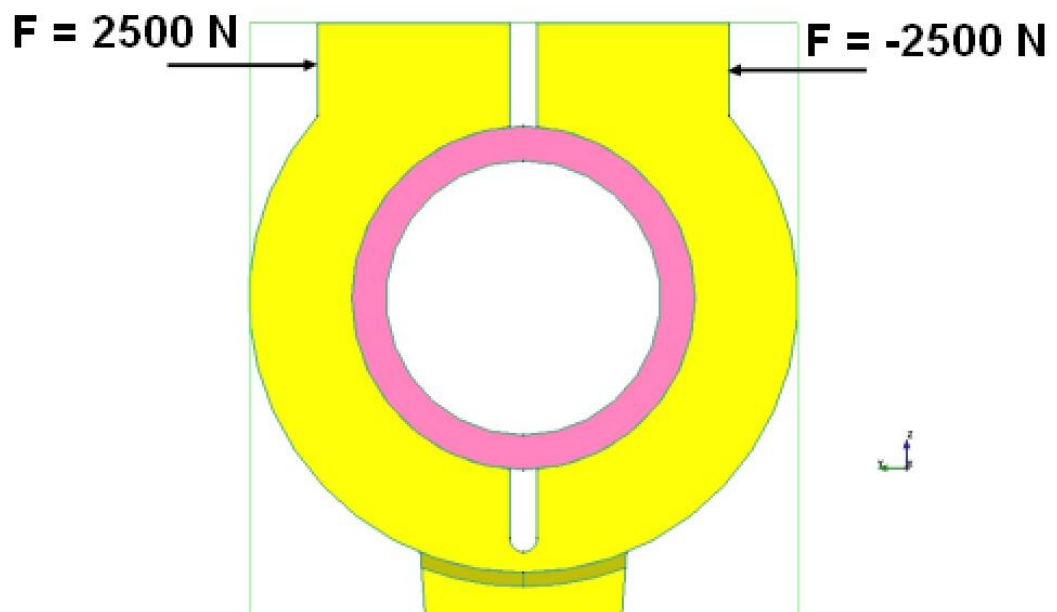
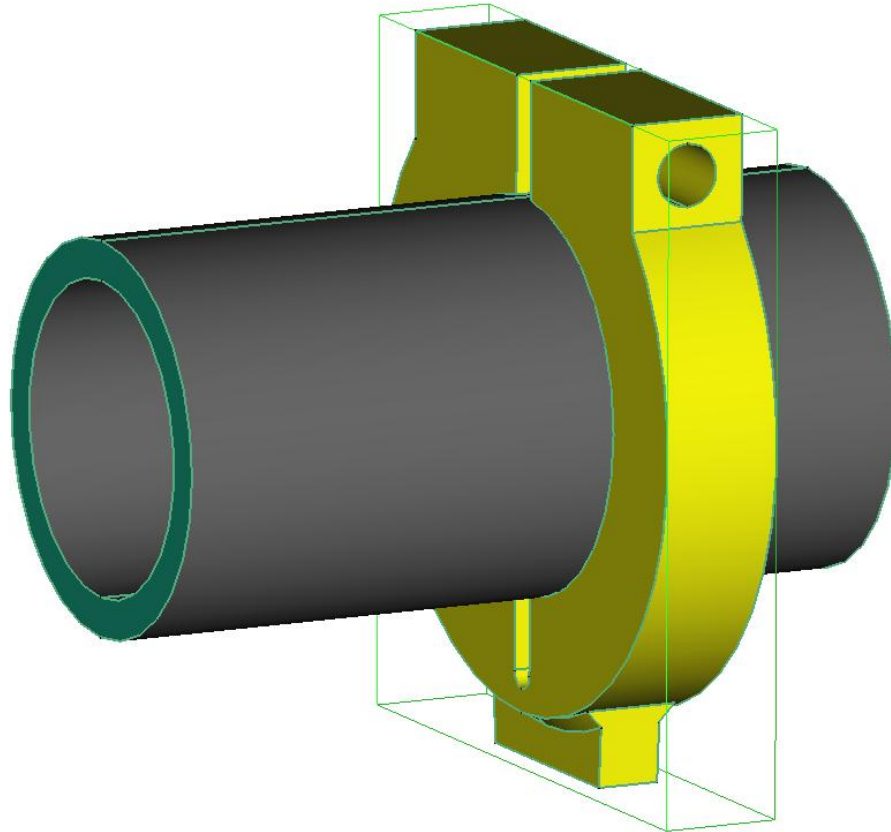


## Kapitel 36 - Kontaktanalyse einer Pressverbindung mit MEANS V13

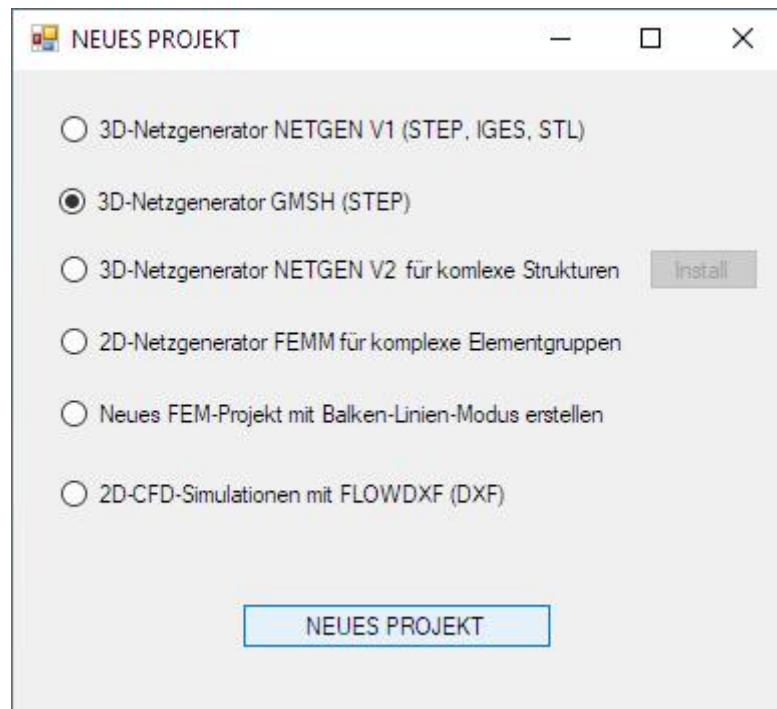
Die CAD-Baugruppe Pressverbindung besteht aus einer Klemme und einem Rohrstück. Folgende Berechnungen sollen durchgeführt werden:

1. Wie hoch ist die Kontaktspannung am Rohrstück wenn die Klemme mit einer Schraubenanzugskraft von 2500 N fest eingespannt wird.
2. Berechnung der Kontaktspannungen aus den oben berechneten Verformungen als vorgeschriebene Randbedingungen ohne Belastung.

