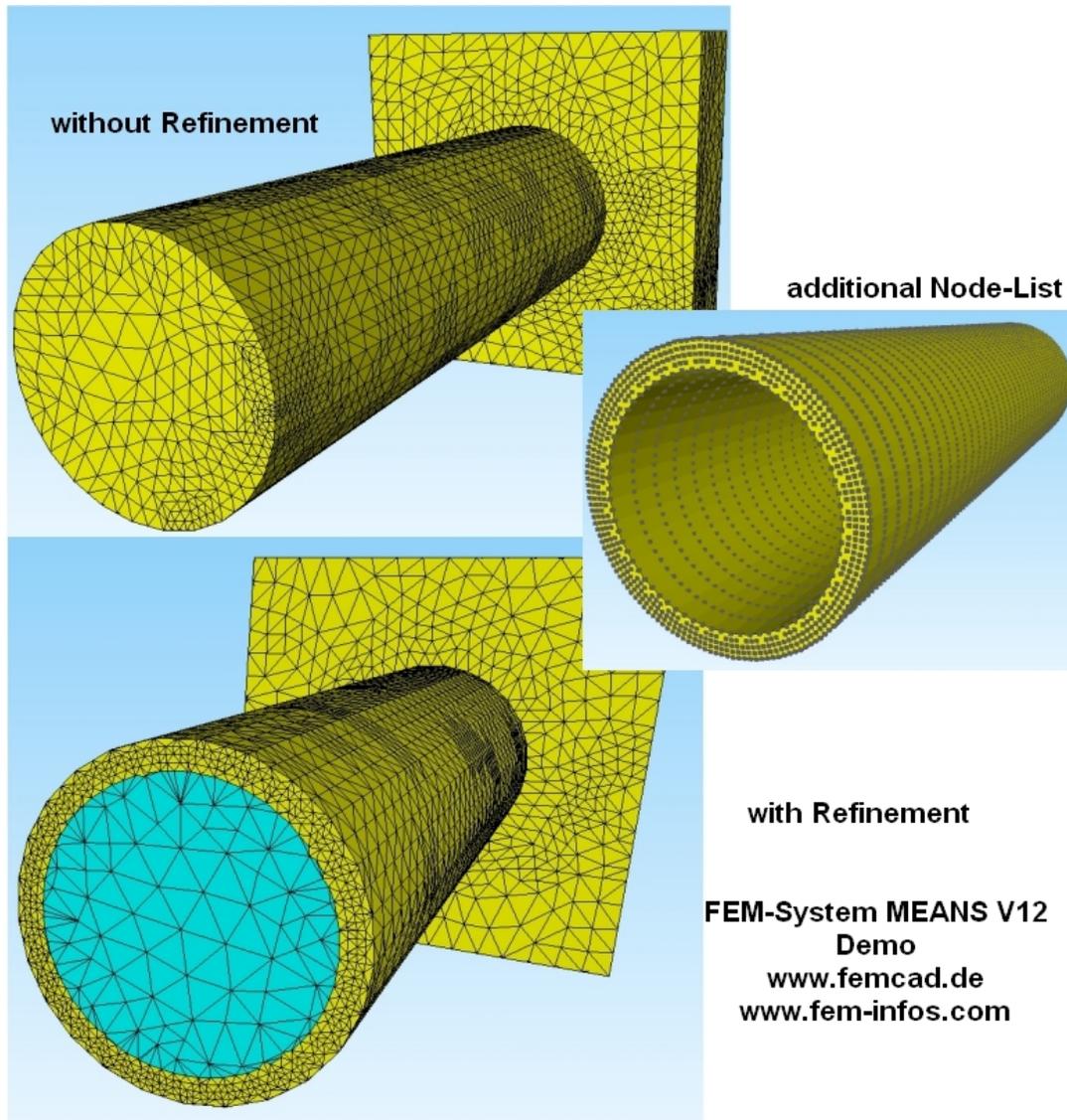


Kapitel 23 - Exzenterbolzen mit lokaler Netzverfeinerung und Torsionsmoment



(C) 2021
Ing.Büro HTA-Software
Maiwaldstraße 24
77866 Rheinau-Germany
www.femcad.de
www.fem-infos.com

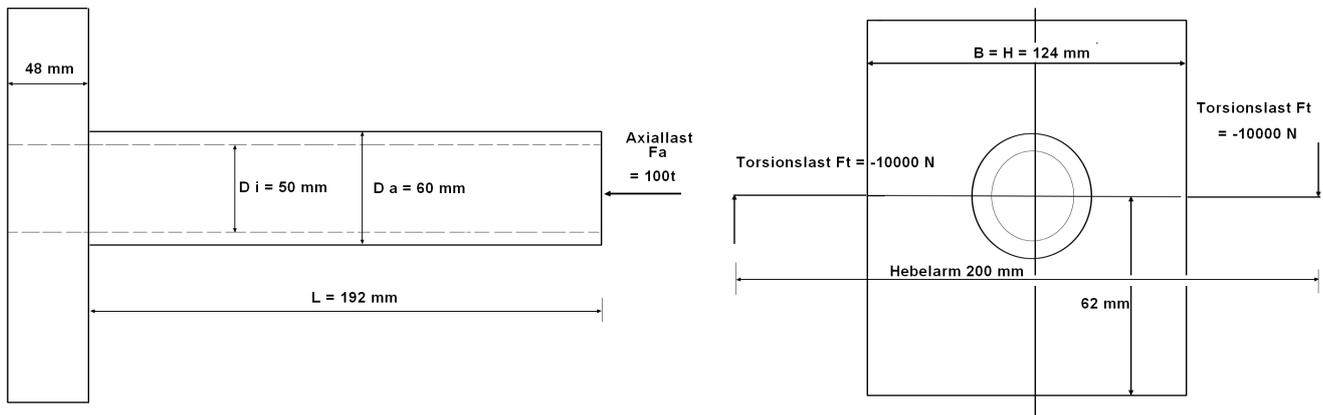
Kapitel 23 - Exzenterbolzen mit lokaler Netzverfeinerung und Torsionsmoment

In den Exzenterbolzen aus Kapitel 3 wird eine Bohrung mit $D = 50 \text{ mm}$ eingefügt. Die Bohrung wird erzeugt indem das Tetraeder-Netz mit einer zusätzlichen Knoten-Liste eines separat erzeugten Kreisringes neu vernetzt wird.

Mit dieser neuen Vernetzungsfunktion von MEANS V12 können hohe Spannungsbereiche gezielt feiner vernetzt oder neue Elementgruppen erzeugt werden.

1.1 Exaktes Ergebnis

Die Axialspannung kann durch die Axialkraft und dem Kreisringquerschnitt und die Torsionsspannung durch das Torsionsmoment und dem polaren Widerstandsmoment exakt berechnet werden.



Axialspannung = Axialkraft / Kreisringquerschnitt

$$= 1\,000\,000 \text{ N} \cdot 4 / 3.14159 \cdot (60^2 - 50^2) \text{ mm}^2 = 1157.49 \text{ N/mm}^2$$

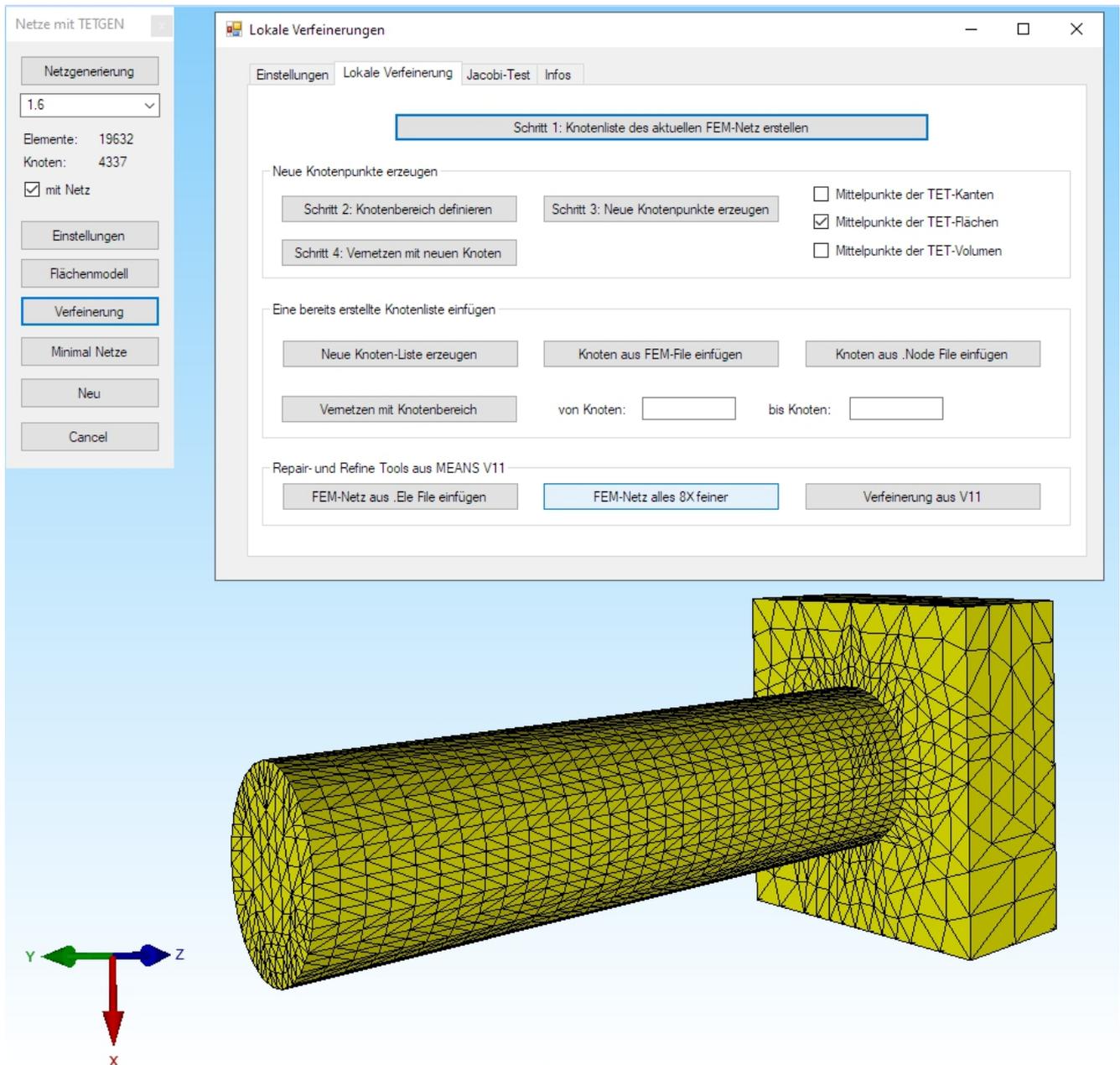
Torsionsspannung = Torsionsmoment / polares Widerstandsmoment

