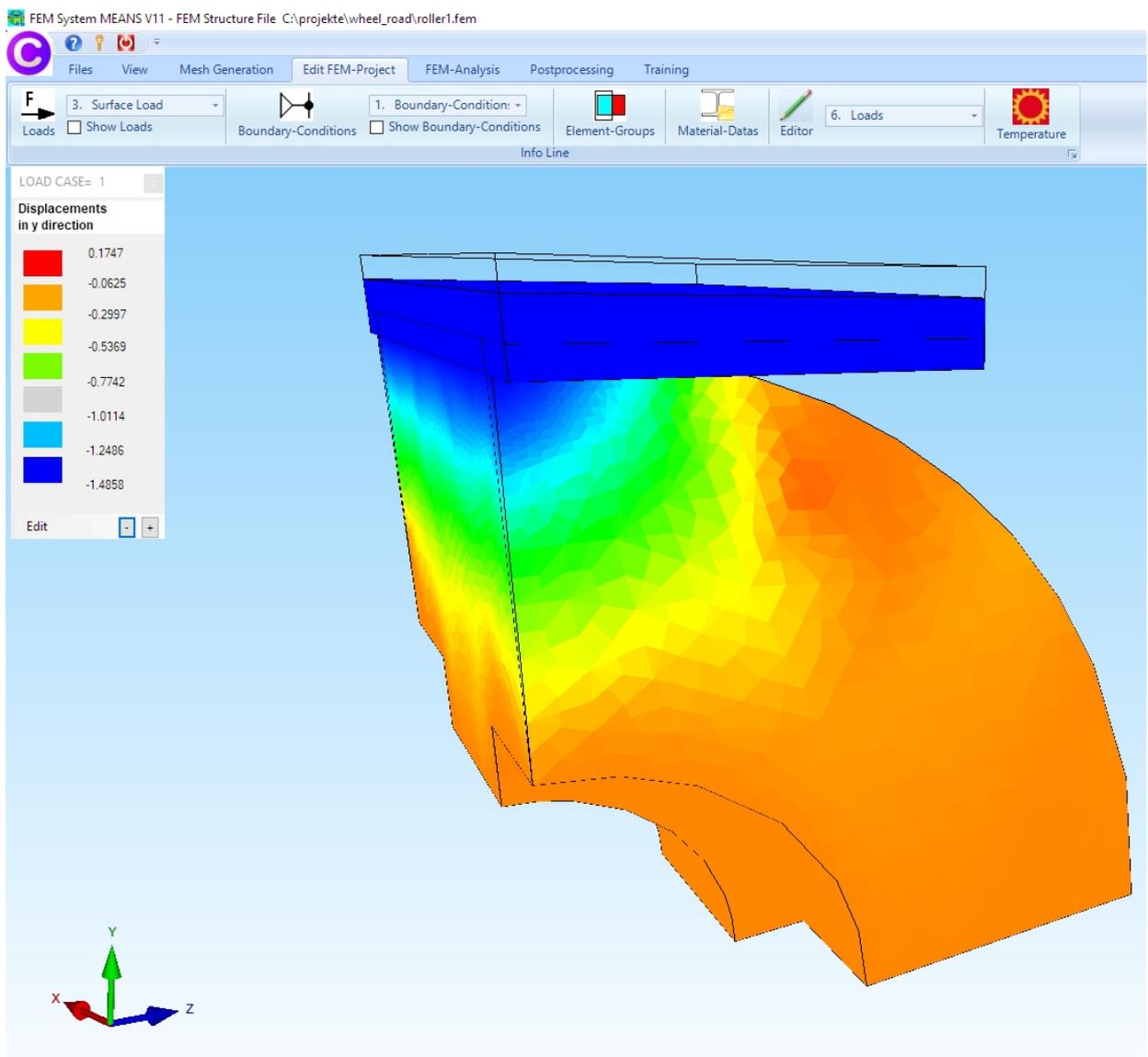
FEM-System

MEANS V12

FEM-Kontakt-Analyse

eines heißgegossenen

Polyurethan-Rades



(C) 2021 by
Ing.Büro HTA-Software
Germany-Rheinau

www.femcad.de
www.fem-infos.com

Kapitel 19 - FEM-Kontakt-Analyse eines heißgegossenen Polyurethan-Rades mit MEANS V11

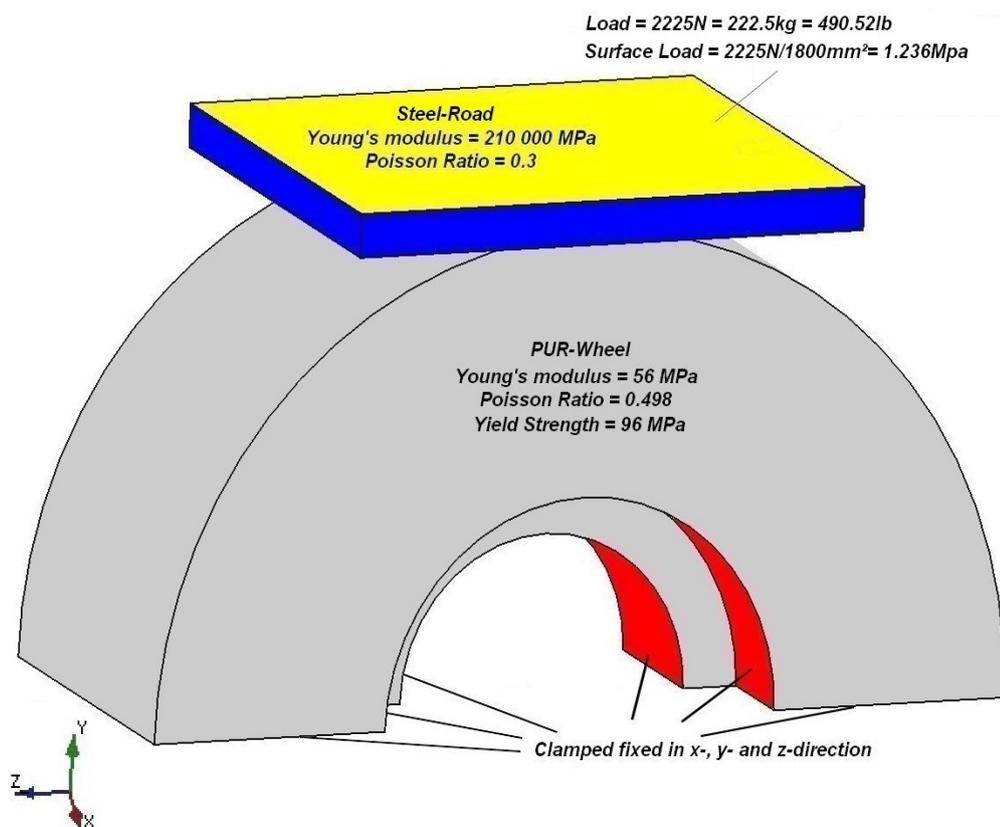
Das Modell besteht aus einem heißgegossenen und wärmebehandelten Polyurethan-Rad mit einem E-Modul von 56 N/mm² und einer Poisson-Zahl von 0,498. Da das Rad rotationssymmetrisch ist kann es durch Ausnutzung der Symmetrie als Viertel-Modell erheblich vereinfacht werden.

Der Innendurchmesser ist fix und mit einem Kugellager verbunden. Durch die Kontakt-Belastung von 2225 N des zweiten Bauteil "Stahl-Road" mit einem E-Modul von 210000 N/mm² und einer Poisson-Zahl von 0.2 wird das Rad nach unten gedrückt.

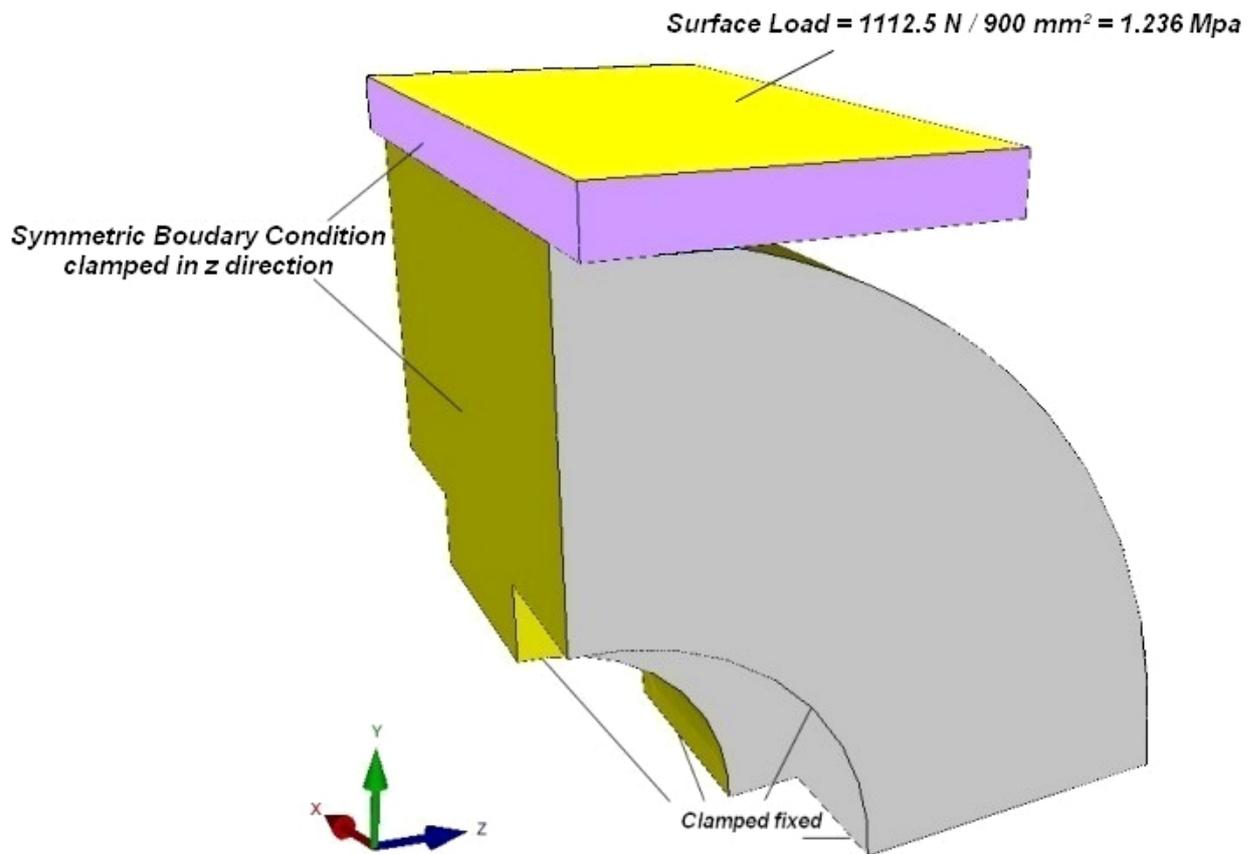
Komplettes Modell



Halbes Modell



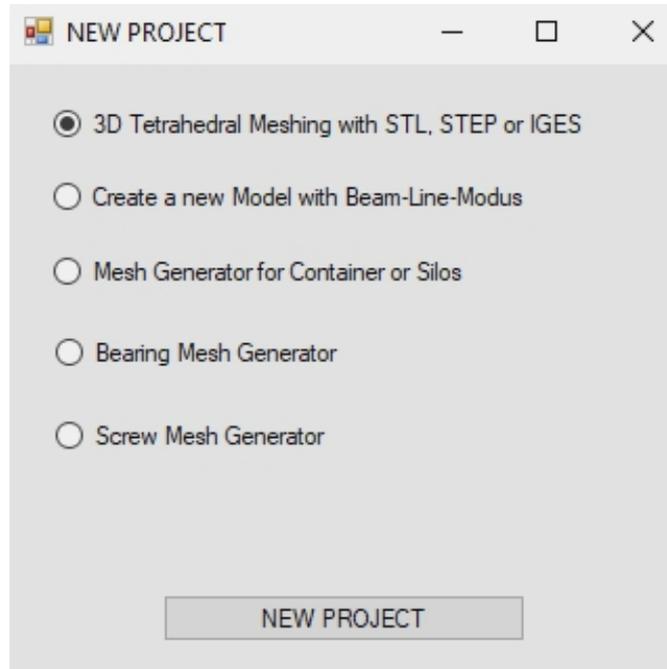
$$\text{Flächenlast 1/2 Modell} = \frac{\text{Belastung}}{\text{Fläche}} = \frac{2225 \text{ N}}{1800 \text{ mm}^2} = 1.236 \text{ N/mm}^2$$