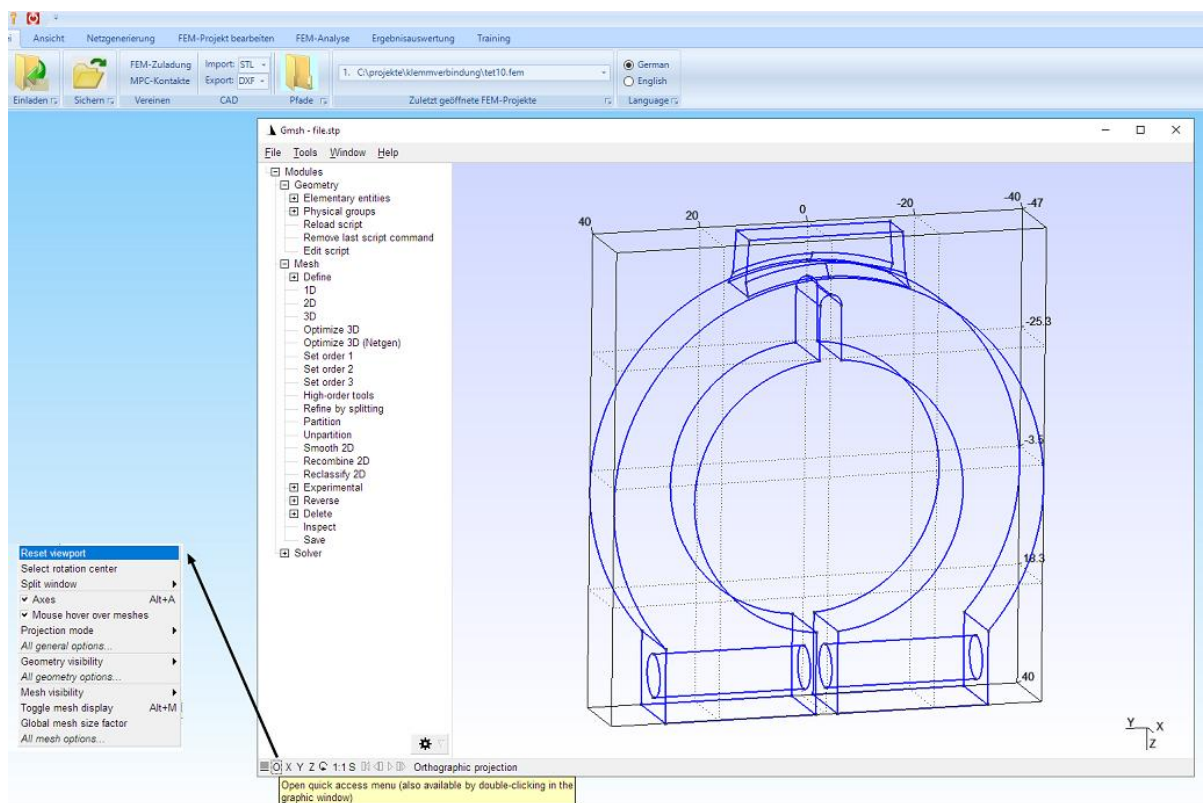


## FEM-Netz generieren

Für die Kontaktanalyse wird ein sehr feines und gleichmäßiges Tetraedernetz benötigt. Darum wird es mit dem GMSH-Netzgenerator generiert, allerdings kann GMSH im Gegensatz zu NETGEN nur relativ einfache Strukturen vernetzen.

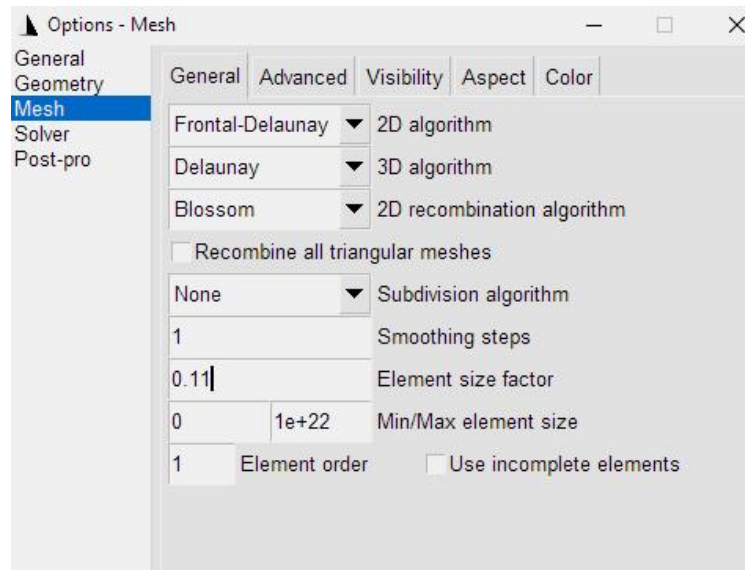


Wählen Sie Register „Datei“ und „Neu“ und „3D-Netzgenerator GMSH (STEP)“ und wählen das STEP-File „Klemme\_reduziert.STP“ als neues FEM-Projekt.



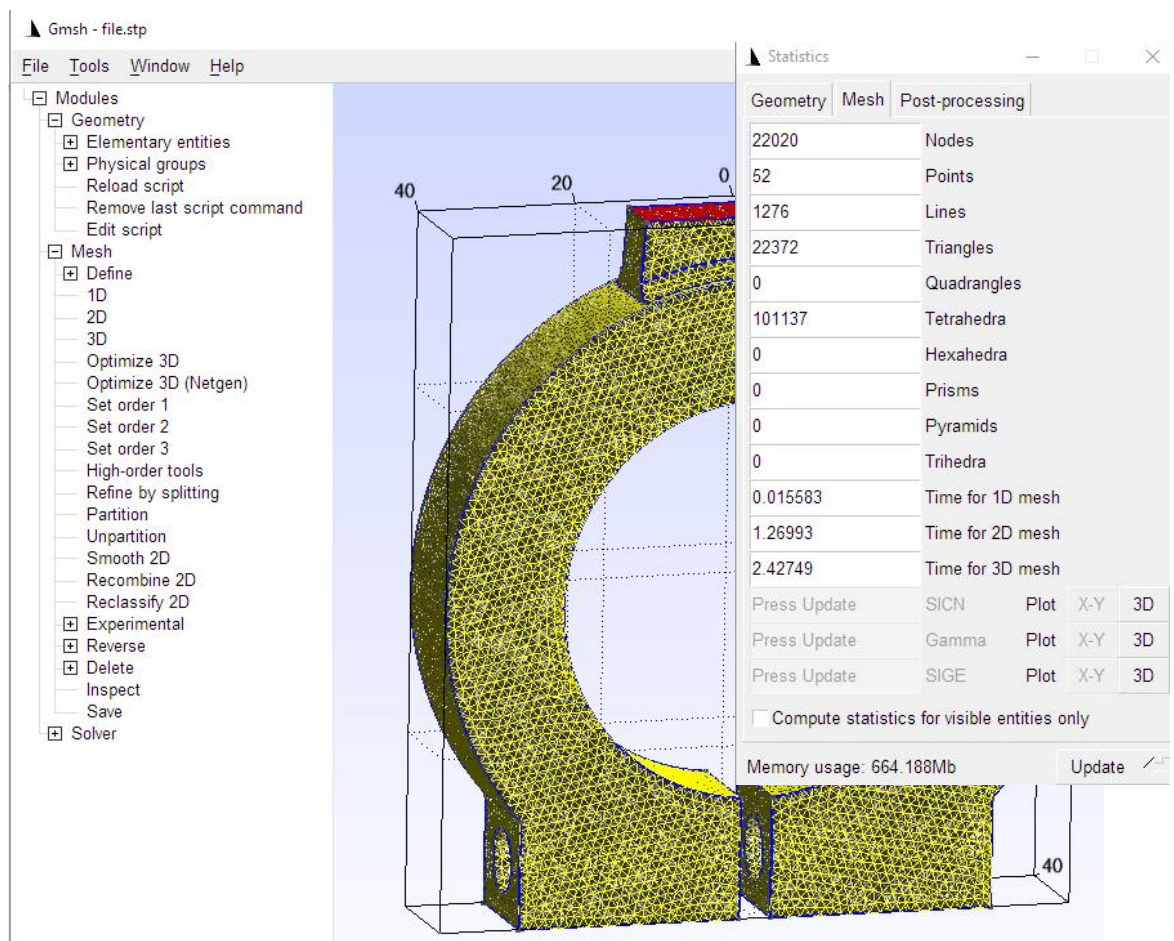
## Netzdichte einstellen

Wählen Sie Menü „Mesh“ sowie Register „General“ um den „Element size factor“ auf „0.11“ zu stellen, womit man mit Menü „1D“ und Menü „3D“ ein Tetraedernetz mit 101137 Elementen generieren kann.