$$= 10000 \text{ N} \cdot 200 \text{ mm} \cdot 16 / 3.14154 \cdot (60^3 - 50^3) \text{ mm}^3$$

$$= 111.93 \text{ N/mm}^2$$

1.2 Exzenterbolzen generieren

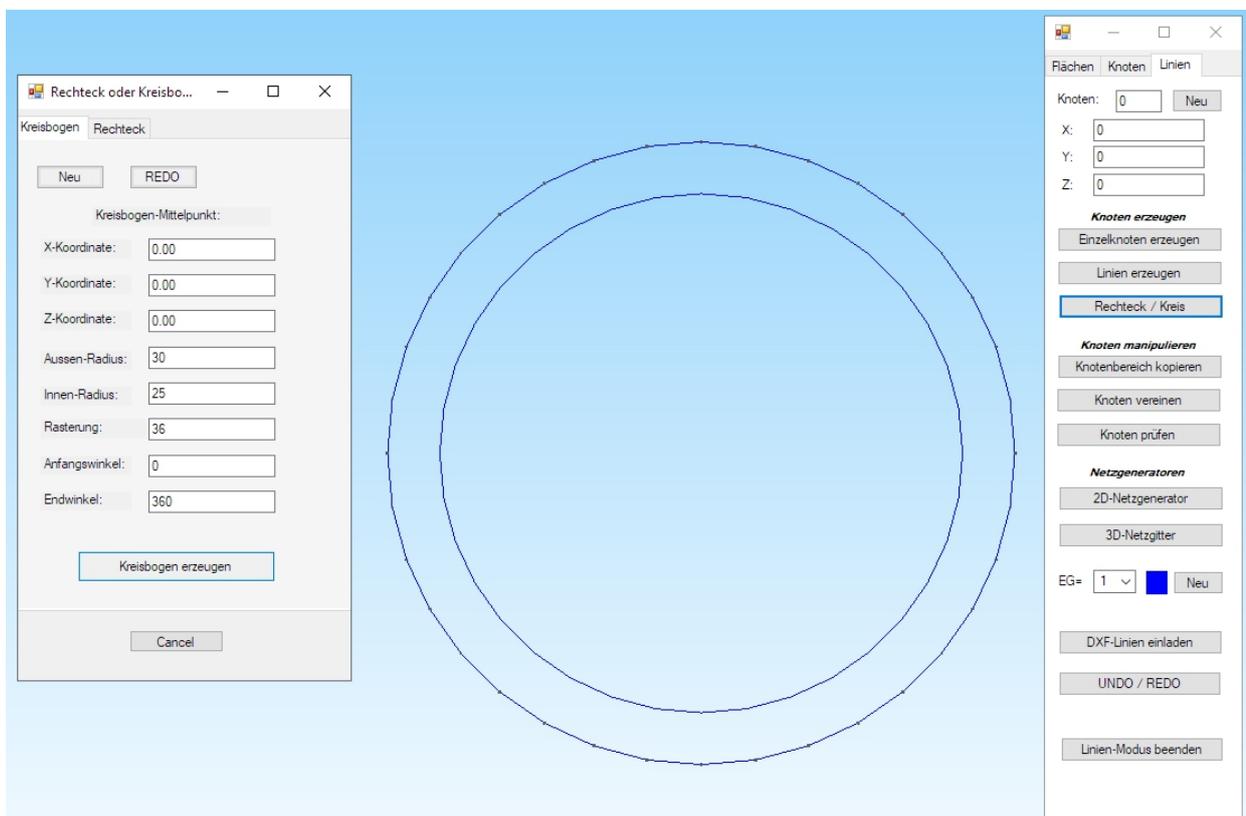
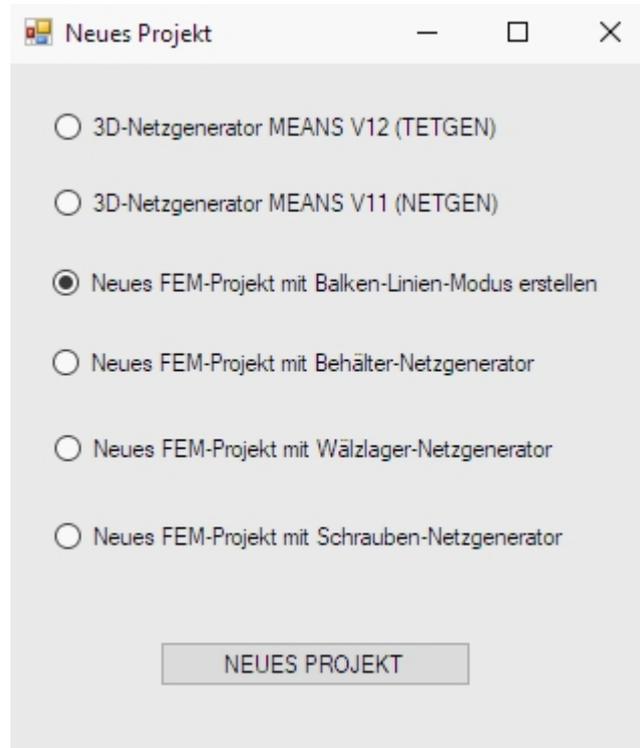
Wählen „Neu“ und „3D-Netzgenerator MEANS V12“ und generieren mit der STEP-Datei „Exzenterbolzen.step“ aus Kapitel 3 und der Netzdichte „1.6“ zuerst ein FEM-Netz aus 2454 Tetraedern. Danach wird mit Menü „Verfeinerung“ die neue Dialogbox für die Lokale Netzverfeinerung aufgerufen um mit dem Menü „FEM-Netz alles 8x feiner“ ein 8x feineres FEM-Netz mit 19632 Tetraeder zu erzeugen. Die FEM-Datei „tet4x8.fem“ sich merken da sie später wieder benötigt wird.



1.3 Kreisring erzeugen

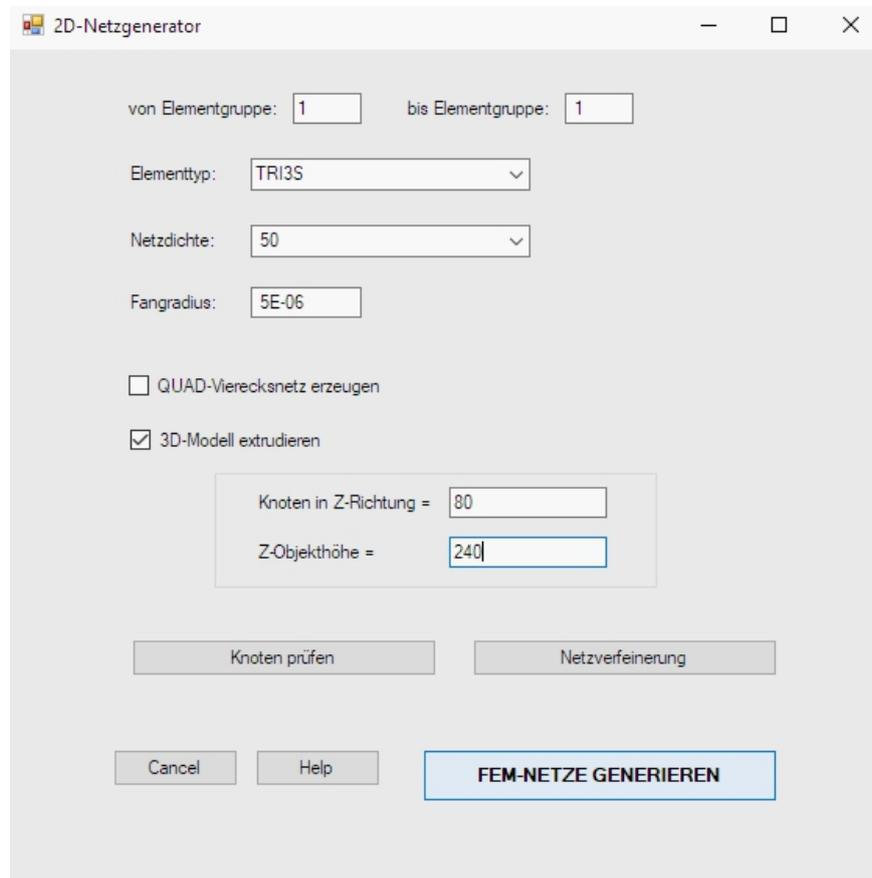
2D-Kreisring erzeugen

Wählen Sie das Register „Datei“ und „Neu“ sowie „Neues FEM-Projekt mit dem Menü Balken-Linien-Modus“ um ein 2D-Kreisring mit $R_a = 30$ mm und $R_i = 25$ mm zu erzeugen