Viertel Modell

$$\text{Flächenlast 1/4 Model} = \frac{\text{Belastung}}{\text{Fläche}} = \frac{1112.5 \text{ N}}{900 \text{ mm}^2} = 1.236 \text{ MPa}$$

Netzgenerierung

Zuerst wird aus der CAD-Step-Modellbaugruppe ein FEM-Netz generiert.



Wählen Sie die Registerkarte "Datei" und "Neu", um ein neues FEM-Projekt zu erstellen.

Wählen Sie "3D Tetrahedral Meshing with STL, STEP oder IGES" für die folgenden Formate:

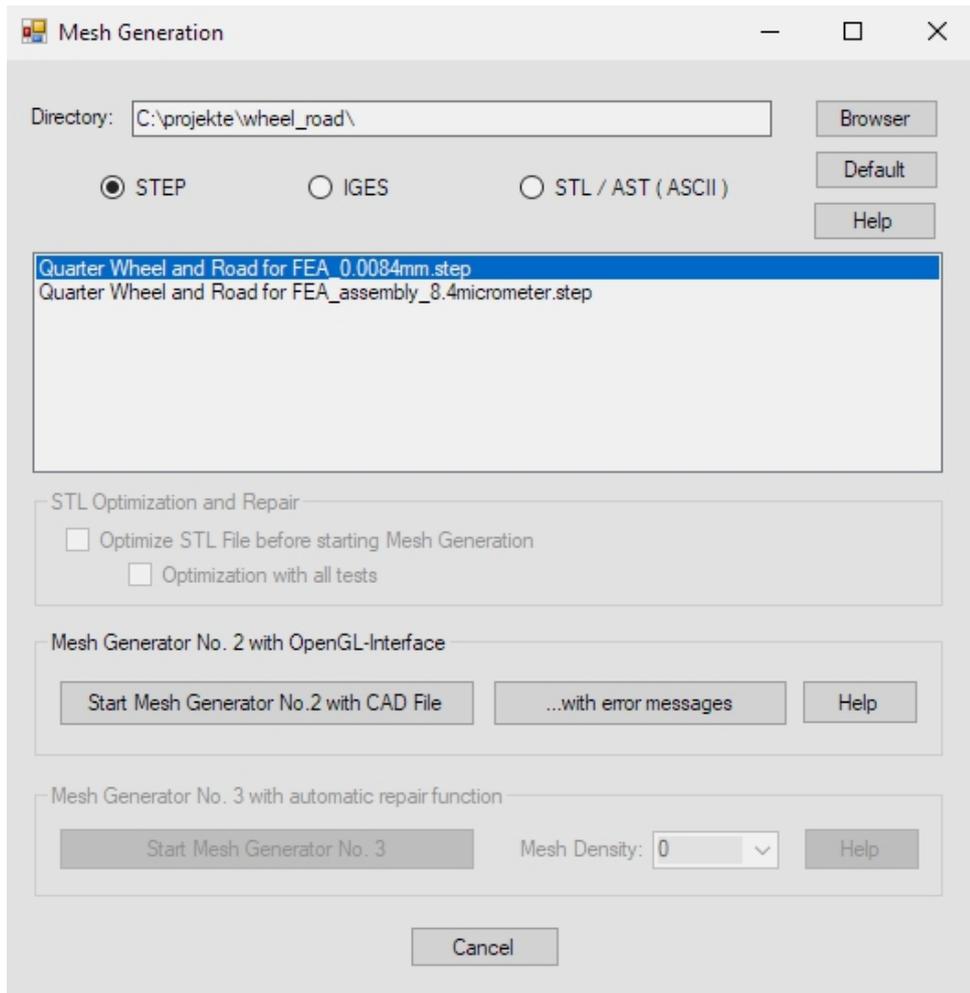
STL Dieses 3D-Modell besteht aus einer dreieckigen Außenschale für 3D. Bei der Netzgenerierung kann dieses Flexibel-Format auch importiert und exportiert werden.

STL-Dateien mit Löchern oder Lücken können auch vor der Vernetzung repariert werden.

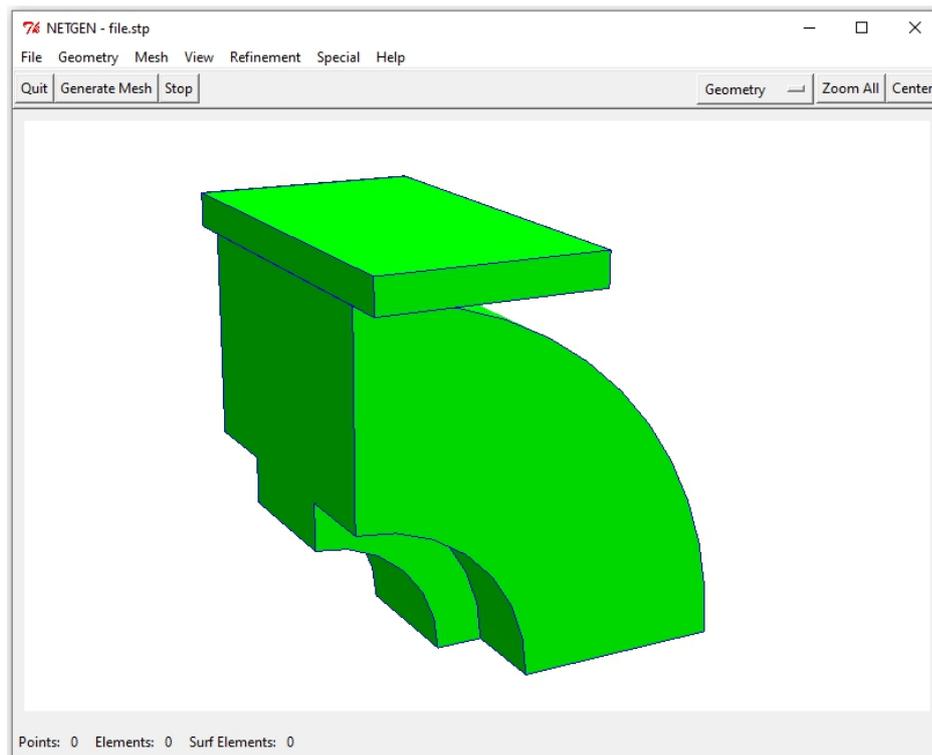
STEP heute das Standardformat, beachten Sie, dass keine CAD-Baugruppen, sondern nur Einzelteile können vernetzt werden. Baugruppen können über die "Boolesche Operationen" oder mit "Schraubenmodellen" zu einem Bauteil vereint werden.

IGES wie STEP-Format, ist aber nicht mehr so verbreitet

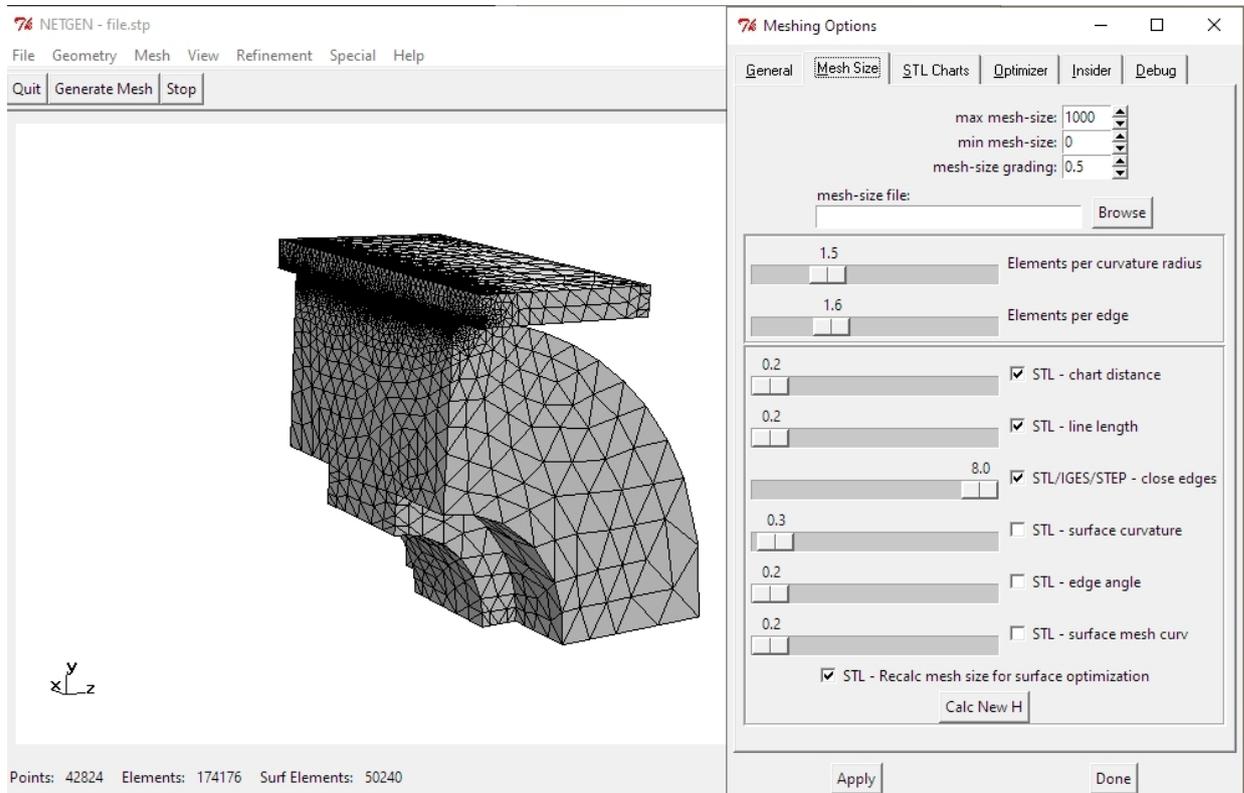
Verwenden Sie die Schaltfläche "Browser", um die STEP-Datei "Wheel_road.step" auszuwählen und klicken Sie auf das Menü "Starten Sie den Netzgenerator Nr. 2 mit der CAD-Datei", um sie im Netzgenerator anzuzeigen.