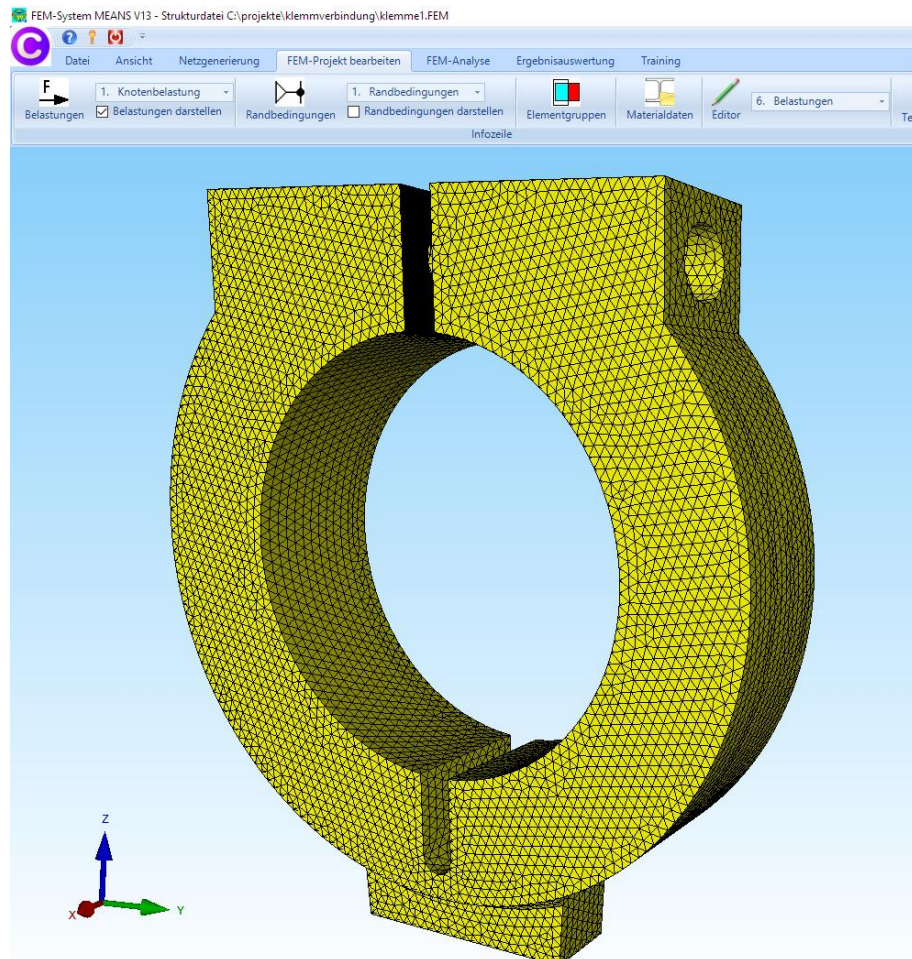
## Reset Viewport

Ist das Modell zuerst nicht zu sehen klicken Sie zweimal auf den Bildschirm und wählen „Reset Viewport“ um die Gesamtansicht neu zu berechnen.



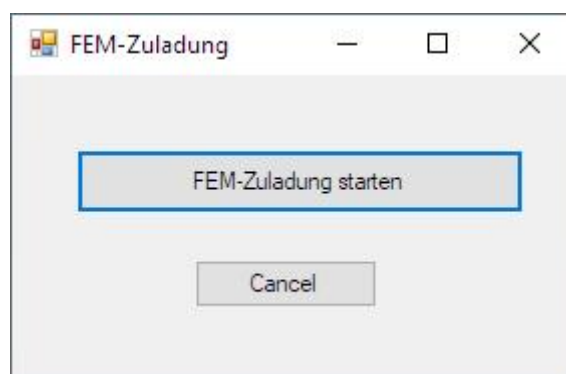
## Exportieren im Abaqus-Format (INP)

Wählen Sie Menü „Tools“ und „Statistics“ um die Eckdaten der Netzgenerierung zu überprüfen, dann wählen Sie „File“ und „Export“ und exportieren das Netz im Abaqus-Format (INP) und importieren dieses über die INP-Schnittstelle in MEANS. Generieren Sie dann das Rohrstück mit „0.12“ und 116 494 TET4-Elementen.



## Klemme und Rohrstück in MEANS V13 zusammenladen

Mit Register „Datei“ und Menü „FEM-Zuladung“ können die beiden FEM-Netze zusammengeladen werden. Das neue FEM-Modell besteht nun aus 217 631 Elementen, 49 012 Knotenpunkten und 2 Elementgruppen.



## Definierung der Kontaktflächen

Für eine Kontaktanalyse müssen folgende 3 Lastfälle erzeugt werden:

Lastfall 1: Belastung des Bauteils, wenn mehrere Lastfälle vorhanden, dann müssen alle Lastfälle zu Lastfall 1 addiert werden.

Lastfall 2: Master-Kontaktfläche mit einer Flächenbelastung definieren

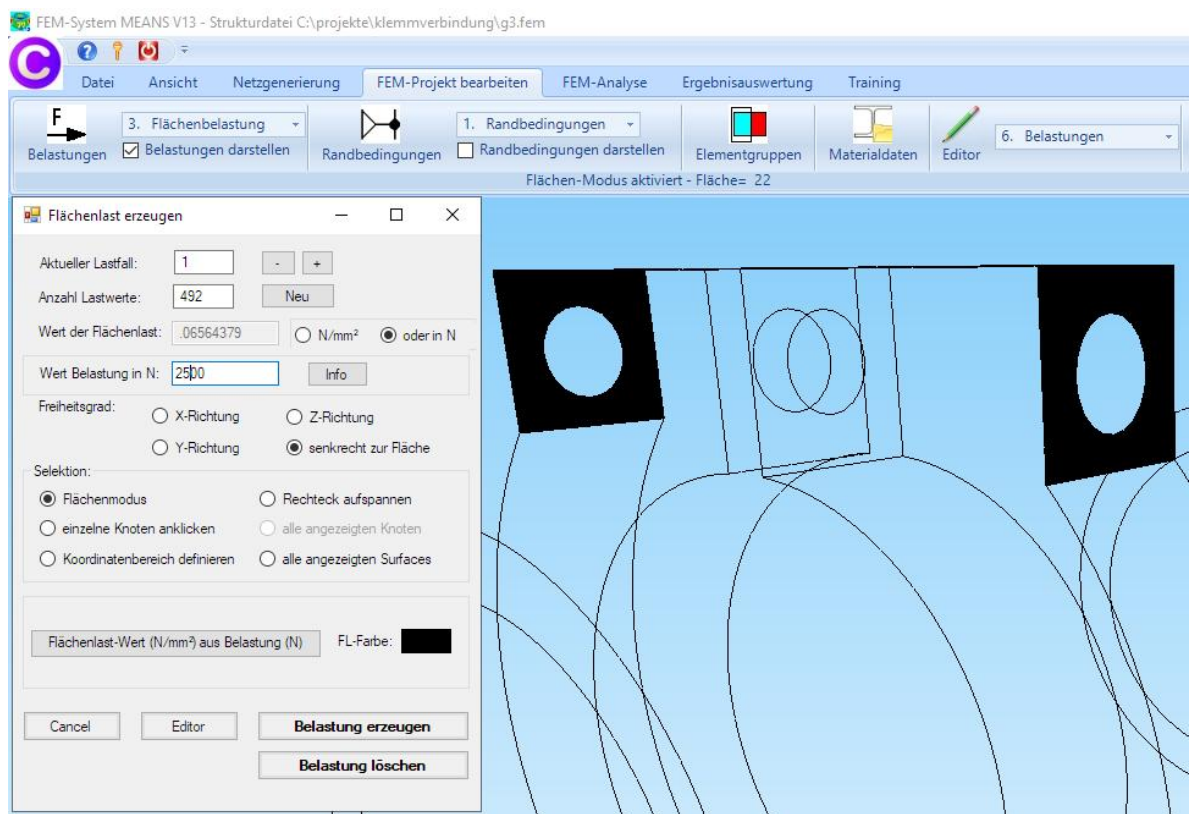
Lastfall 3: Slave-Kontaktfläche mit einer Flächenbelastung definieren