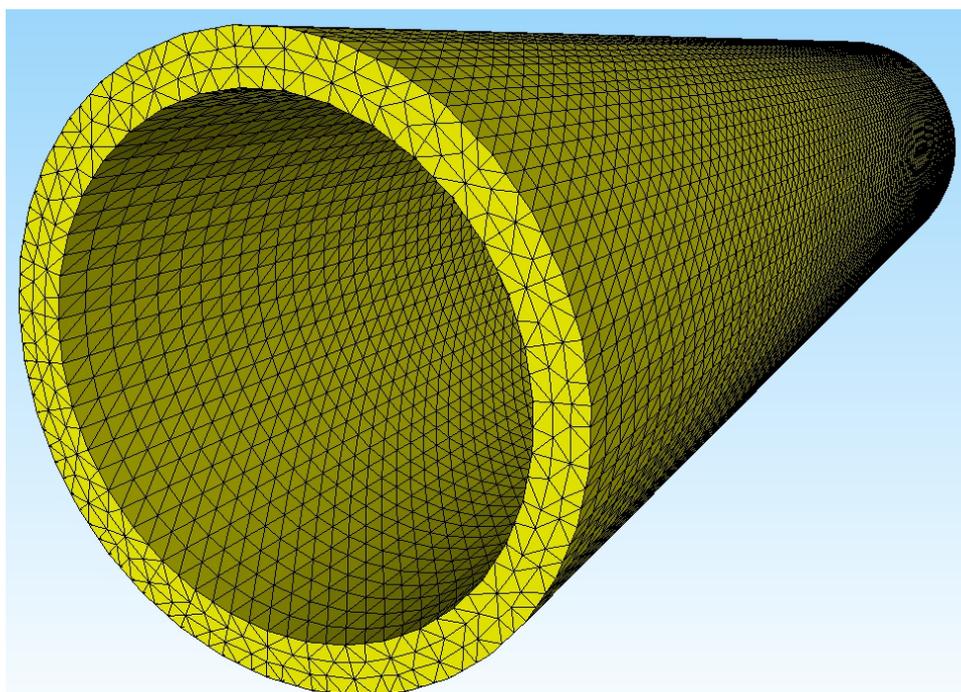


3D-Kreisring erzeugen

Wählen Sie im rechten Seitenmenü „2D-Netzgenerator“ und generieren mit einer Netzdichte in X- und Y-Richtung von „50“ und der Option „3D-Modell extrudieren“ ein 3D-Pentaeder-Modell.



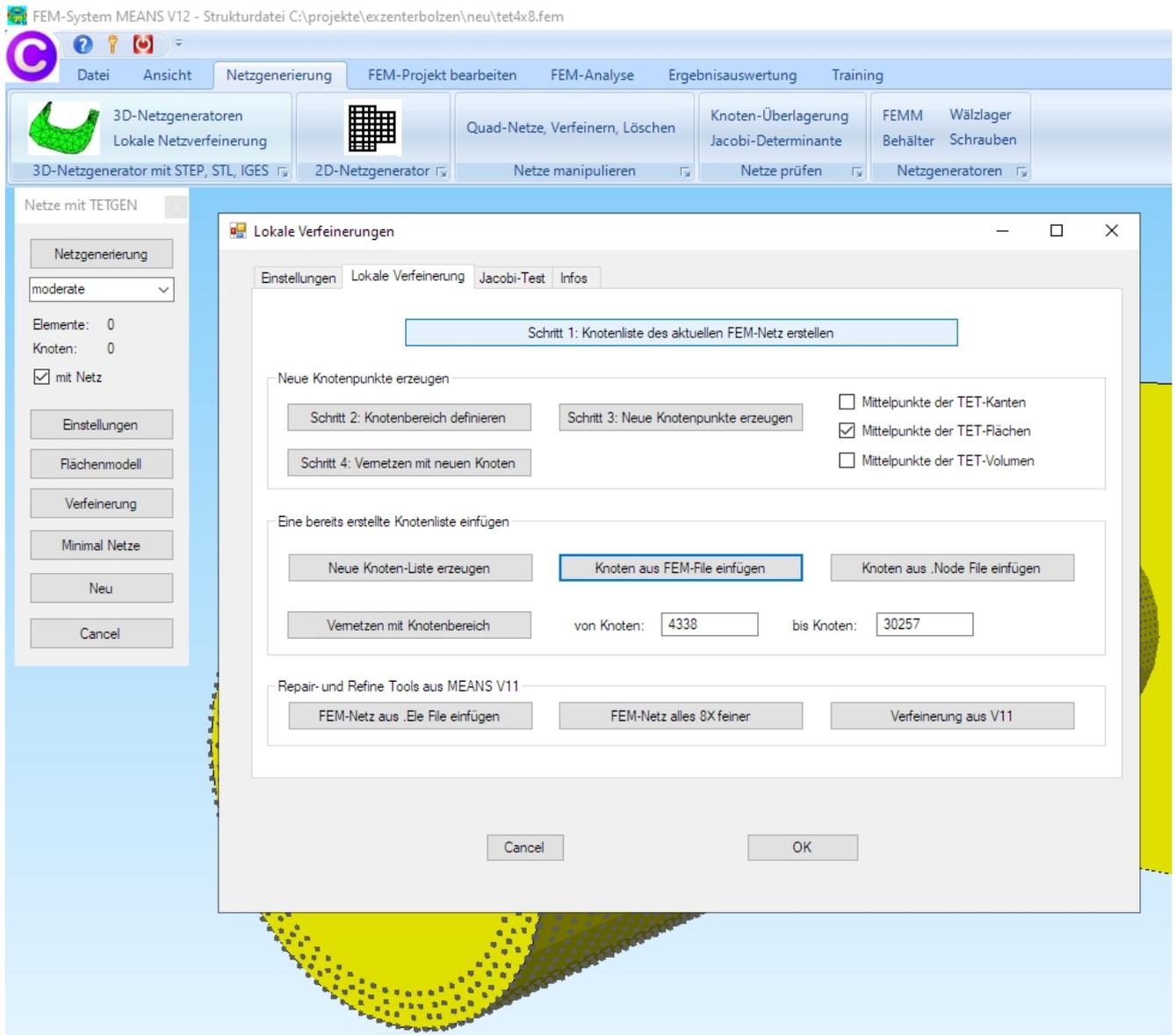
Das neue FEM-Modell mit einer Objekthöhe von „240“ mm und einer Z-Netzdichte von „80“ besteht aus 36972 PEN6-Elementen und 25920 Knotenpunkten und ist unter dem Namen „extrude.fem“ abgespeichert.