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

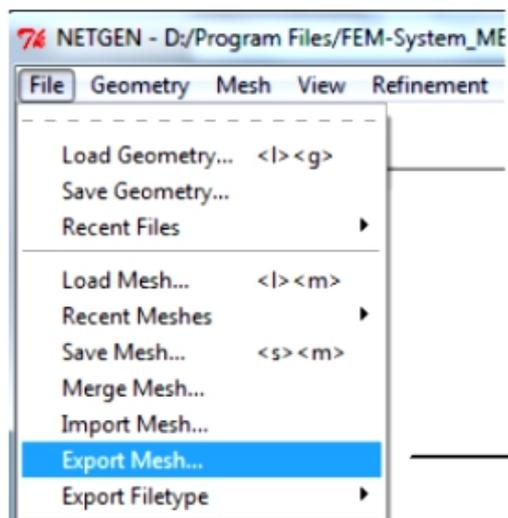


Wählen Sie zuerst das Menü "Mesh" und die Registerkarte "Mesh-Size" und generieren Sie mit der folgenden Einstellung und einer Verfeinerung ein FEM-Mesh mit 174 176 Tetraeder-Elementen und mit 42 824 Knoten. Die Kontaktflächen sind auch durch einen Kontaktflächenabstand von 0,0084 mm oder 8,4 Mikrometer (könnte evt. noch zu groß sein) sehr fein vernetzt.



Netz exportieren

Nach dem Generieren des Netzes muss das FEM-Netz mit dem Namen "test.fem" nach MEANS V12 exportiert werden. Wählen Sie die Menüs "File" und "Export Mesh" und speichern das Netz "test.fem" in den angegebenen Debug-Netzpfad, um MEANS V12 automatisch mit dem FEM-Netz und dem Flächen-Modell für die Auswahl von Knoten, Kanten und Oberflächen zu starten.



Select the menu "File" and "Export Mesh" and save the mesh "test.fem" in the specified debug mesh path.

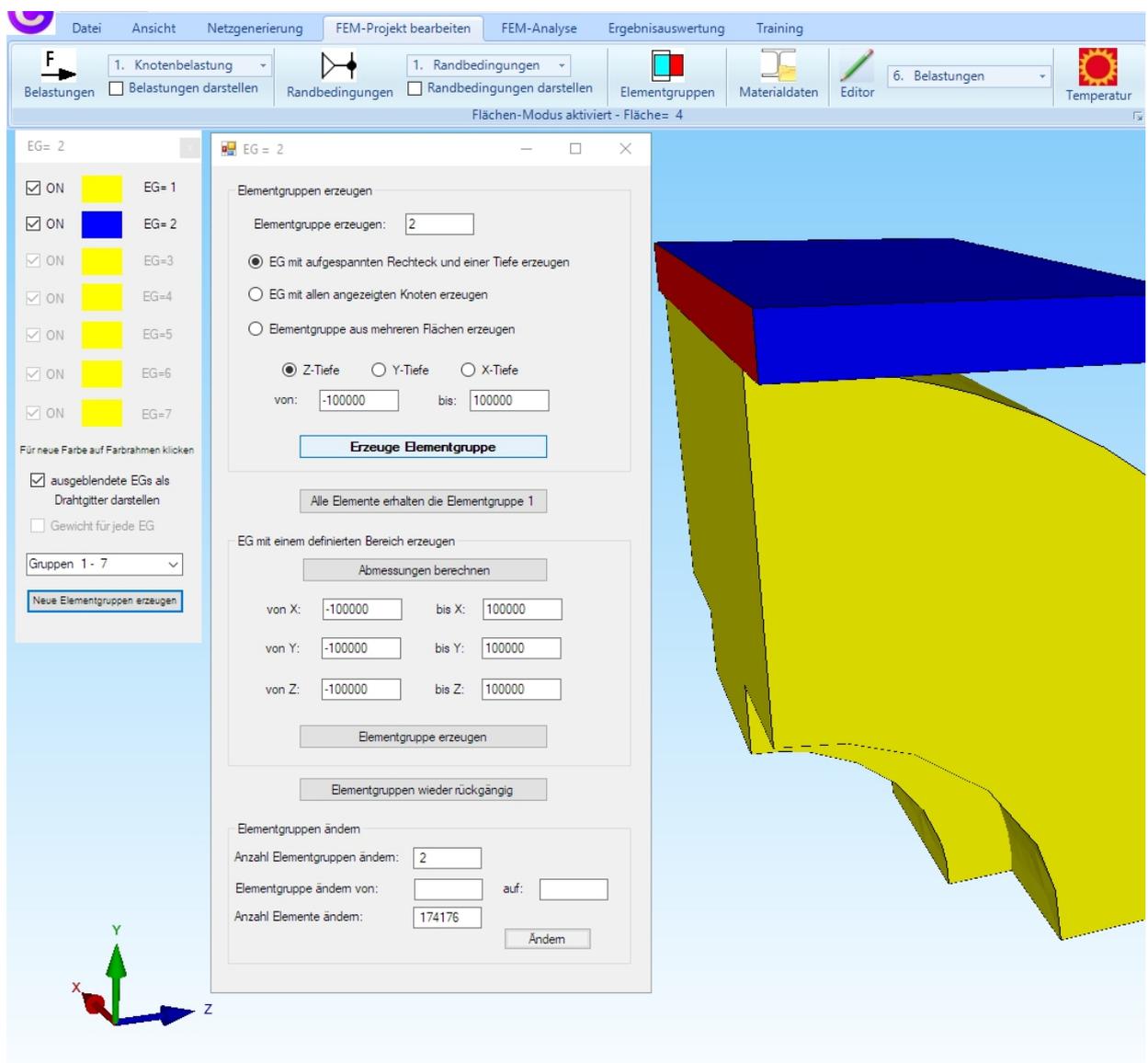
Elementgruppe 2 erstellen

Zuerst wird Elementgruppe 2 erstellt, da wir mit zwei verschiedenen Werkstoffen arbeiten müssen.

Elementgruppe 1 mit dem PUR-Rad und Elementgruppe 2 mit der Stahl-Road

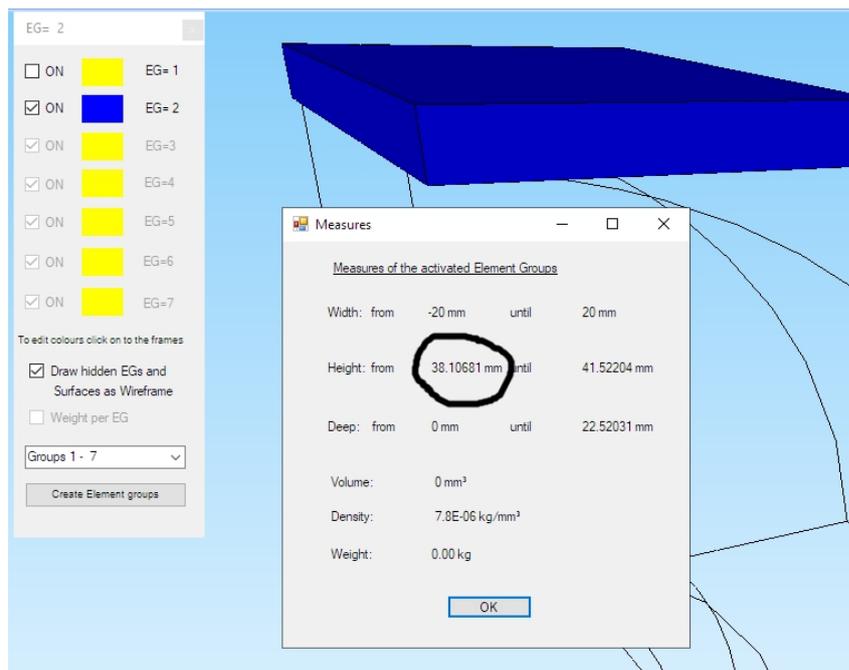
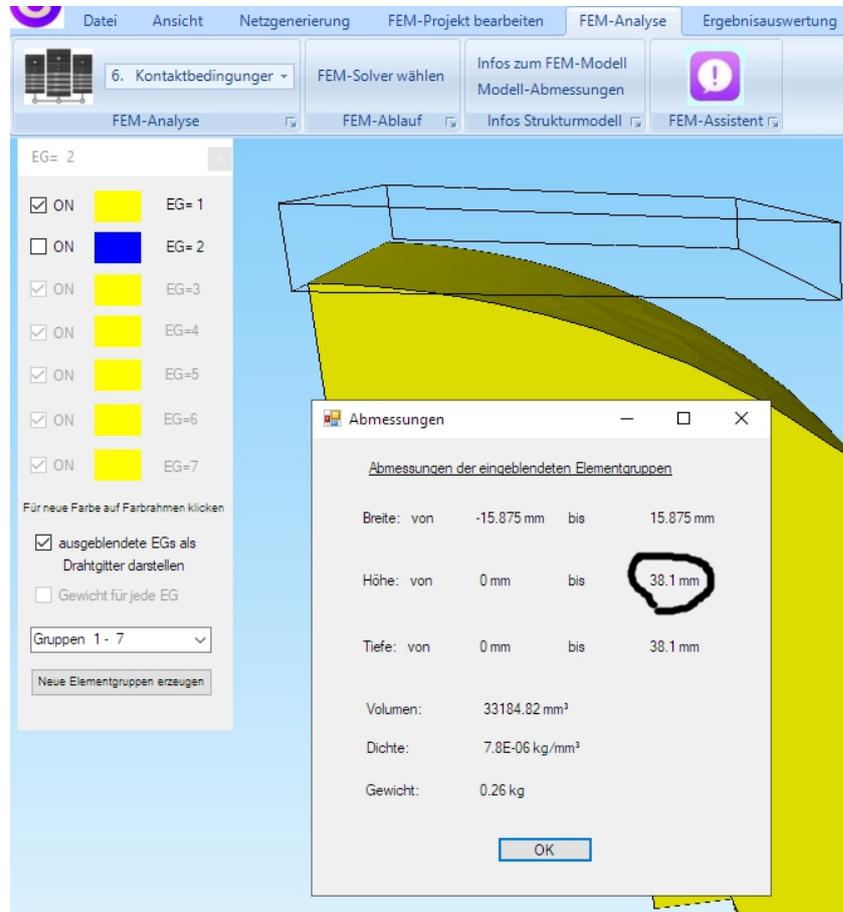
Wählen Sie die Registerkarte „FEM-Projekt bearbeiten“ und „Elementgruppen“ und wählen Sie im neuen Elementgruppen-Menü „Elementgruppen erstellen“ und wählen in der neuen Dialogbox die Option „Mehrere Flächen auswählen“, um EG 2 aus mehreren Surface-Flächen zu erstellen.