wobei Knoten-Kontakte über die Selektion „alle angezeigten Knoten“ in eine Flächenlast umgewandelt werden können.

Knoten-Kontakte können nur bei einer 2D-Kontaktberechnung verwendet werden (siehe nächstes 2D-Beispiel).

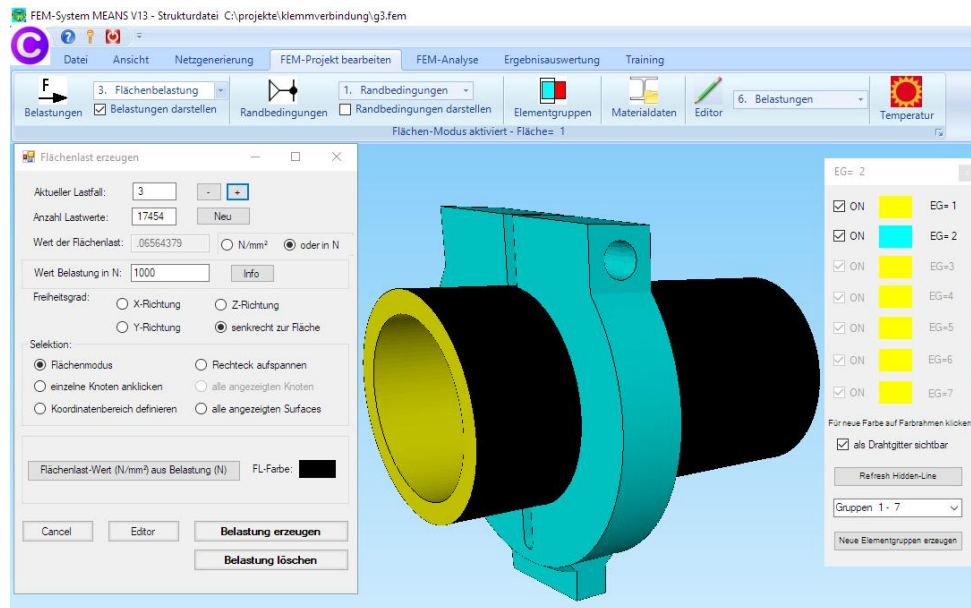
## Lastfall 1 mit Schraubenanzugskraft

Wählen Sie Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und Menü „Flächenbelastung“ und erzeugen Lastfall 1 an den Flächen 22 und 23 mit einer Flächenlast von 2500 N auf jeder Seite also mit 5000 N „senkrecht zur Fläche“.



## Lastfall 2 mit Master-Kontaktfläche

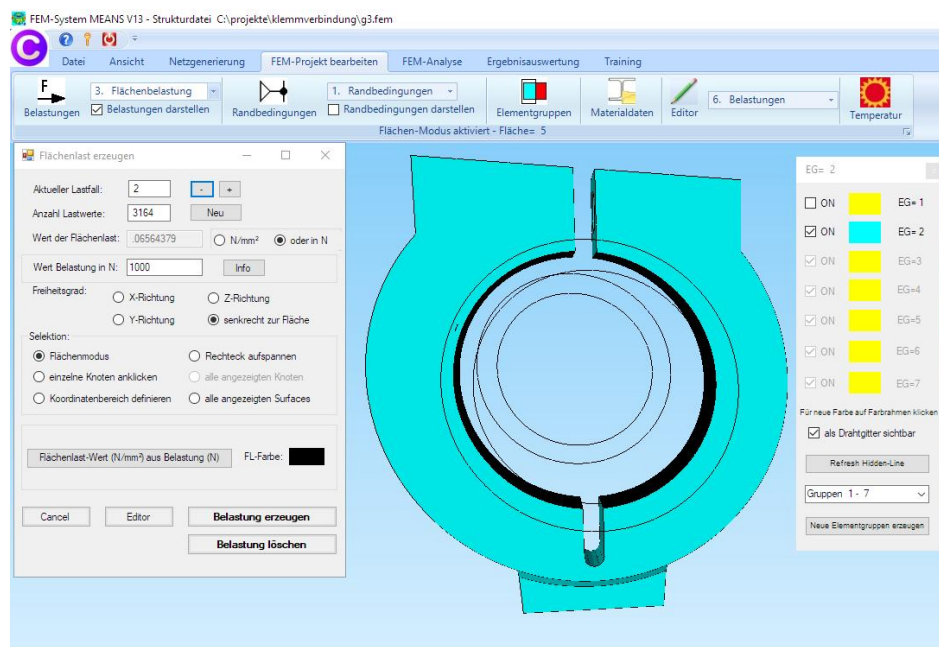
Wählen Sie Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und Menü „Flächenbelastung“ und erzeugen Lastfall 2 an der Rohr-Außenfläche mit einer Flächenlast „senkrecht zur Fläche“. Da diese Flächenbelastung nur die Master-Kontaktknoten definiert wird kein Lastwert benötigt.



## Lastfall 3 mit Slave-Kontaktfläche

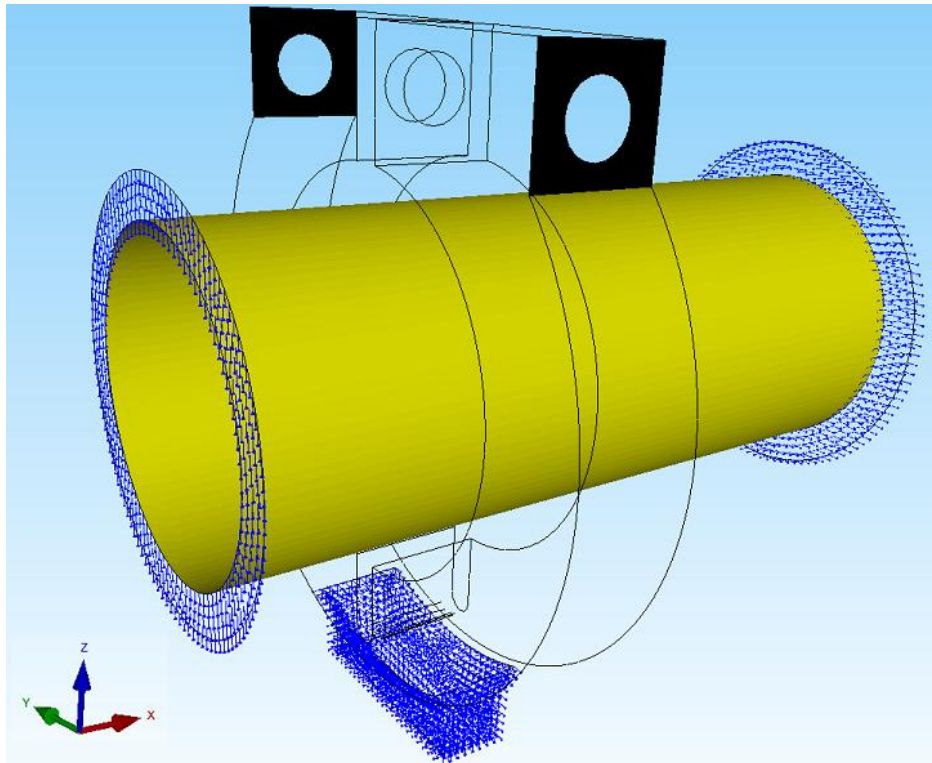
Damit die Innenfläche der Klemme selektiert werden kann muss zuerst das Rohr mit Elementgruppe 1 ausgeblendet werden.