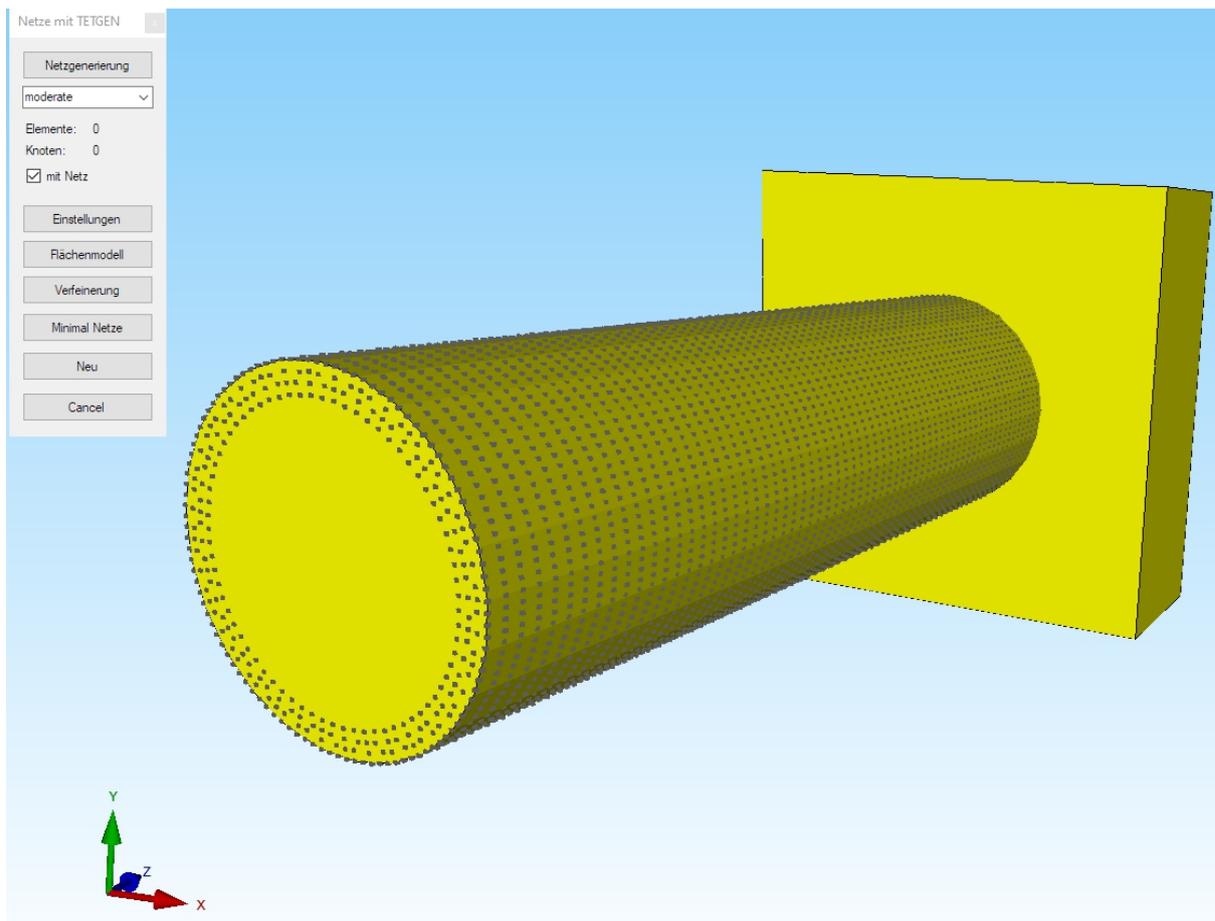
1.4 FEM-Netz mit einer zusätzlicher Knoten-Liste generieren

Laden Sie den verfeinerten Exzenterbolzen „tet4x8.fem“ wieder ein und wählen mit Register „Netzgenerierung“ und „Lokale Netzverfeinerung“ die Dialogbox für Lokale Netzverfeinerung.

Wählen Sie hier „Schritt 1: Knotenliste des aktuellen FEM-Netz erstellen“ um die Knoten-Liste des Exzenterbolzens für den Netzgenerator zu sichern.



Anschließend wählen Sie Menü „Knoten aus FEM-File einfügen“ und fügen die FEM-Datei „extrude.fem“ ein, es werden nun die Knotenpunkte des Kreisringes im Rendering- oder Drahtgitter-Modell dargestellt. Außerdem werden die zusätzlichen Knoten von 4338 bis 30257 in den beiden Knoten-Feldern eingetragen die auch editiert werden können.



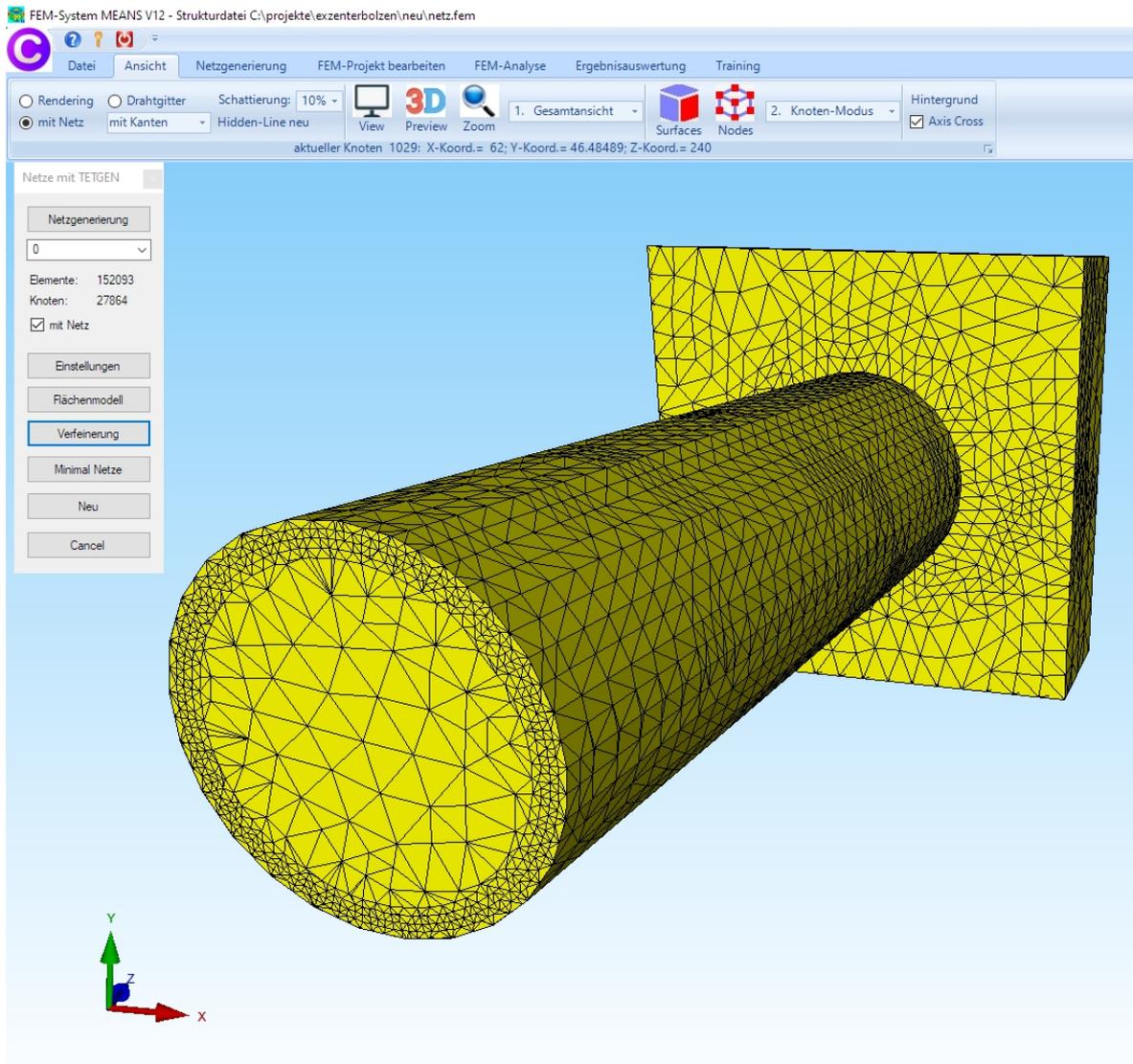
3D-Netzgenerierung

Wählen Sie das Menü „Vernetzen mit Knotenbereich“ um das FEM-Netz des Exzenterbolzens mit dem Kreisring als zusätzliche Knoten-Liste neu zu vernetzen.

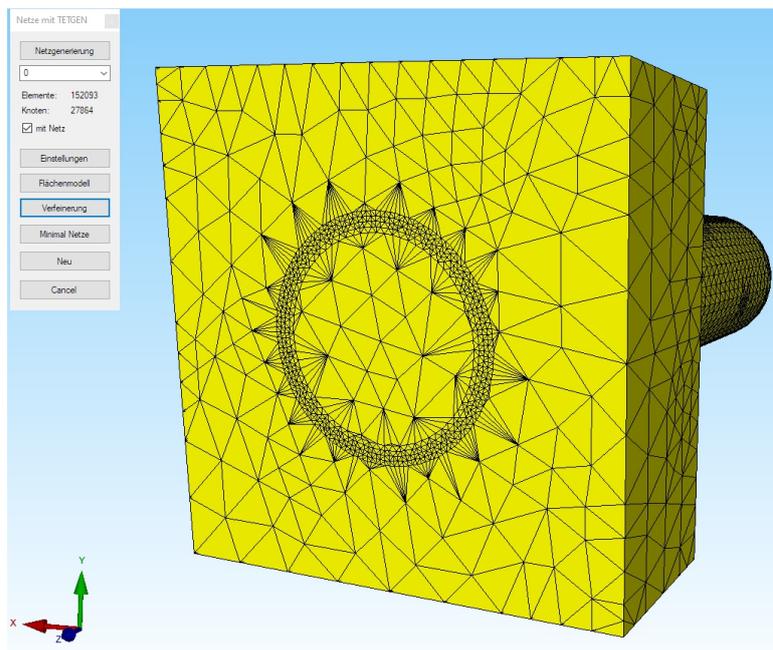
Nach etwa 10 Minuten Rechenzeit wird ein FEM-Modell mit 140 199 TET4-Elementen und 24 630 Knoten generiert und dargestellt.