Wählen Sie „EG erstellen“ und erstellen Sie Elementgruppe 2 mit einem Klick auf Surface 4 und 8. Klicken Sie auf das Farbfeld für eine blaue EG 2.



Kontakt-Abstand ablesen

Der Kontakt-Abstand ist für die Kontakt-Analyse sehr wichtig. Dieser kann einfach überprüft werden indem Sie Register "FEM-Analyse" und "Modell-Abmessungen" für jede Elementgruppe aufrufen und die minimale und maximale Höhe ablesen.



Nun kann man den Kontakt-Abstand ablesen: $38.10681\text{mm} - 38.1\text{mm} = \mathbf{0.00681\text{mm}}$

Kontakt-Abstand verändern

Noch wichtiger ist die nachträgliche Editierung des Kontakt-Abstandes, denn ist dieser nur ein wenig zu groß konvergiert der Kontakt-Solver schon nicht mehr und bricht die Berechnung ab.

```
C:\Program Files\FEM-System_MEANS_V11\Debug\cmd.exe - C:\PROGRA~1\FEM-SY~1\Debug\INPSOL~1\INPSOL~2.EXE C:\projekte
```

```
Using up to 1 cpu(s) for the stress calculation.

Factoring the system of equations using the symmetric spooles solver
Using up to 1 cpu(s) for spooles.

Using up to 1 cpu(s) for the stress calculation.

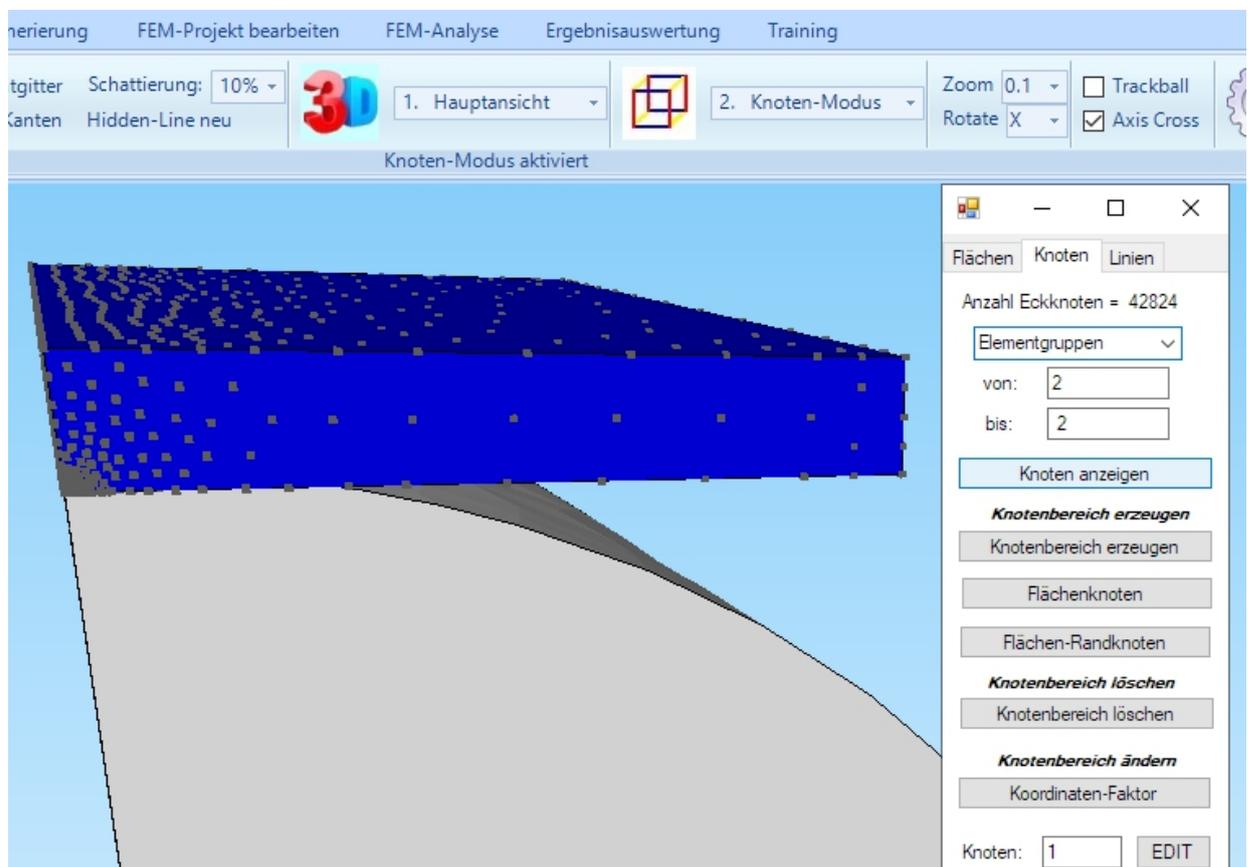
average force= 0.033206
time avg. forc= 0.033206
largest residual force= 118.470796 in node 35433 and dof 2
largest increment of disp= 2.178603e+10
largest correction to disp= 2.178603e+10 in node 30007 and dof 2

divergence allowed: number of contact elements stabilized
no convergence

iteration 6

number of contact spring elements=0
```

Zuerst müssen alle Knotenpunkte der Elementgruppe 2 mit dem Register “Ansicht” und “Knoten-Modus” selektierbar dargestellt werden. Dann wird “Koordinatenfaktor” gewählt um das Road-Teil mit einem Koordinaten-Faktor von -0.00681mm nach unten in Y-Richtung zu verschieben.



Koordinaten-Faktor

Faktor setzen :

multiplizieren dividieren
 addieren ersetzen

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

nur die angezeigten Knoten im Knotenmodus verwenden

von Knotenpunkt:

bis Knotenpunkt:

Koordinatenfaktor:

Nullpunktverschiebung durch Knotenpunkt:

Verformungen mit Faktor zu den Koordinaten addieren:

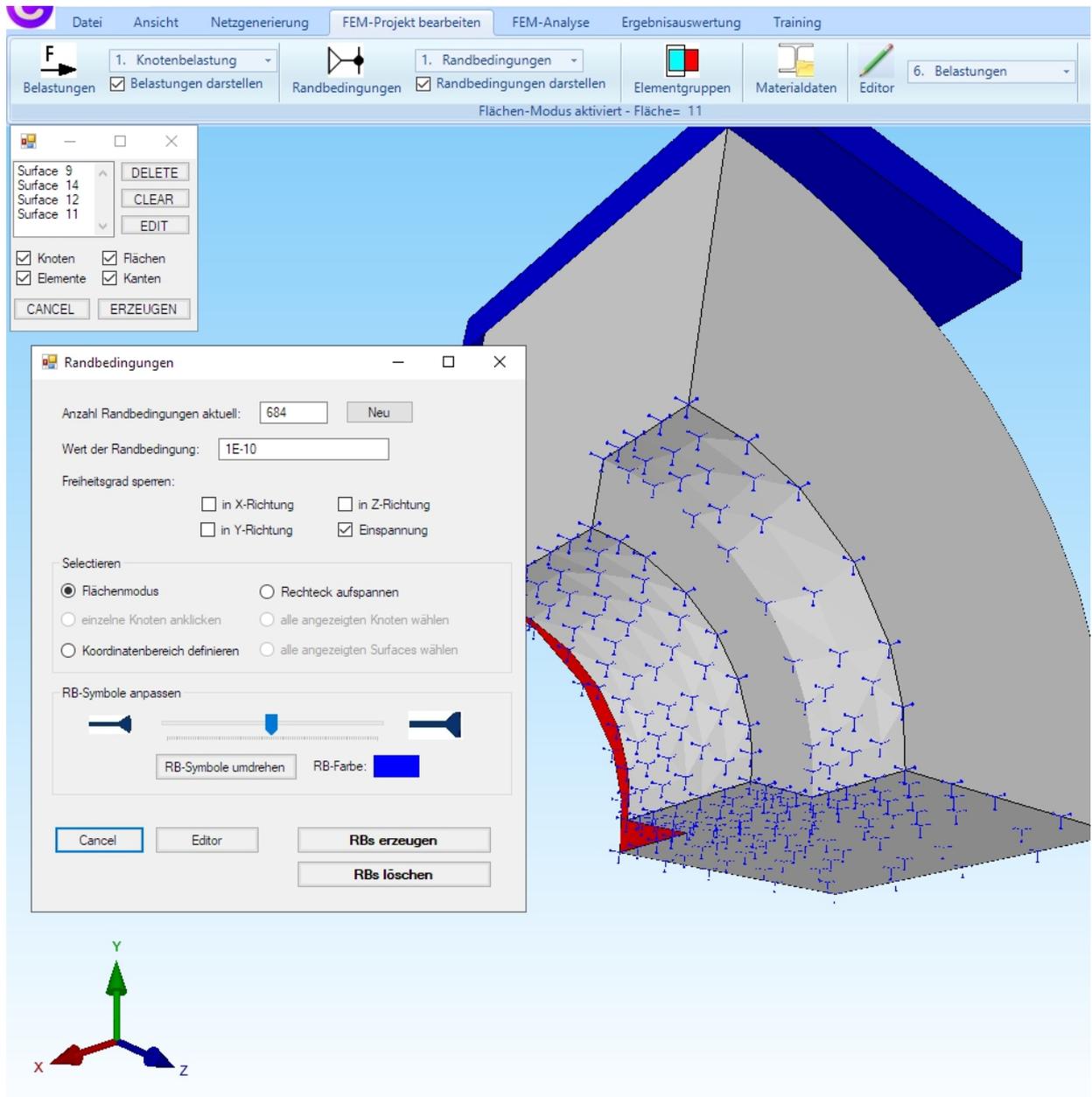
Verformungs-Faktor:

Der Kontakt-Abstand beträgt nun 0.000mm.