Wählen Sie Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und Menü „Flächenbelastung“ und erzeugen Lastfall 3 an den Innenflächen 5 und 6 der Klemme mit einer Flächenlast „senkrecht zur Fläche“. Es wird ebenfalls kein Lastwert benötigt.



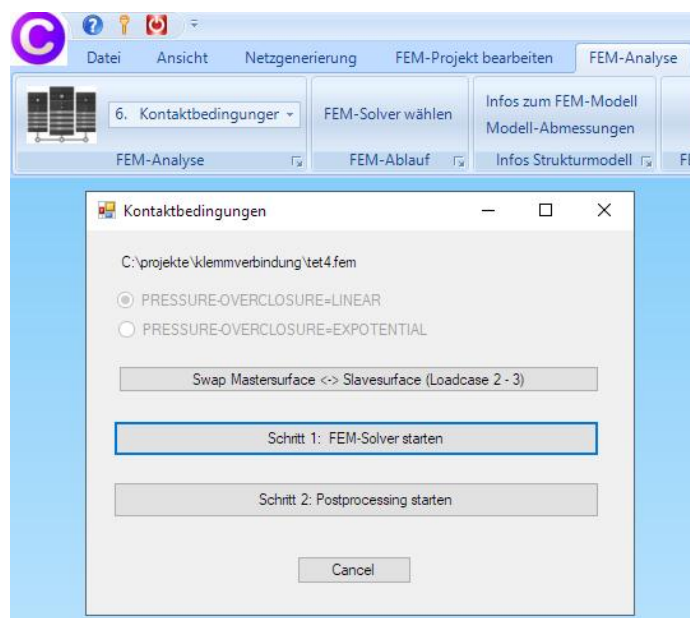
## Einspannung erzeugen

Mit Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und Menü „Randbedingungen“ wird der untere Teil der Klemme in x-, y- und z-Richtung fest eingespannt. Damit sich das Rohr nicht verschieben kann muss der Rand links in y- und rechts in xy-Richtung festgehalten werden.




## FEM-Analyse

Mit Register „FEM-Analyse“ und dem Menü „Kontaktbedingungen“ werden mit dem Quick-Solver die Kontaktspannungen nach etwa 10 Iterationen berechnet. Hier können auch Master- und Slave-Kontaktfläche vertauscht werden.

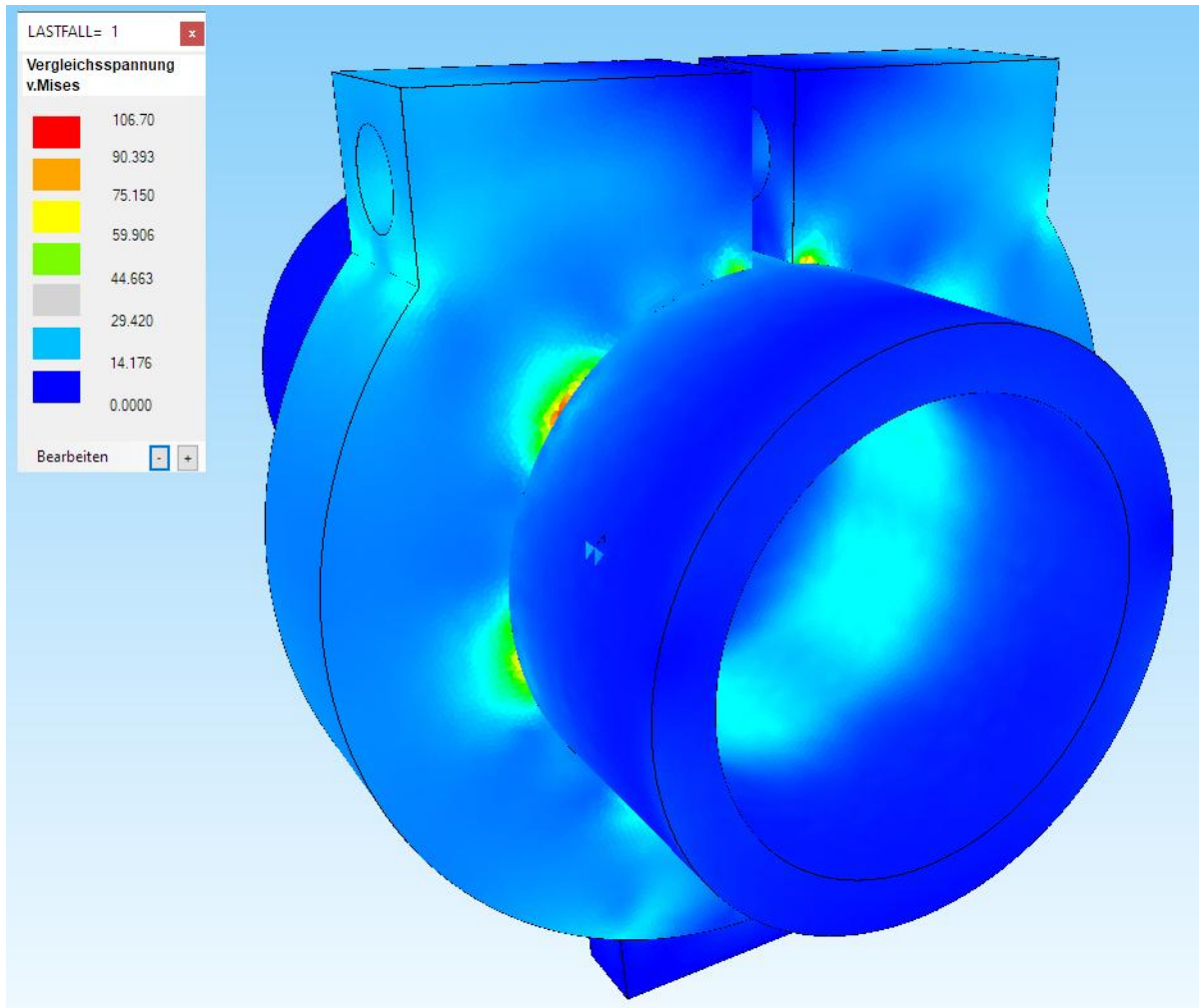


## Ergebnisse auswerten



Wählen Sie Register „Ergebnisauswertung“ und das Icon  sowie in der nächsten Postprocessing-Dialogbox „gemittelte Knotenspannungen“ und „v.Mises-Knotenspannungen“ um folgende Spannungsbilder auszuwerten.

Kontaktspannungen an der Klemme =  $106.7 \text{ N/mm}^2$



## Flächen ausblenden

Damit nur die Innenfläche des Rohrstückes dargestellt wird, wählen Sie Register „Ansicht“ sowie „Surfaces“ und in dem rechten Seitenmenü „Einzelne Flächen einblenden“ und klicken auf die Fläche 2.