C:\Program Files\FEM-System_MEANS_V12\Debug\meanstetxp.exe

```
Opening file.1.smesh.  
Opening file.1.node.  
Opening file.1.a.node.  
Constructing Delaunay tetrahedralization.  
Delaunay seconds: 1.43  
Creating surface mesh.  
Perturbing vertices.  
Delaunizing segments.  
Constraining facets.  
Segment and facet seconds: 1.173  
Removing unwanted tetrahedra.  
Hole seconds: 0.041  
Repairing mesh.  
Repair seconds: 0.03  
Insert additional points into mesh.
```

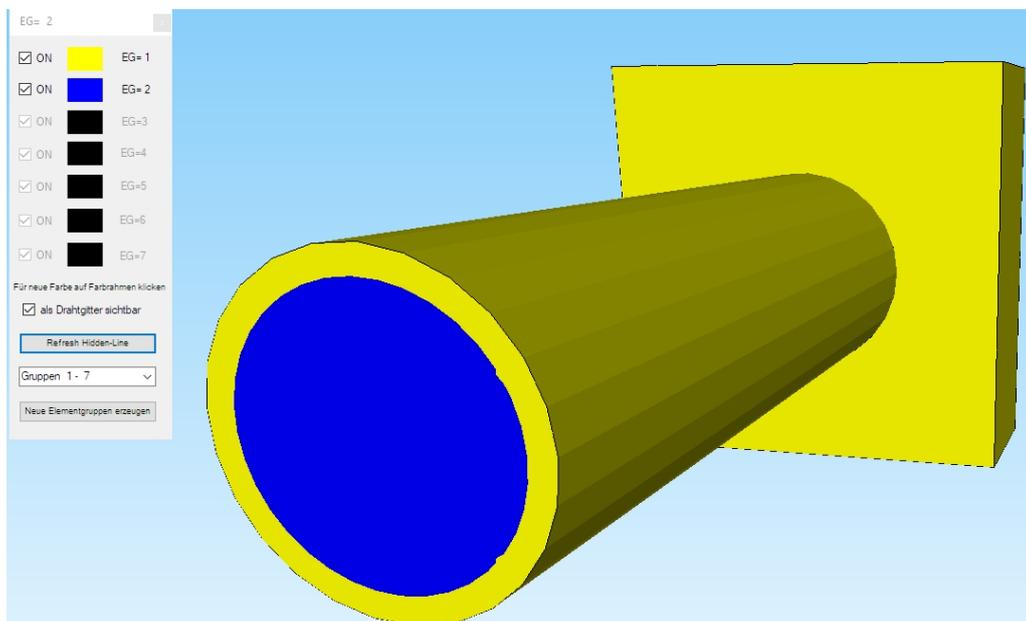
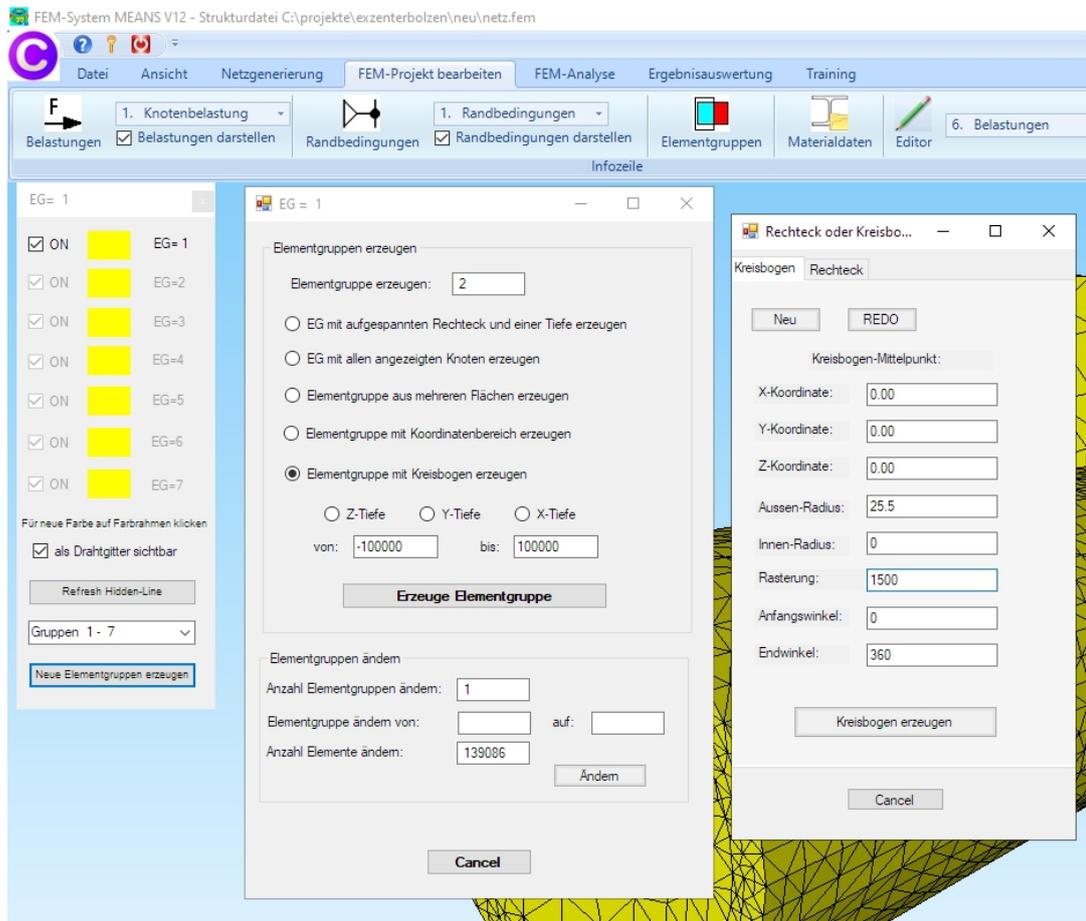


Die Bohrung geht nur durch den gesamten Exzenterbolzen wenn der Kreisring genau 240 mm lang ist. Kreisring-Knoten die außerhalb des Exzenterbolzens liegen werden nicht generiert.



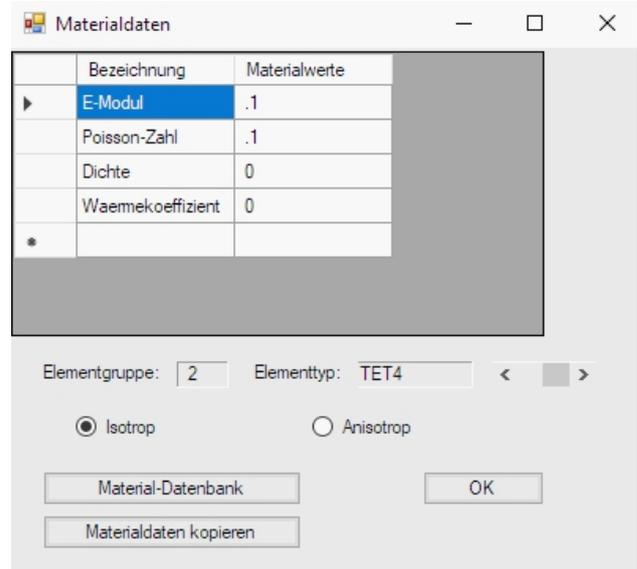
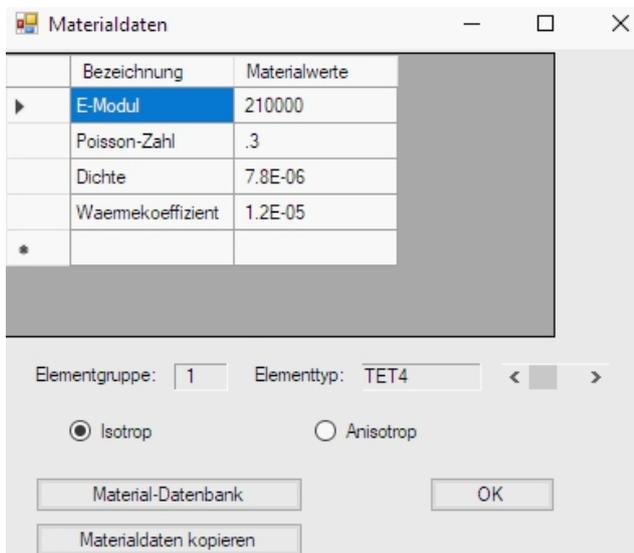
1.5 Kreisförmige Elementgruppe 2 erzeugen

Wählen Sie das Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und „Elementgruppen“ und das Menü „Elementgruppen erzeugen“. In der nächsten Dialogbox die Option „Elementgruppe mit Kreisbogen erzeugen“ und den Button „Erzeuge Elementgruppe“ wählen um mit einem Außenradius von „25.5“ und einer sehr hohen Rasterung von „1500“ die kreisförmige Elementgruppe 2 zu erzeugen.