Randbedingungen erzeugen

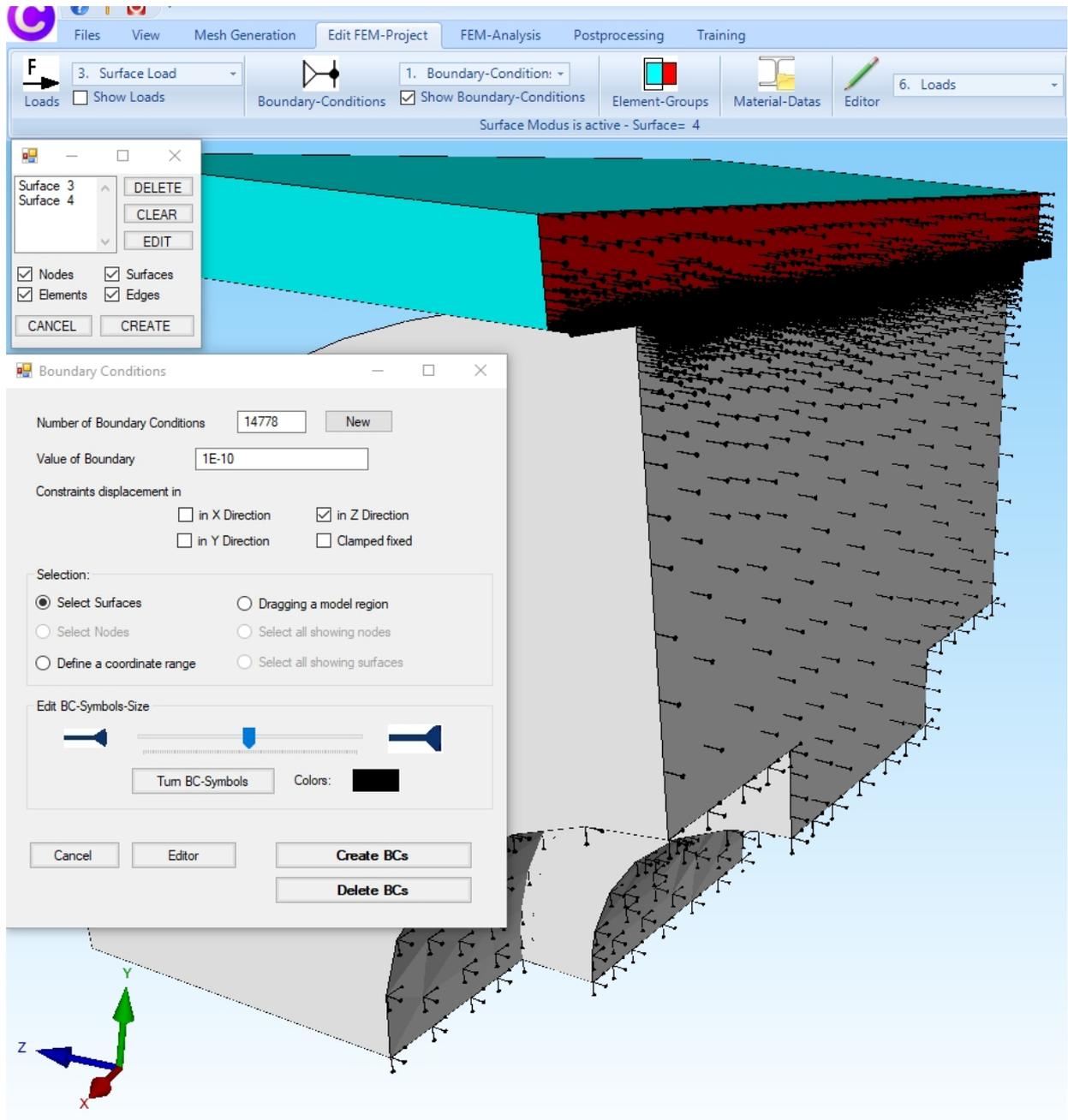
Feste Einspannung

Der Innenradius des Rades ist fest eingespannt und mit einem Kugellager verbunden. Wählen Sie das Register "FEM-Projekt bearbeiten" und "Randbedingungen" und erzeugen eine feste Einspannung an den angeklickten Surface-Flächen 9, 11, 12 und 14. Diese werden in der Selectbox angezeigt, dort mit "ERZEUGEN" die RBs erzeugen.



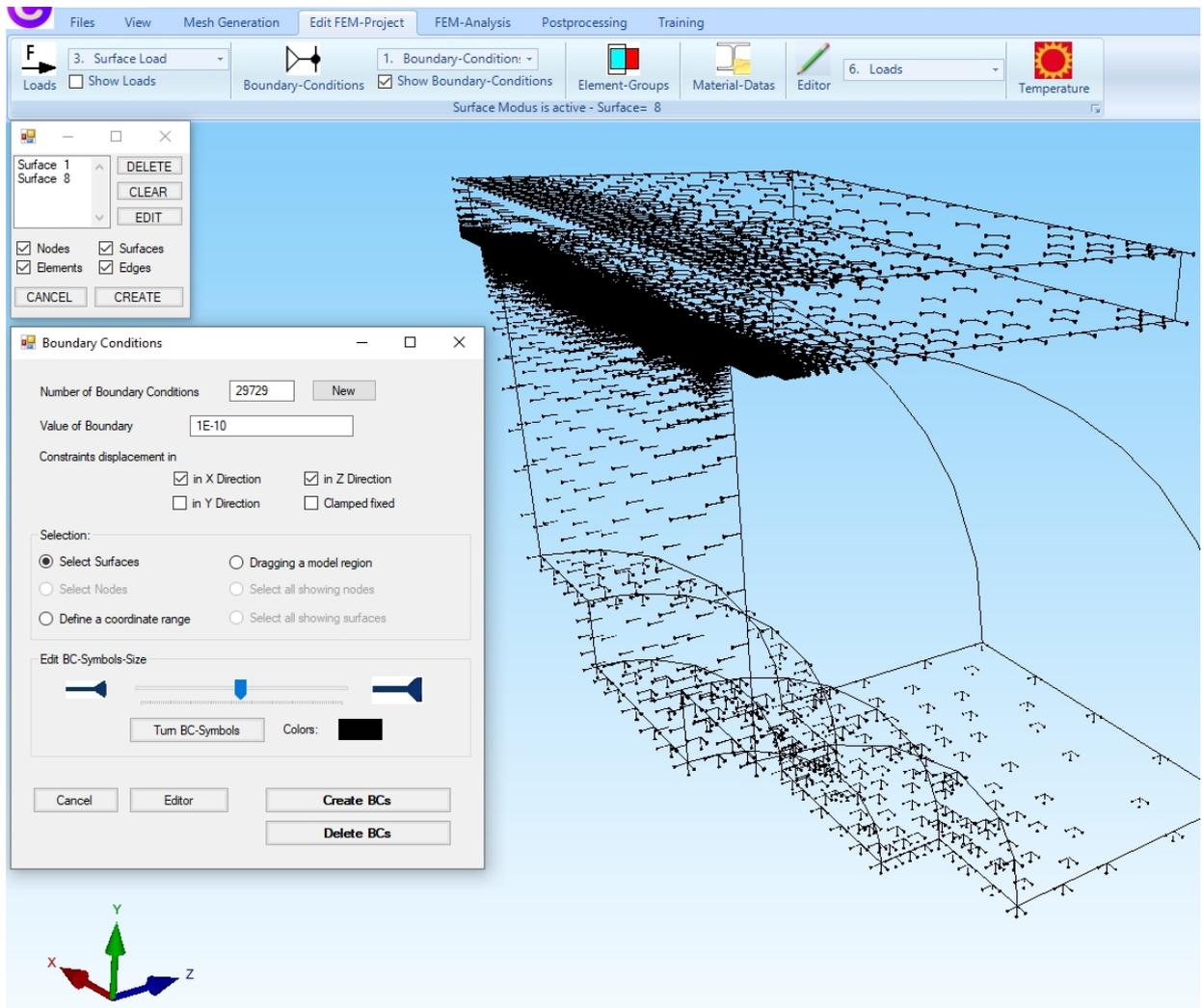
Symmetrie-Randbedingungen

Die Knoten-Freiheitsgrade der Surface-Flächen 3 und 4 müssen in Z Richtung gesperrt werden damit die Symmetrie des Viertel-Modells berücksichtigt werden kann.



Road festhalten

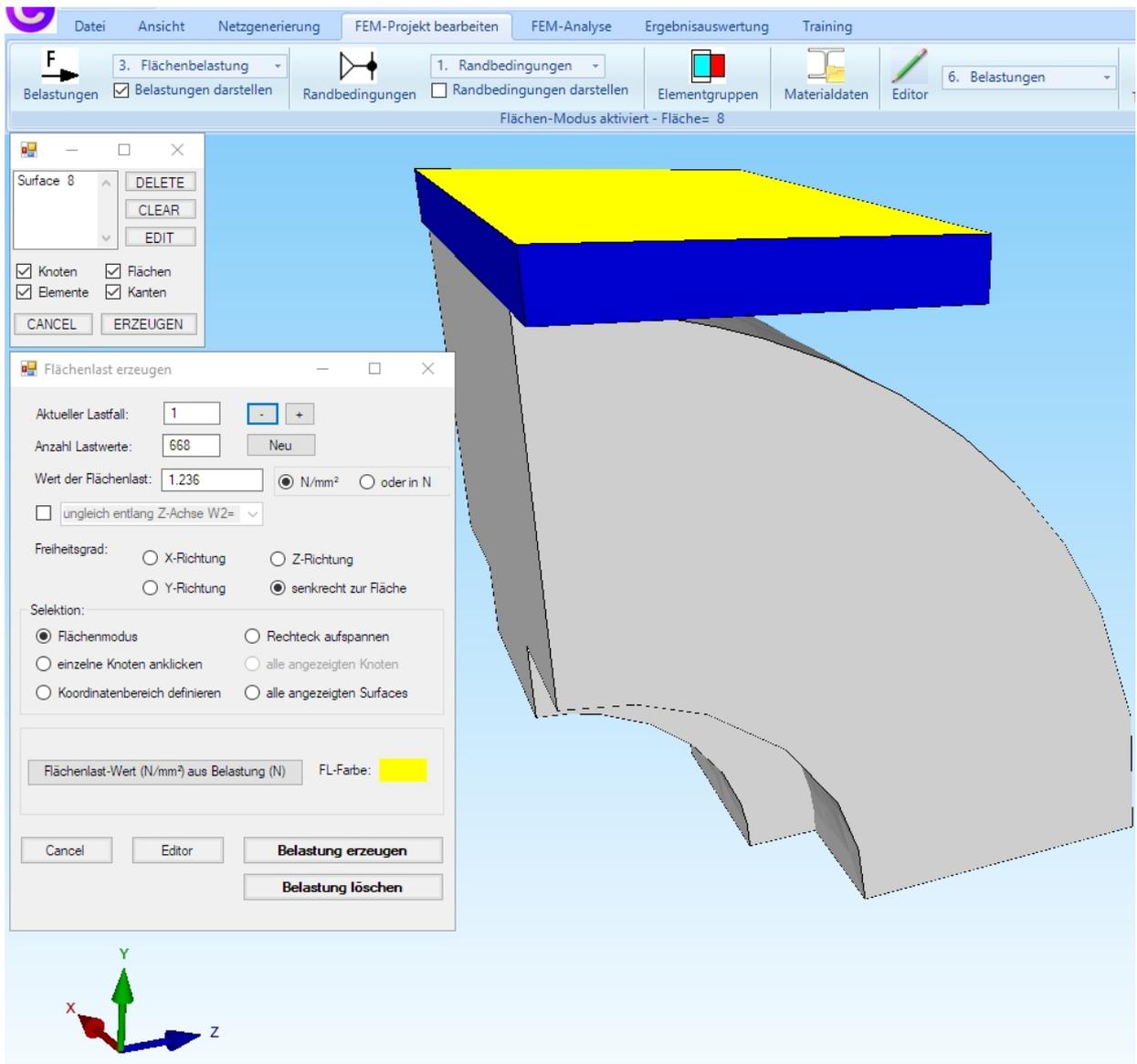
Die belastete Road darf sich nur in Y Richtung bewegen, darum müssen die Knoten-Freiheitsgrade an der Ober- und Unterfläche mit den Surfaces 1 und 8 in X- und in Z-Richtung gesperrt werden.