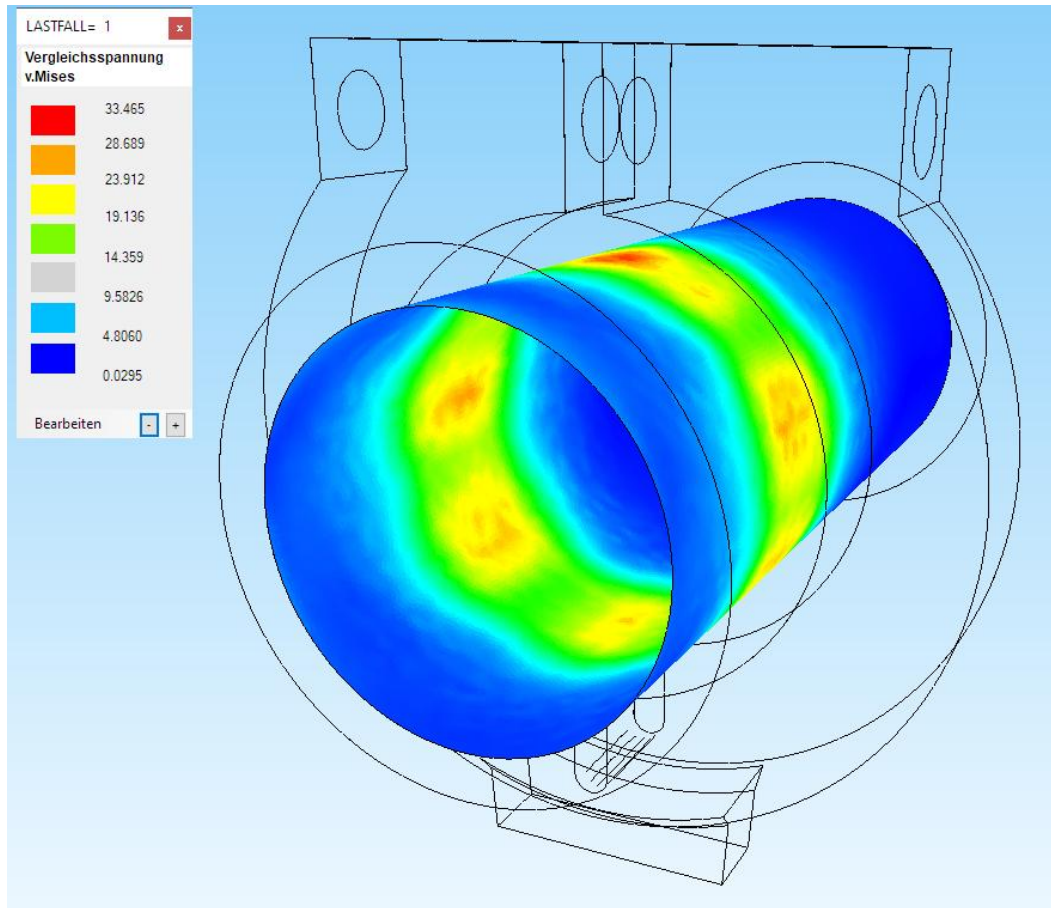
Mit „Verformungsfaktor“ setzen Sie den Maximalwert auf „33“ um den unteren Spannungsbereich besser farblich hervorheben zu können.

## Ergebnisauswertung

Als Ergebnis für die Spannungen ergeben sich v.Mises-Vergleichsspannungen von ca.  $33 \text{ N/mm}^2$ . Für dieses Beispiel bedeutet dies, daß die Schraubenanzugskraft unbedenklich ist. Streckgrenzen von runden Stahlbauhohlprofilen liegen zwischen  $235 \text{ N/mm}^2$  und  $355 \text{ N/mm}^2$ .