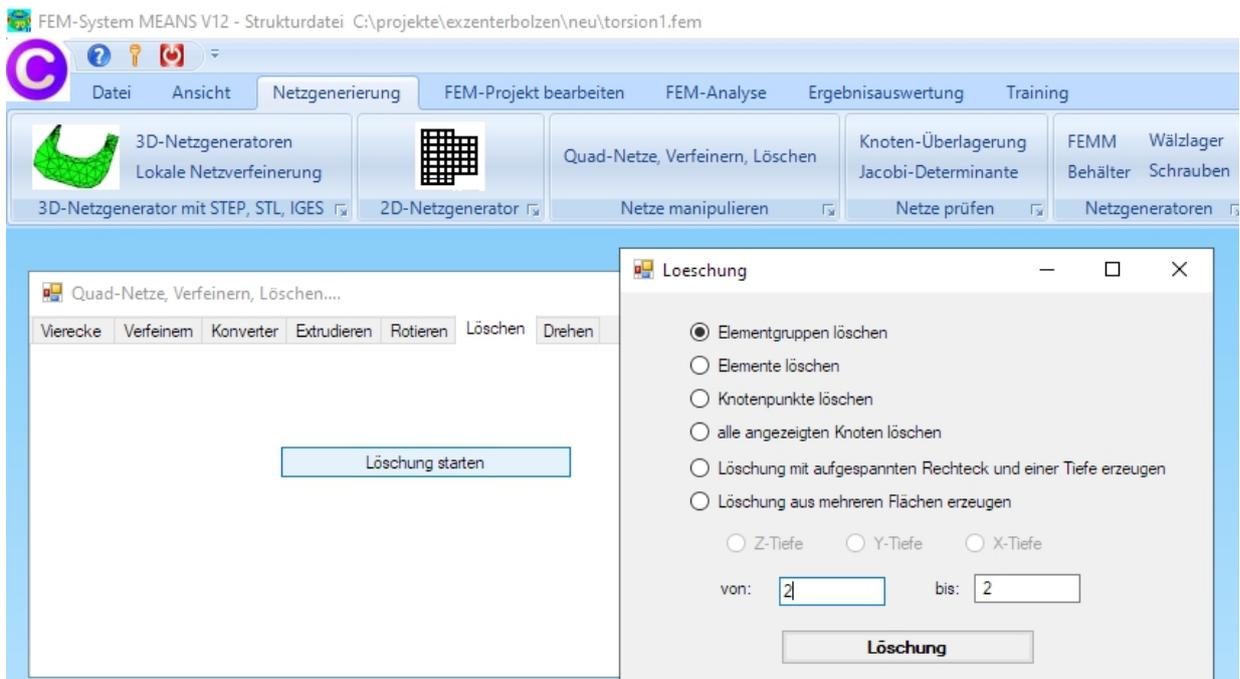
1.6 Bohrung simulieren

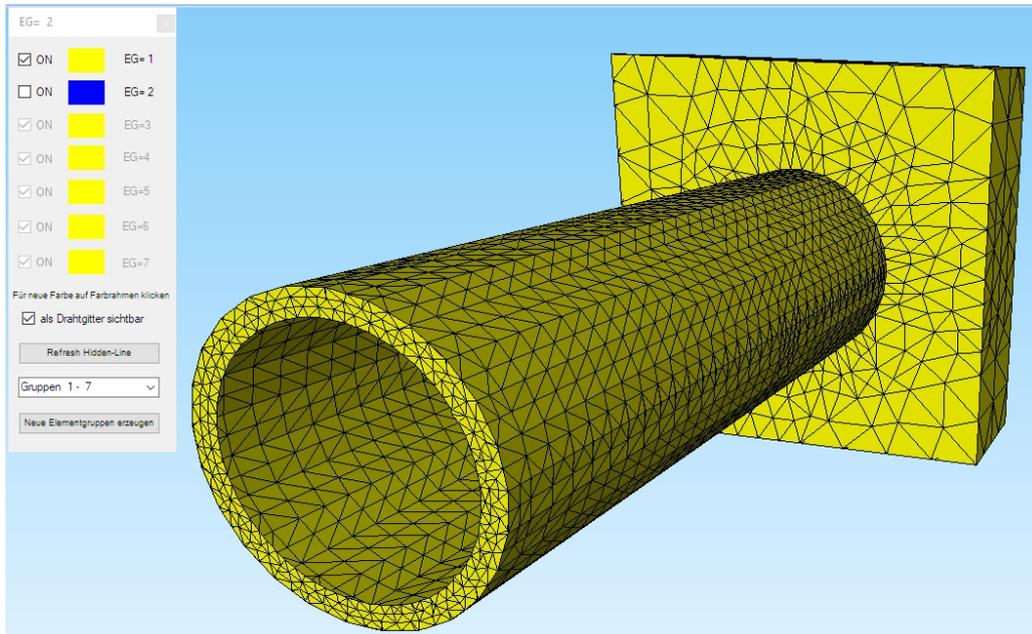
Elementgruppe 1 ist bereits für „Stahl“ voreingestellt, um die Bohrung zu simulieren werden die Materialdaten der Elementgruppe 2 einfach auf einen sehr kleinen Wert von „0.1“ gesetzt. Wählen Sie dazu das Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und „Materialdaten“.



1.7 Elementgruppe 2 löschen

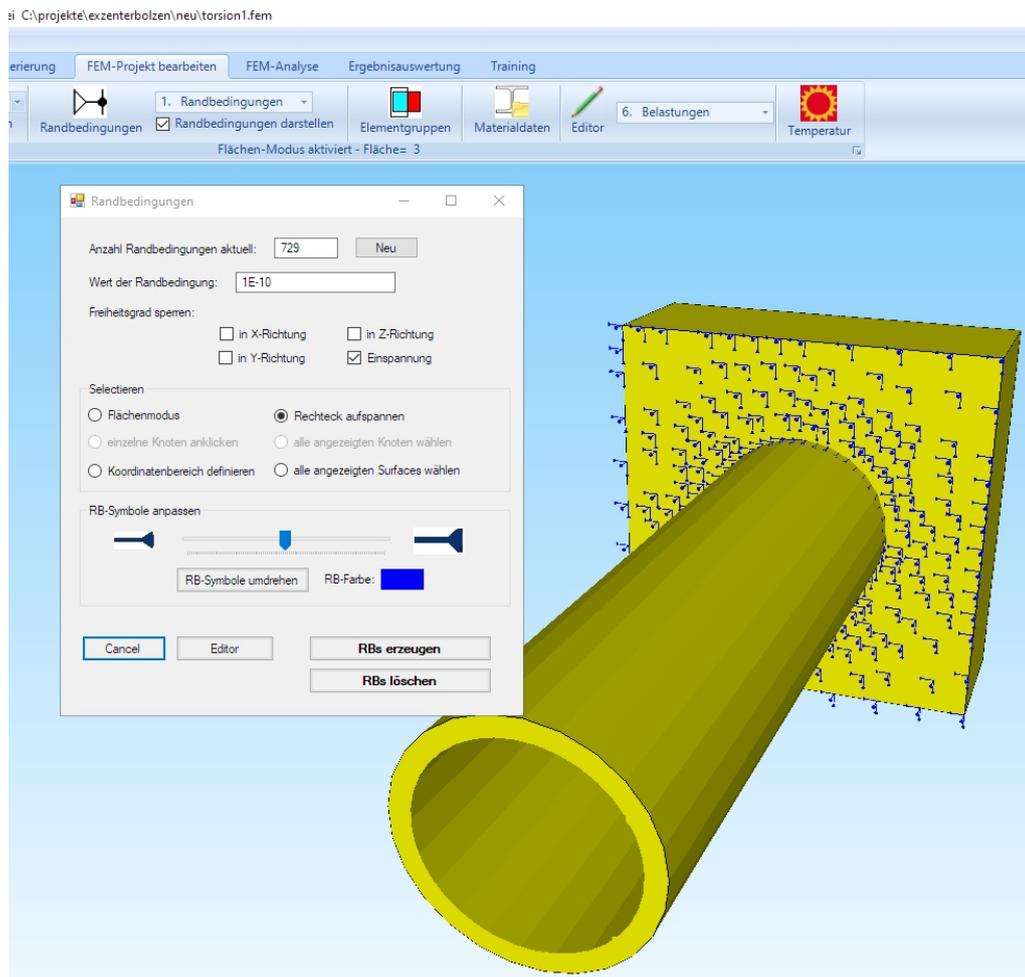
Um die Bohrung zu erzeugen muß die Elementgruppe 2 gelöscht werden. Wählen Sie Register „Netzgenerierung“ und „Quad-Netze, Verfeinern, Löschen“ und dann wieder „Löschen“ um die die Elementgruppe 2 mit einer nachträglichen Netz-Überprüfung zu löschen.