Flächenlast erzeugen

Der Roller wird mit einer Flächenlast von 1.236 N/mm^2 auf der Oberseite in Y-Richtung belastet.

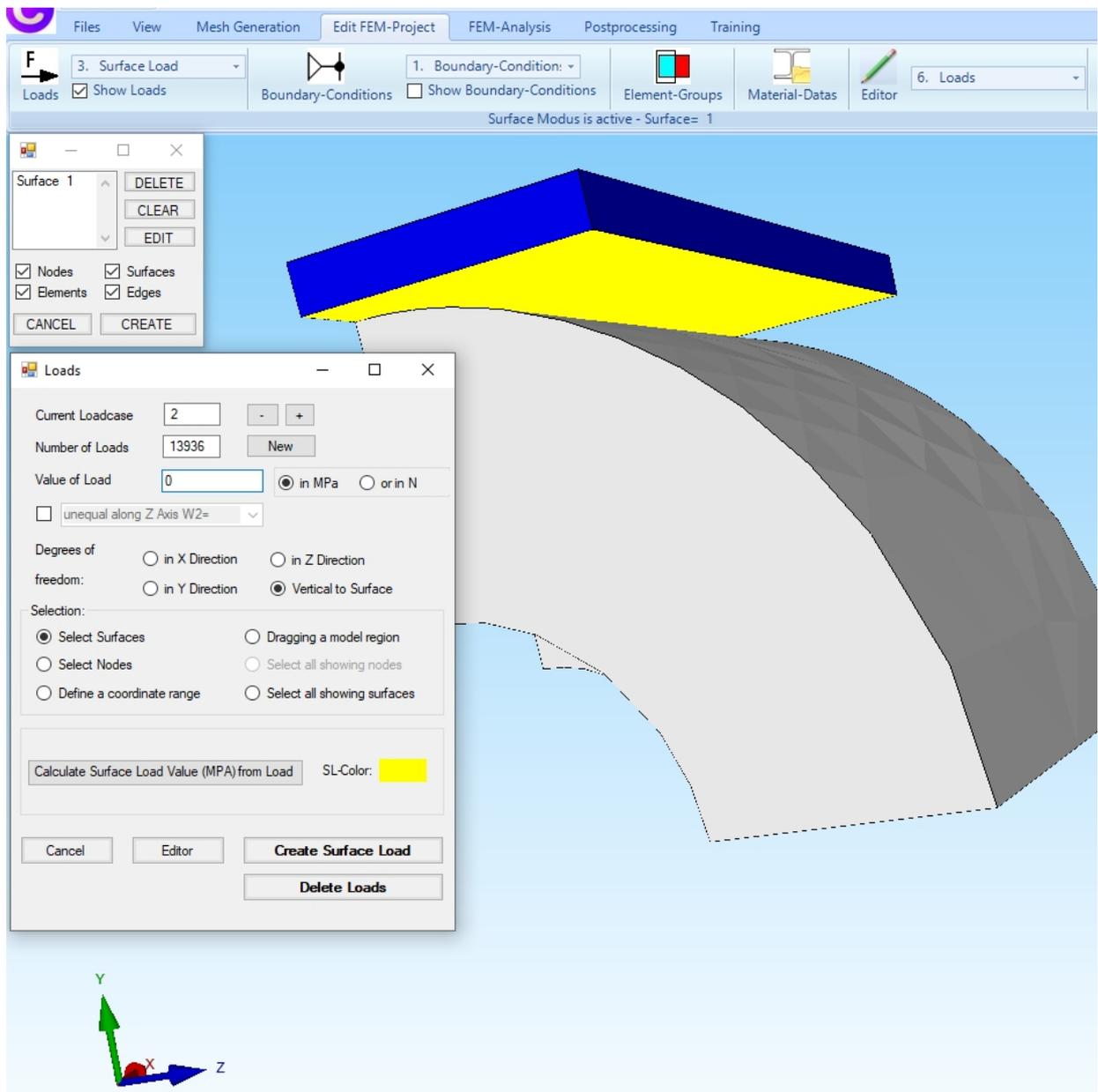
Wählen Sie das Register "FEM-Projekt bearbeiten" und "Flächenbelastung" um den Lastfall 1 senkrecht zur Fläche mit einem Mausklick auf die Surface 8 zu erzeugen. Surface 8 wird in der Selectbox angezeigt, dort mit "Erzeugen" den Lastfall erzeugen.



Master-Kontakt-Fläche erzeugen

Nun müssen die Master- und Slave-Kontakt-Flächen für die Kontakt-Berechnung eingegeben werden.

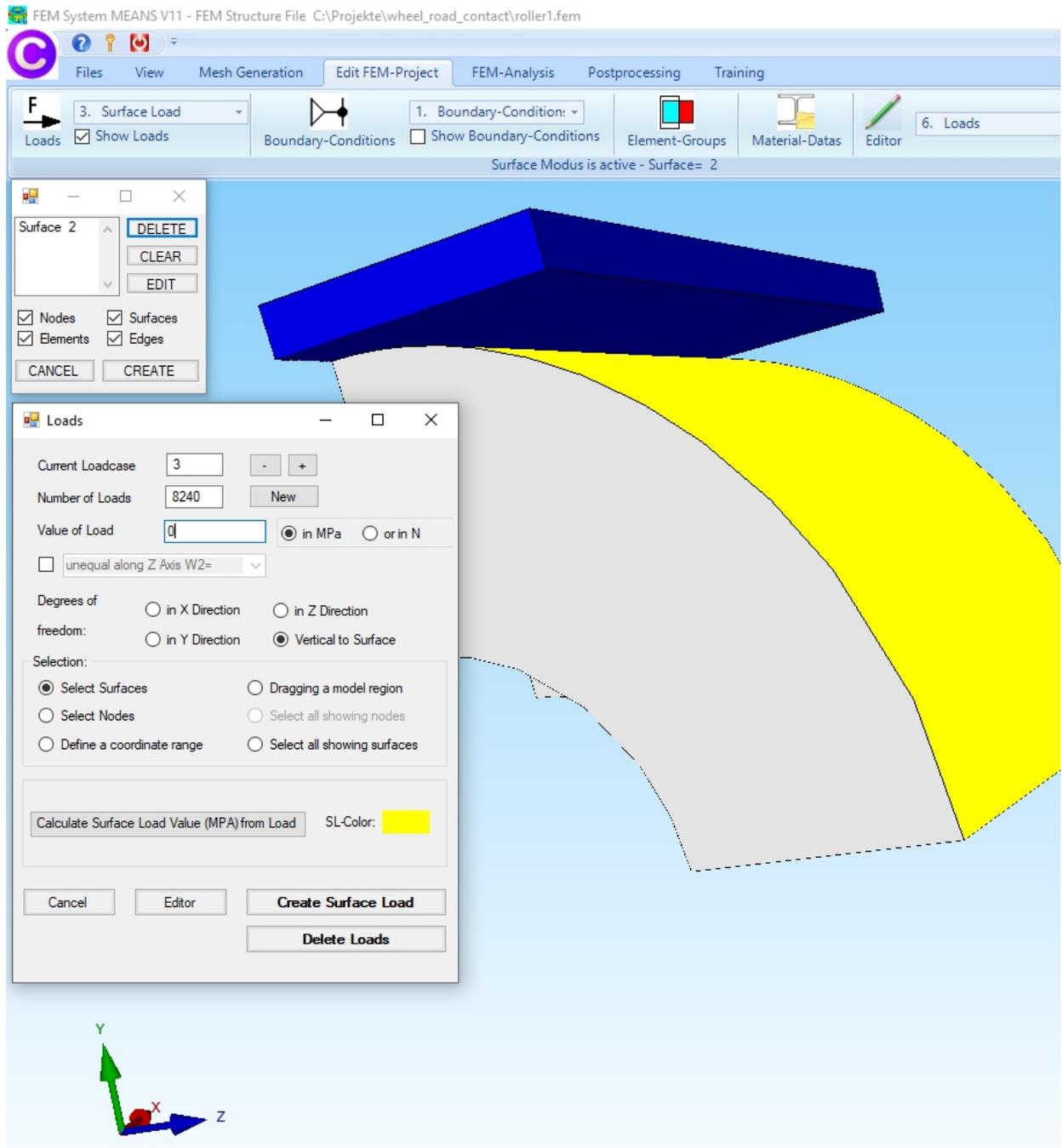
Wählen Sie wieder das Register "FEM-Projekt bearbeiten" und "Flächenbelastung" um Lastfall 2 mit einem Mausklick auf die Surface 1 zu erzeugen. Ein Wert oder eine Richtung ist nicht notwendig.



Slave-Kontakt-Fläche erzeugen

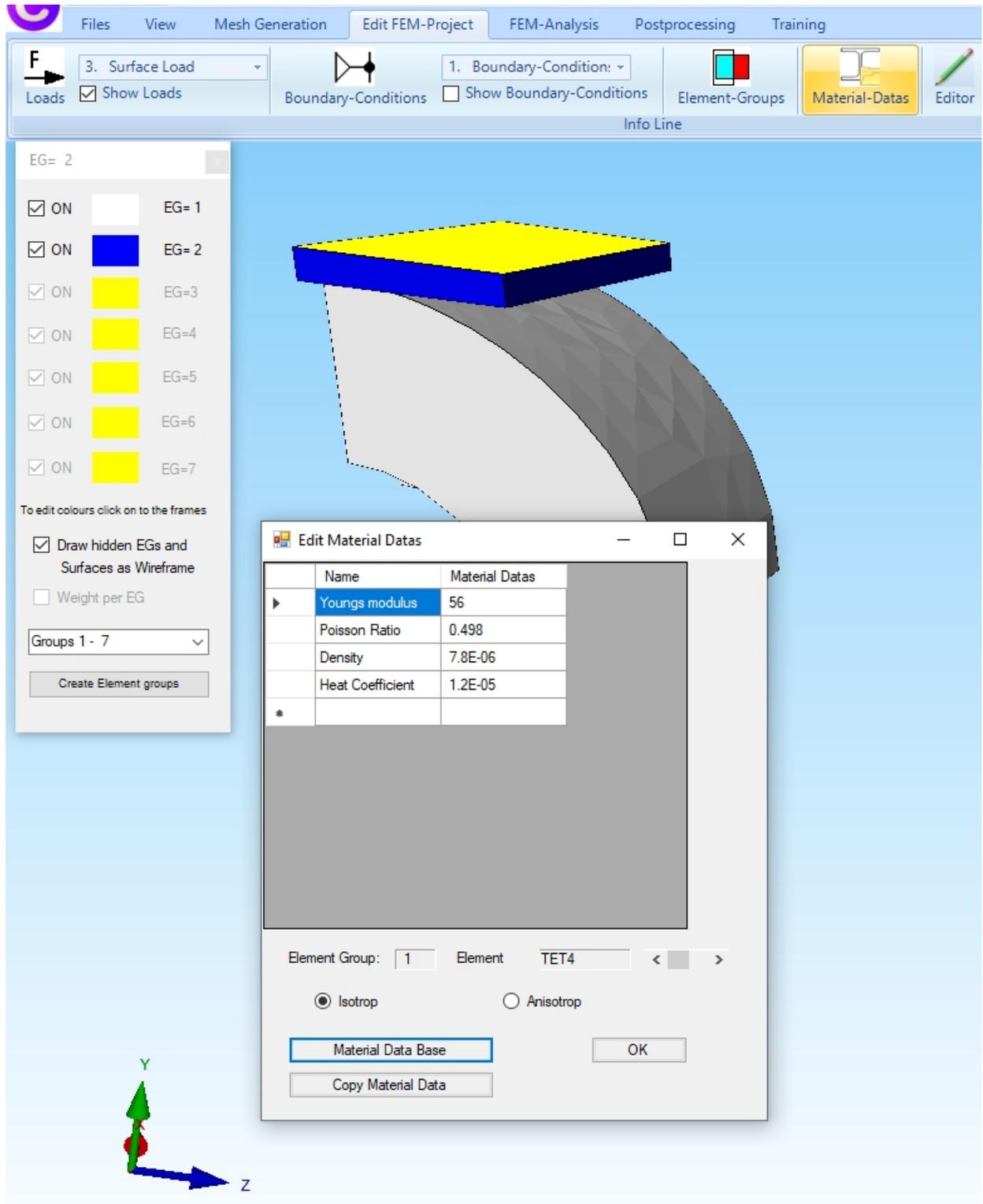
Es folgt die Eingabe der Slave-Kontakt-Fläche mit Lastfall 3.