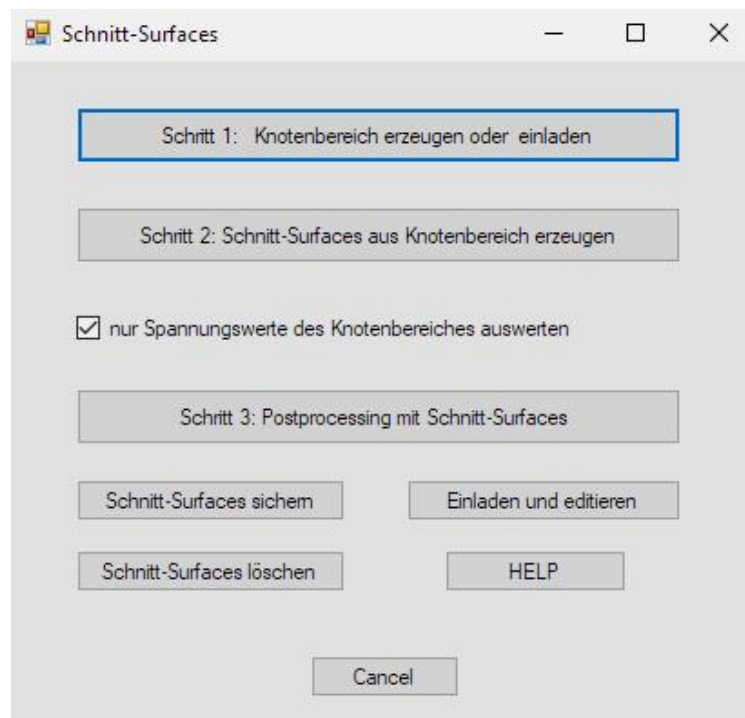


Kontaktspannungen an der Innenseite des Rohrstückes = 33.46 N/mm<sup>2</sup>



### Schnitt-Surfaces

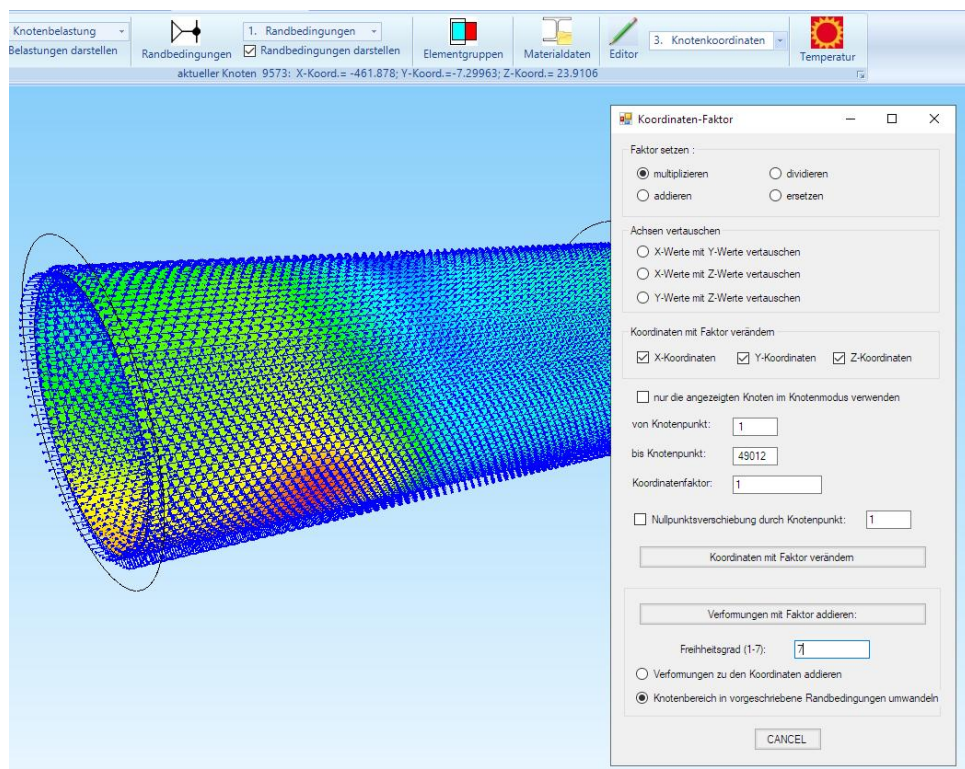
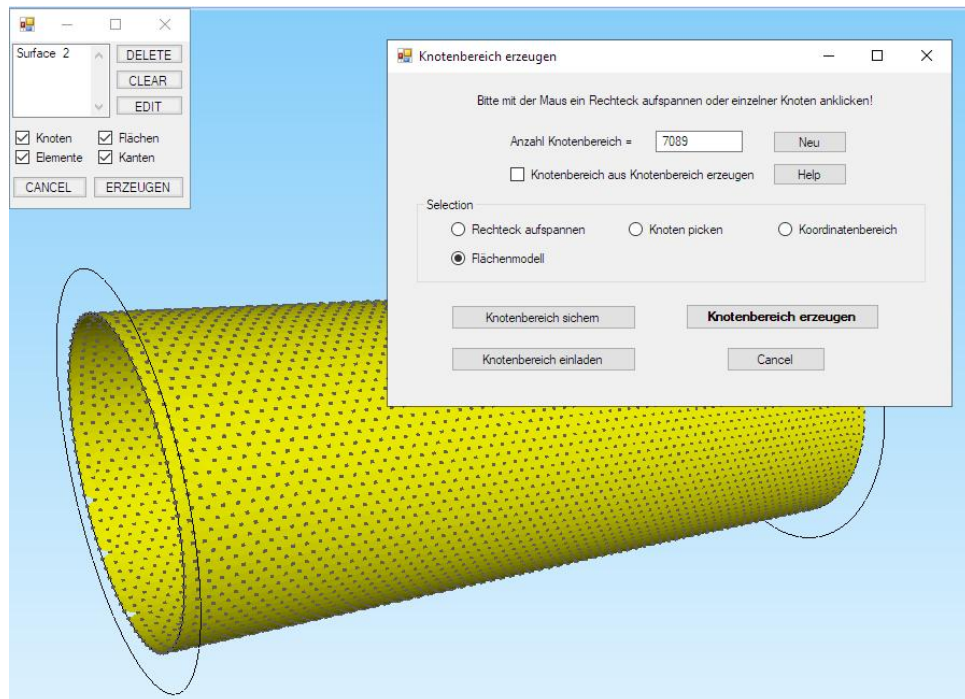
Wenn die Fläche ungeeignet ist, lässt sich auch mit Menü „Schnitt-Surfaces“ von einem Knotenbereich eine lokale oder globale Spannungsverteilung darstellen.



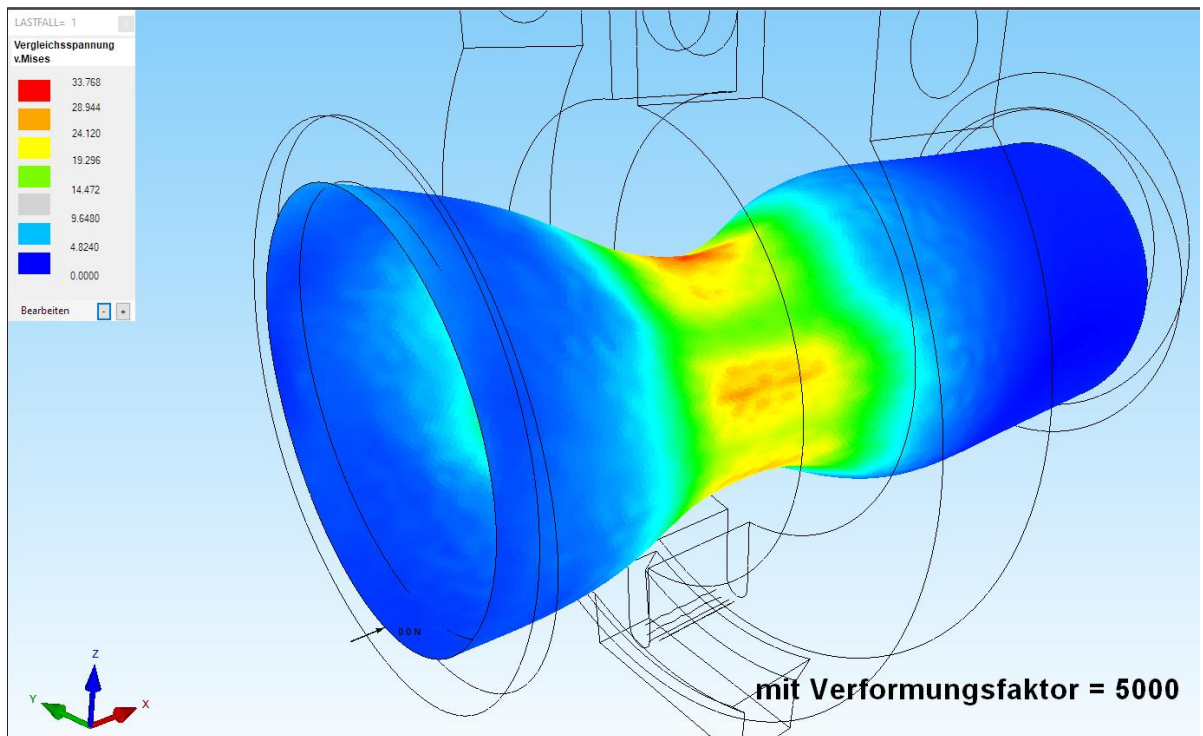
## Vorgeschriebene Randbedingungen erzeugen

Sind die Verformungen bekannt können die Kontaktspannungen auch über vorgeschriebenen Randbedingungen in folgenden 4 Schritten berechnet werden.

- Schritt 1: Erzeugung eines Knotenbereichs von der Innenfläche
- Schritt 2: Darstellung einer Spannungs- oder Verformungsverteilung
- Schritt 3: Mit Koordinaten-Faktor die Verformungen des Knotenbereiches in vorgeschriebene Randbedingungen mit „7“ umwandeln
- Schritt 4: Kontaktspannungen mit einer normalen linearen Statik-Analyse (keine Kontaktanalyse) und ohne Belastung berechnen