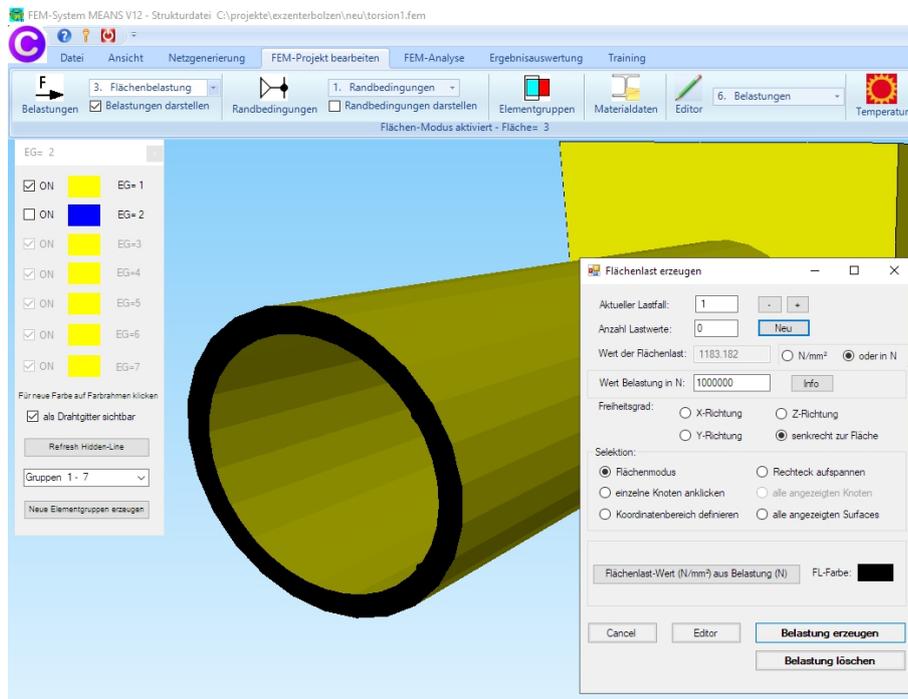
1.8 Einspannung

Mit Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und „Randbedingungen“ wird die Vorderfläche des Quades in X-, Y- und Z-Richtung fest eingespannt.



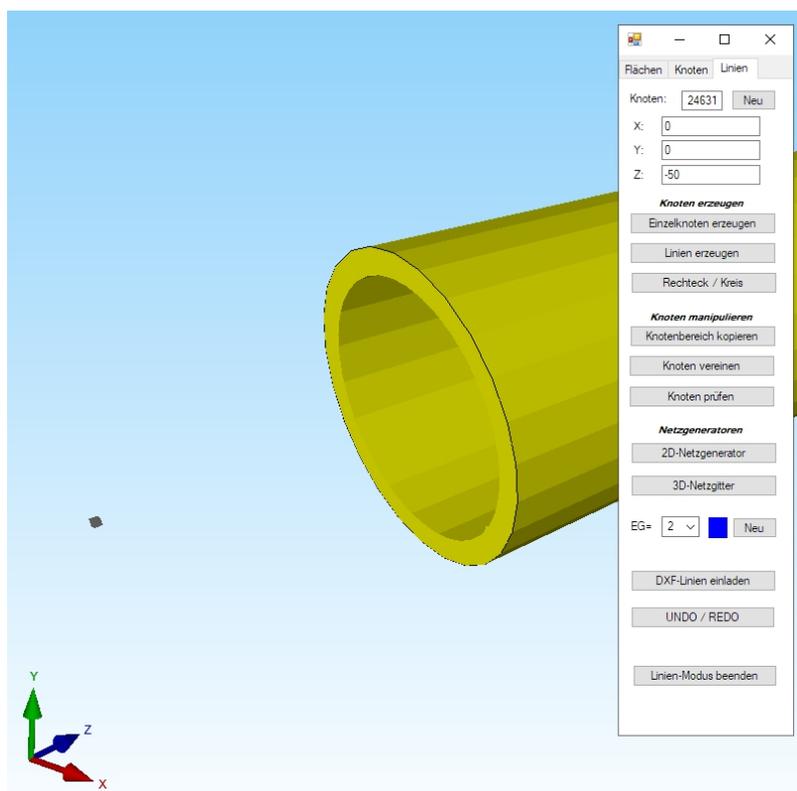
1.9 Eingabe der Flächenlast

Um die Flächenlast zu erzeugen blenden Sie zuerst die EG 2 aus und wählen einen neuen Hidden-Line, damit Fläche 3 für die Flächenlast mit 1 000 000 N selektiert werden. Wählen Sie „FEM-Projekt bearbeiten“ und „Flächenbelastung“ um die Last mit Fläche 3 zu erzeugen.

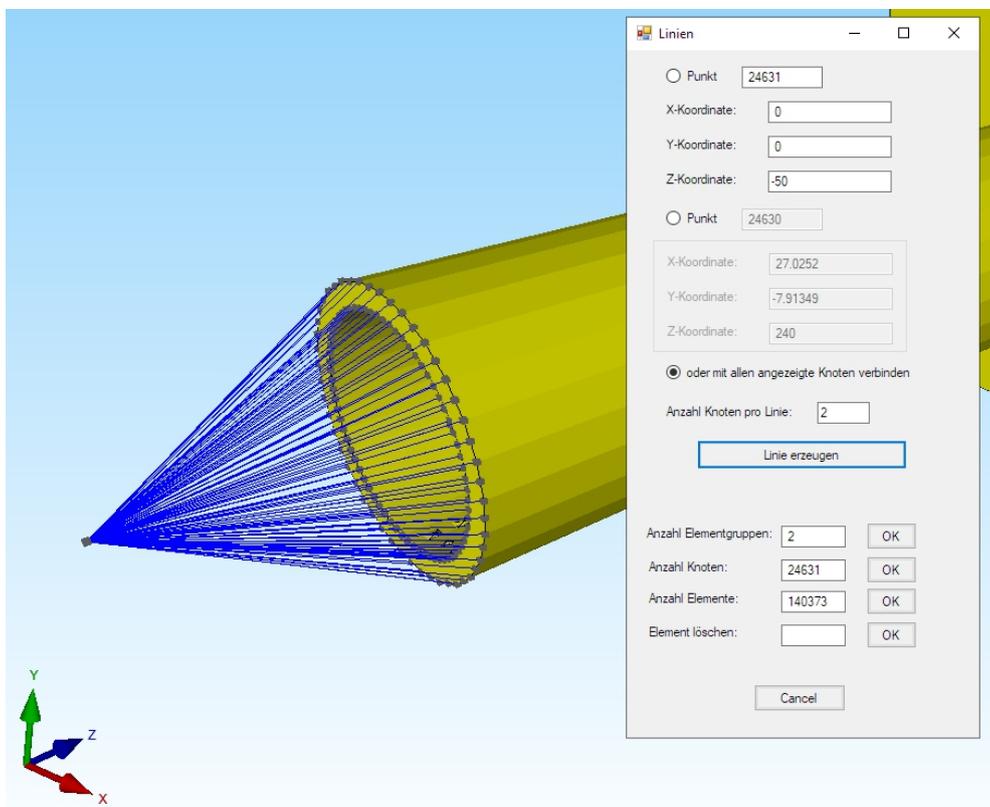
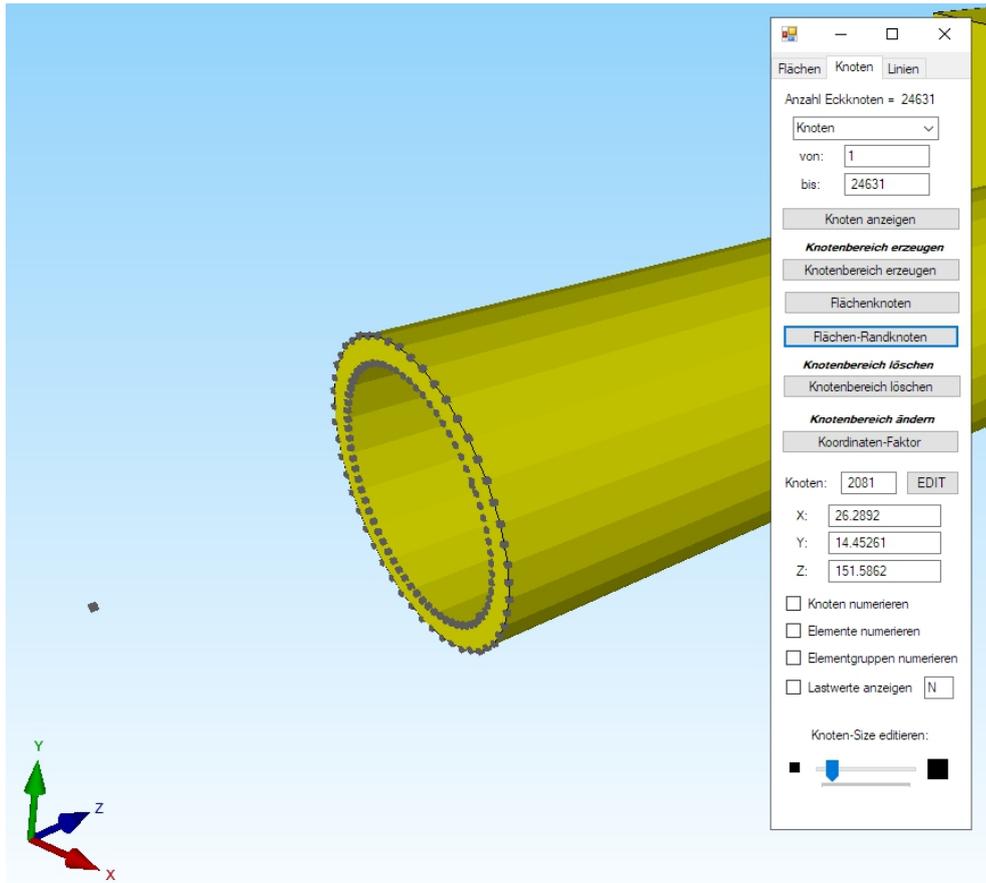