Wählen Sie wieder das Register “FEM-Projekt bearbeiten” und “Flächenbelastung” um Lastfall 3 mit einem Mausklick auf die Surface 2 zu erzeugen. Ein Wert oder eine Richtung ist nicht notwendig.



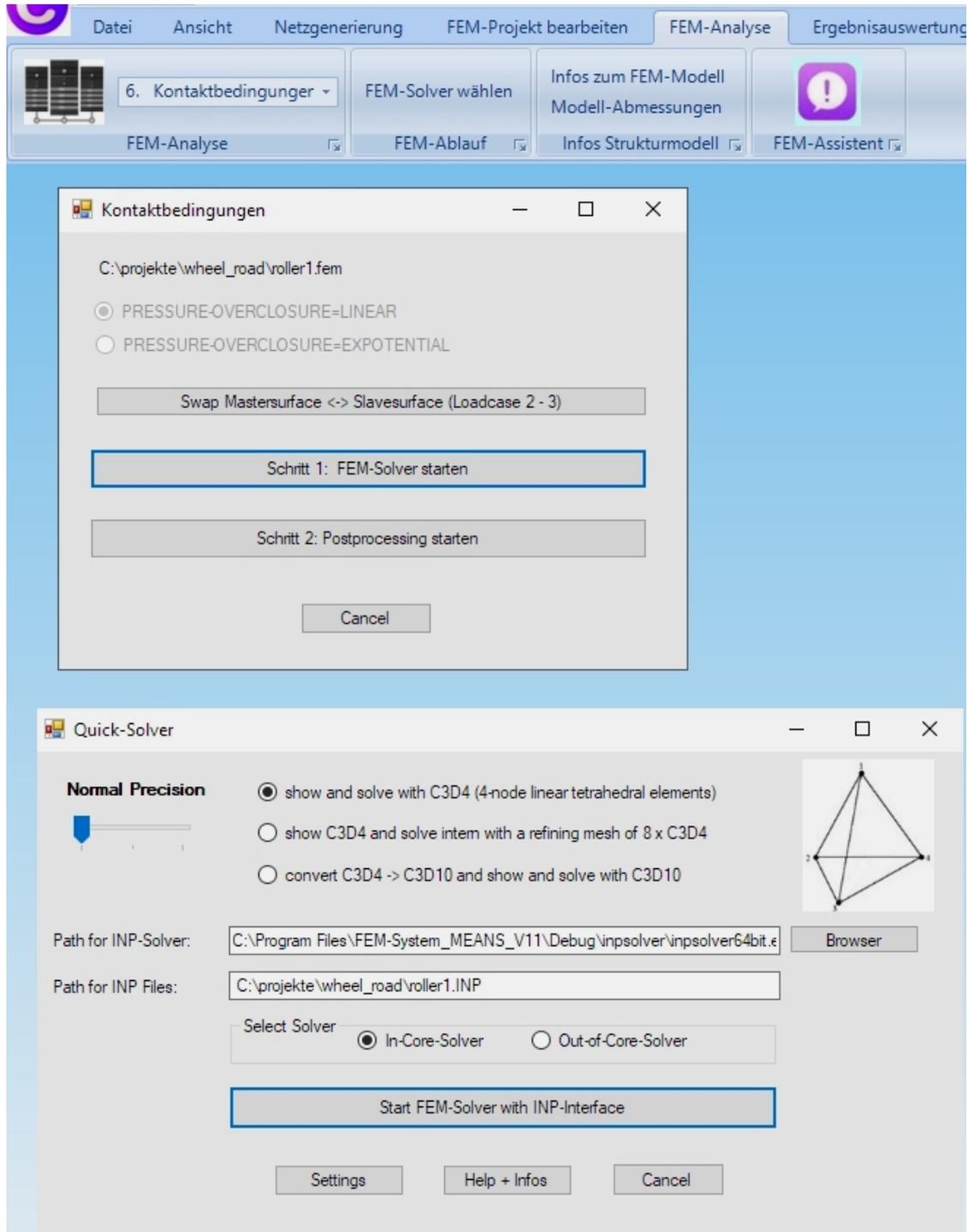
Materialdaten

Nun werden die Materialdaten mit dem Register "FEM-Projekt bearbeiten" und "Materialdaten" eingegeben. Geben Sie den E-Modul 56 N/mm² und die Poisson-Zahl mit 0.498 für die EG 1 mit dem PUR-Rad und den E-Modul 210000 N/mm² und die Poisson-Zahl mit 0.3 für die EG 2 mit der Steel-Road ein.



FEM-Kontaktberechnung

Das Kontakt-Modell ist nun fertig und kann berechnet werden. Wählen Sie das Register "FEM-Analyse" und "Kontaktbedingungen" und starten die FEM-Berechnung um die Verformungen und Spannungen mit den TET4-Tetraederelementen in wenigen Minuten zu berechnen.

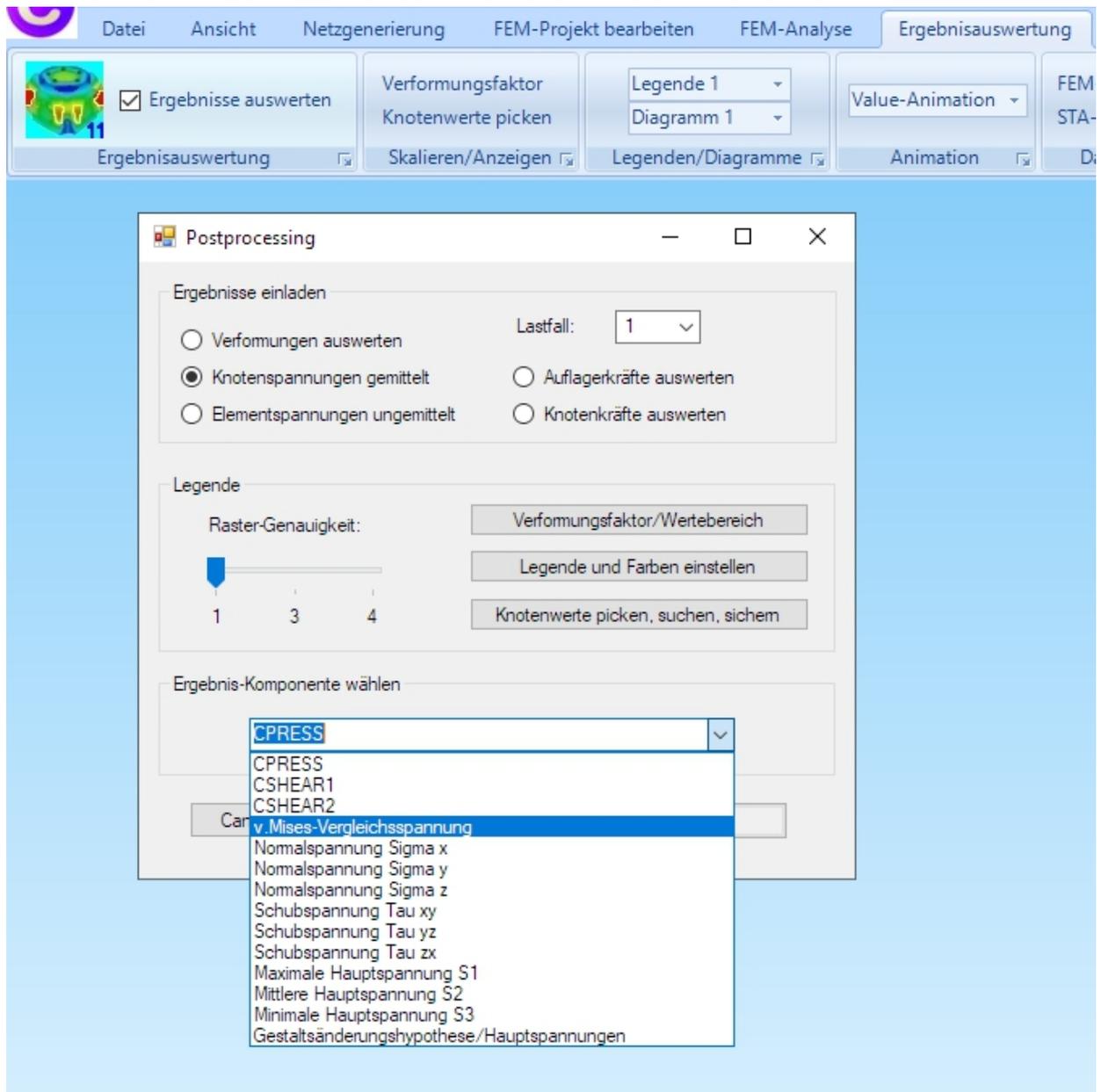


Ergebnisauswertung

Nach der Berechnung können die Ergebnisse ausgewertet werden.