1.10 Eingabe der Torsionsbelastung

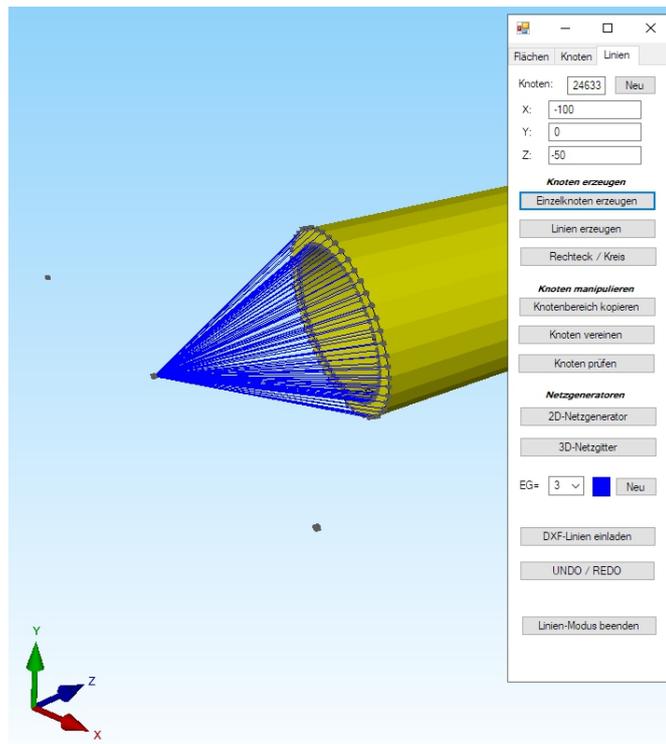
Die Torsionsbelastung ist etwas aufwendiger, da hier ein Balkenmodell zum Tetraeder-Netz erzeugt werden muß. Geben Sie im Linien-Modus mit „Neu“ den Knoten 24631 (0 / 0 / -50) ein.



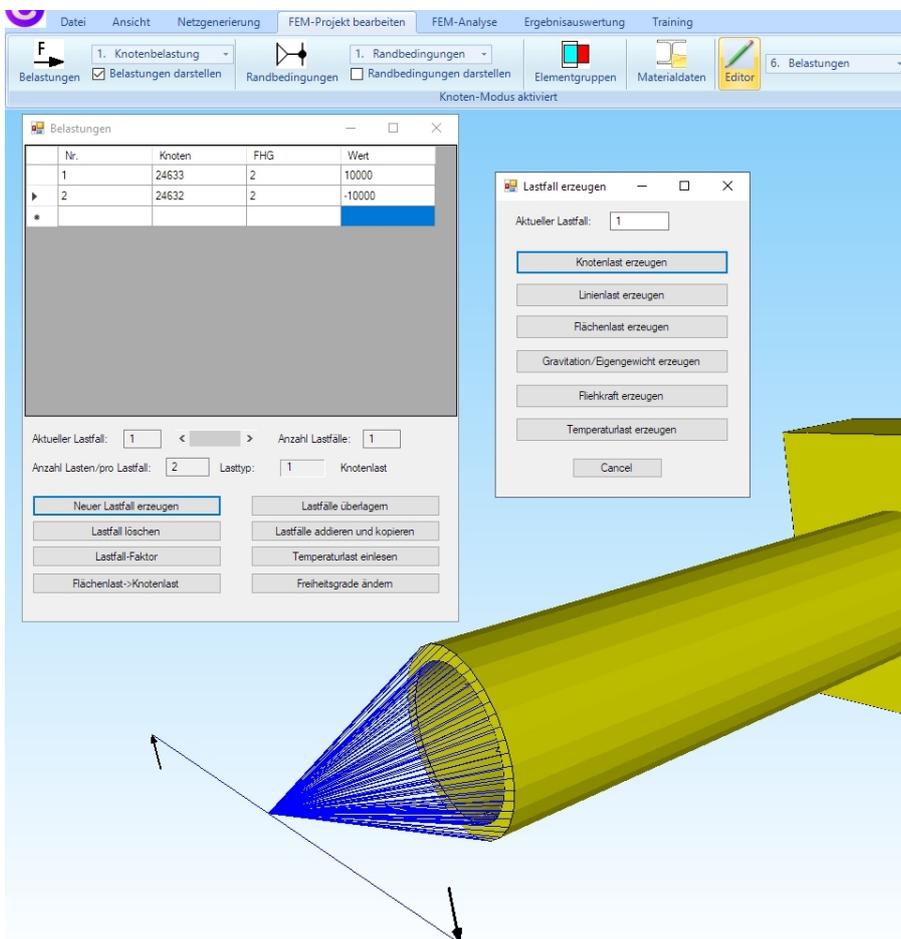
Erzeugen Sie dannach mit Menü „Flächen-Randknoten“ einen Knotenbereich der Fläche 3.



Jetzt die Knoten 24632 (-100 / 0 / -50) und 26633 (100 / 0 / -50) im Linien- Modus erzeugen und mit „Linien erzeugen“ die beiden Linien 24631/24632 und 24 631/24633 verbinden.



Wählen Sie das Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und „Editor“ um Lastfall 1 mit einer Knotenlast zu erzeugen. Im Editor mit „Anzahl Lasten pro Lastfall“ eine „2“ editieren und die Knoten 24632 und 24633 in Y-Richtung mit „FHG =2“ und einen Belastungswert von „10000“ und „-10000“ eingeben.

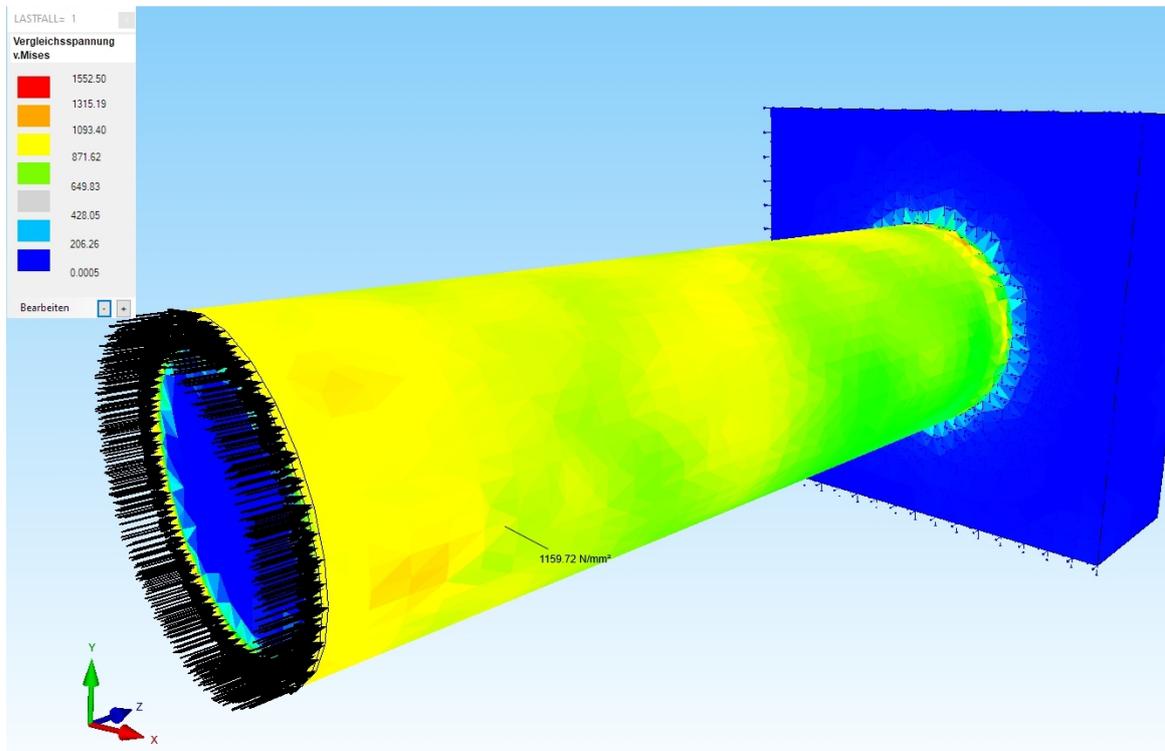


1.11 Ergebnisauswertung



Nach der FEM-Analyse können mit Register „Ergebnisauswertung“ und dem Icon-Menü die Axial- und Torsionsspannungen am Zylinder ausgewertet werden.

Lastfall 1: Axialspannung am Zylinder = 1159 N/mm² (exakt = 1157 N/mm²)



Lastfall 2: Torsionsspannungen am Zylinder = 127 N/mm² (exakt = 111 N/mm²)