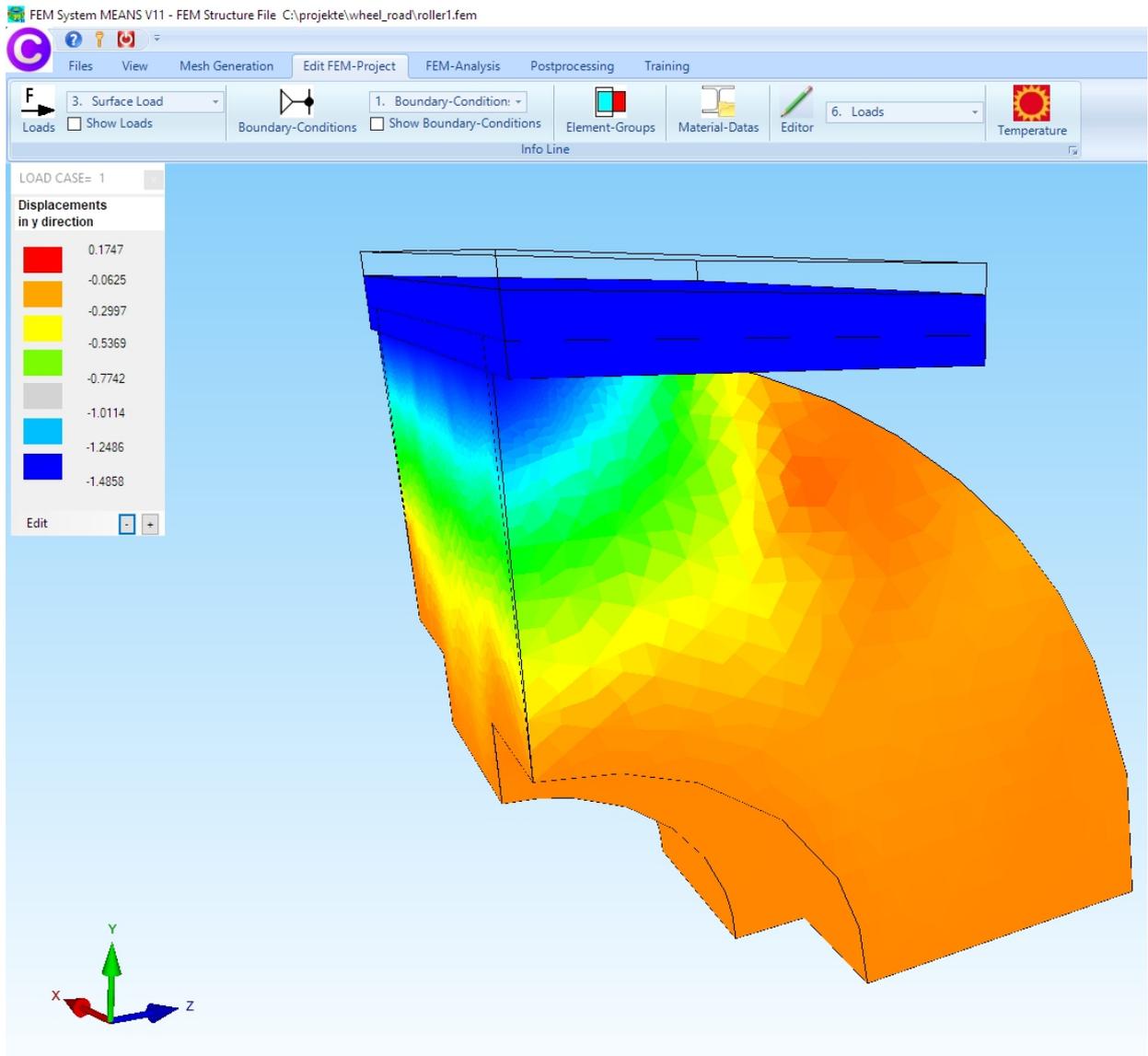


Wählen Sie das Register “Ergebnisauswertung” und wählen mit dem Icon die Menüs “Verformungen auswerten” oder “Knotenspannungen gemittelt” um das Postprocessing zu starten.



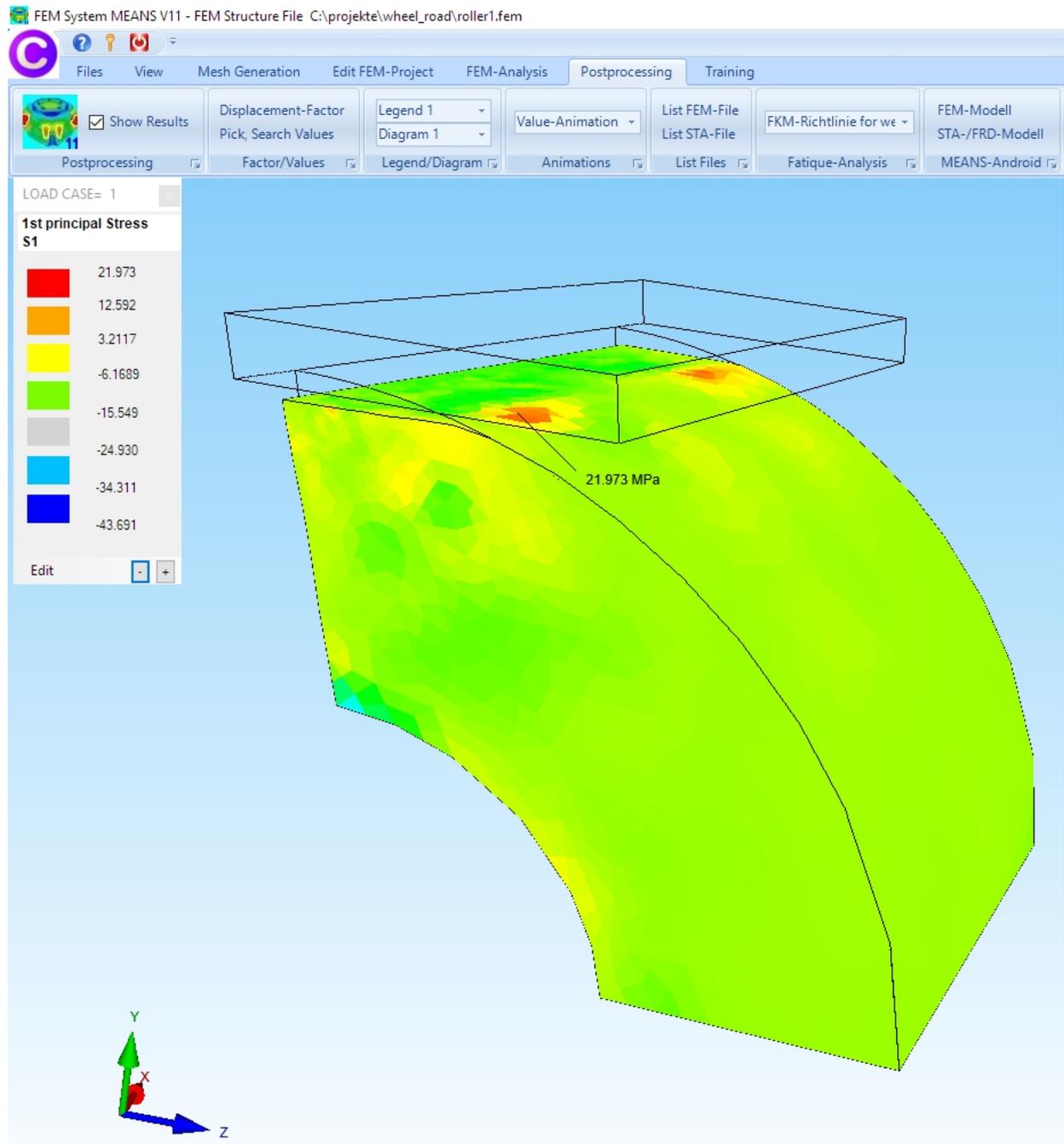
Verformungen

Max. Verformungen in Y-Richtung betragen -1.458 mm



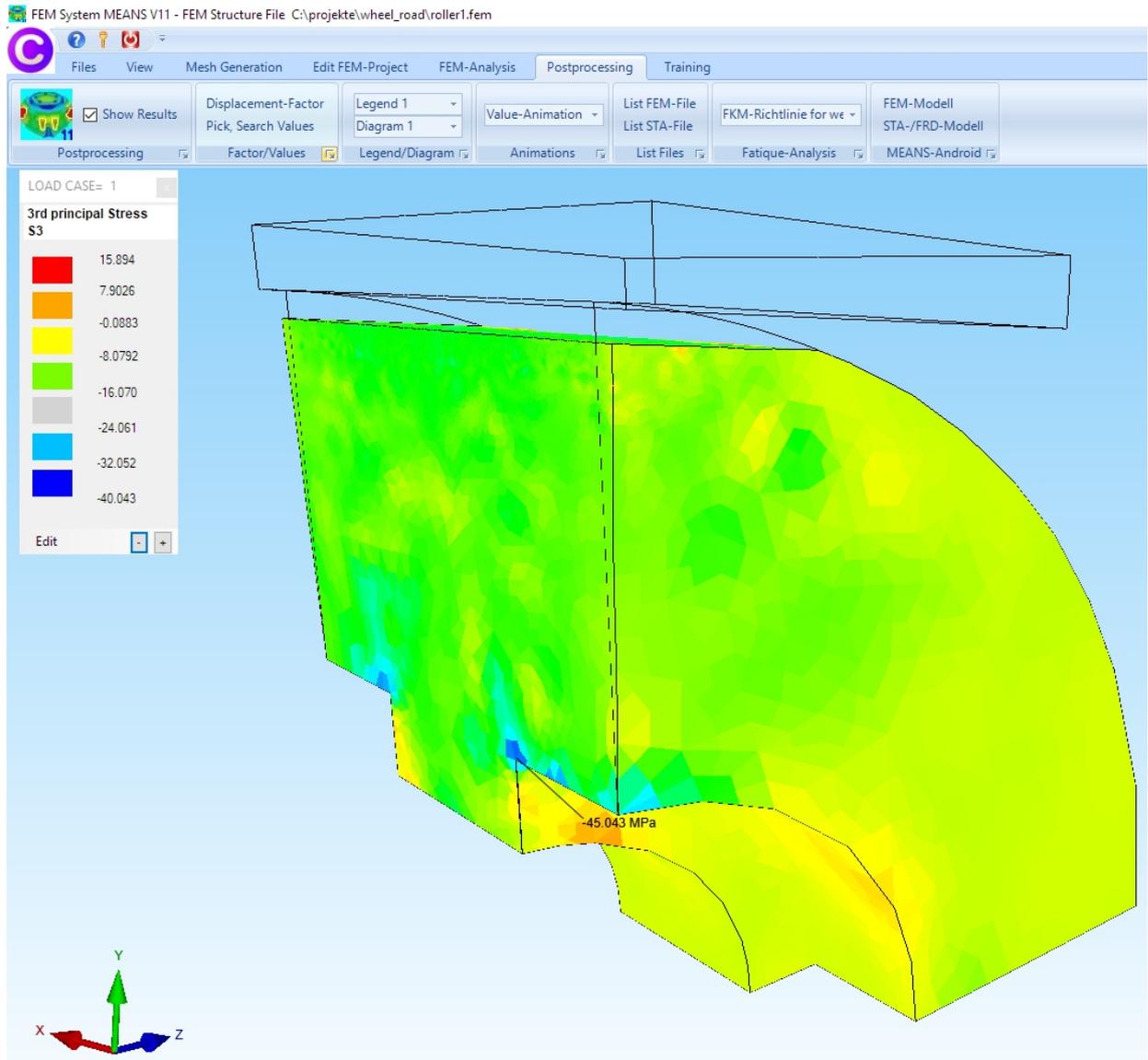
Zugspannungen des PUR-Rades

Die maximale Hauptspannung S1 beträgt 21.9 N/mm²



Druckspannungen des Rades

Minimale Hauptspannung S3 des Rades beträgt -45.04 N/mm^2



v.Mises-Vergleichsspannung der Stahl-Road

Die maximalen v.Mises-Vergleichsspannungen betragen 98.6 N/mm²