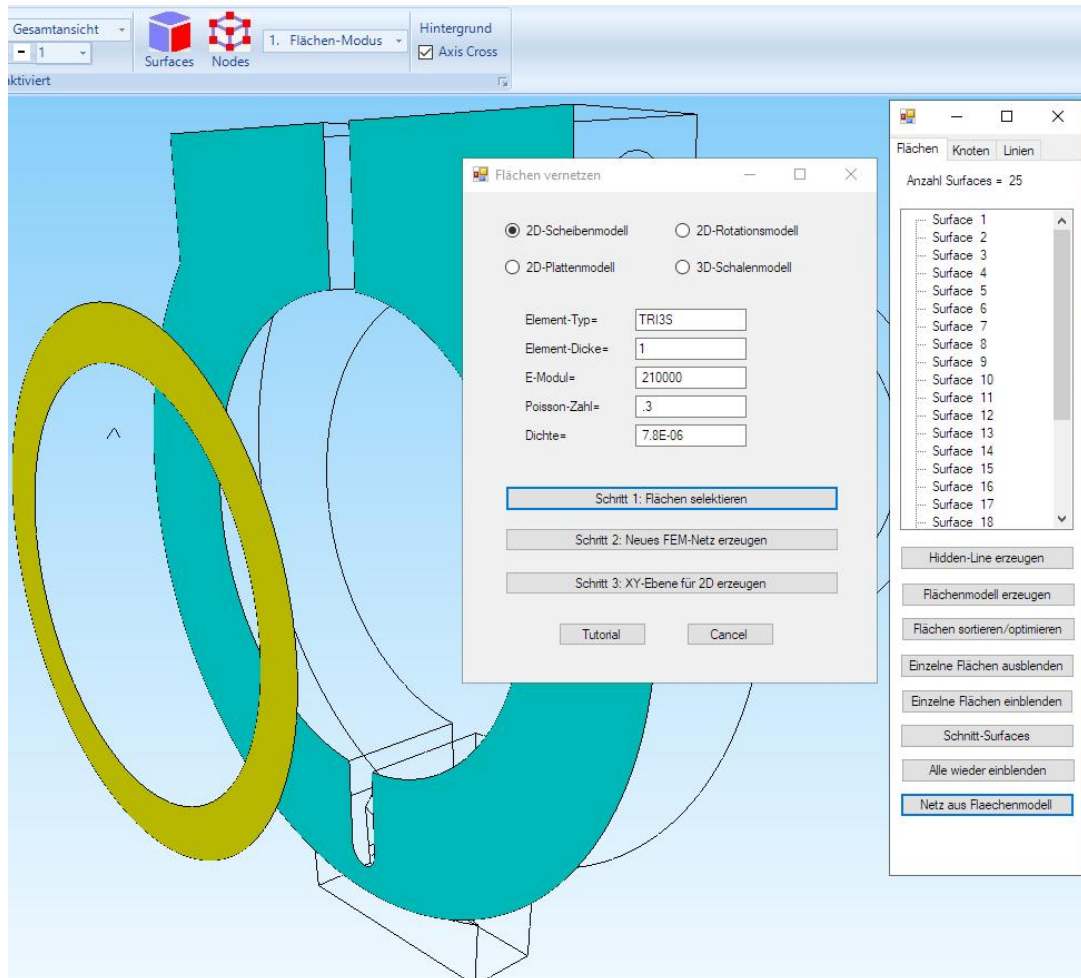


Als Ergebnis erhält man die gleichen Kontaktspannungen von  $33.79 \text{ N/mm}^2$  wie zuvor mit der Kontaktanalyse.

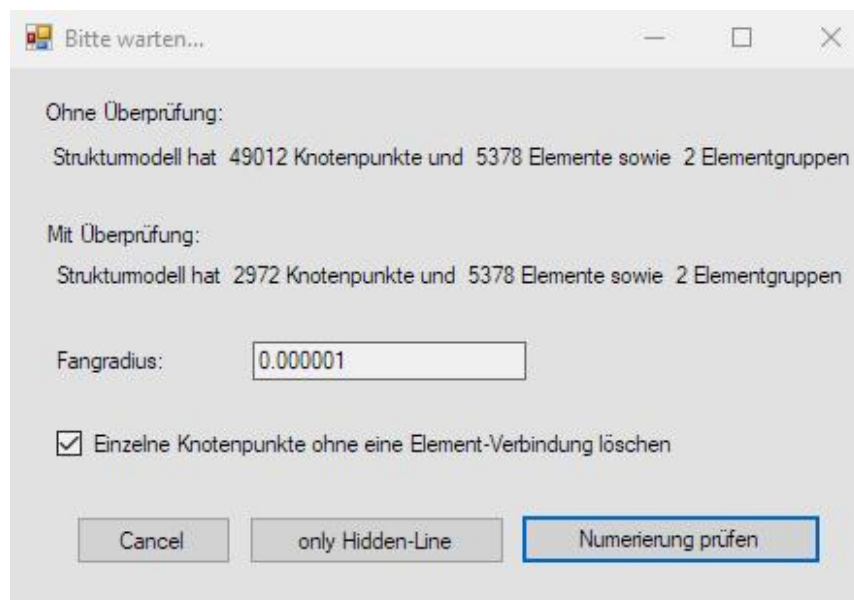


## 2D-Kontaktberechnung mit Klemme und Rohr

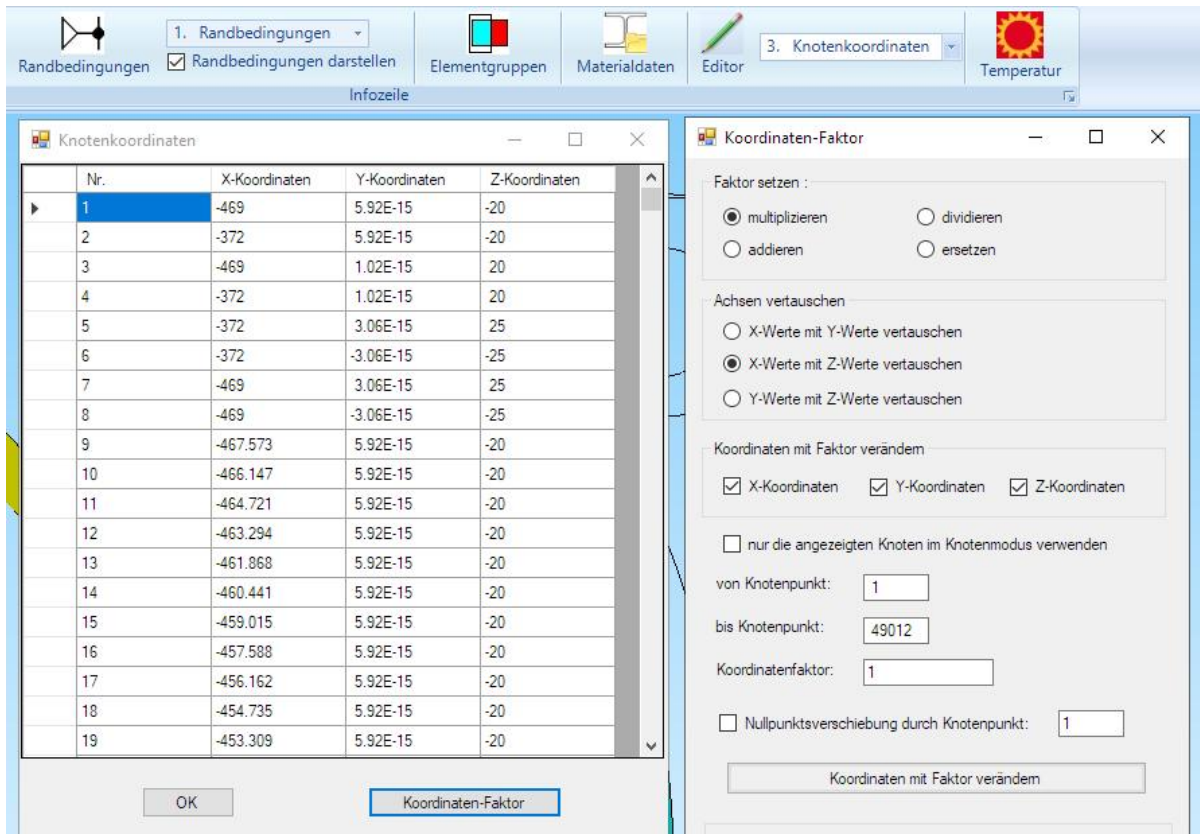
Um ein 2D-Modell aus dem vorigen 3D-Tetraeder-Modell zu erzeugen wählen Sie Register „Ansicht“ sowie „Flächen-Modus“ und im rechten Seitenmenü das Menü „Netz aus Flächenmodell“. In der neuen Dialogbox „2D-Scheibenmodell“ und „Schritt 1: Flächen selektieren“ wählen und die Flächen 3 und 14 anklicken.



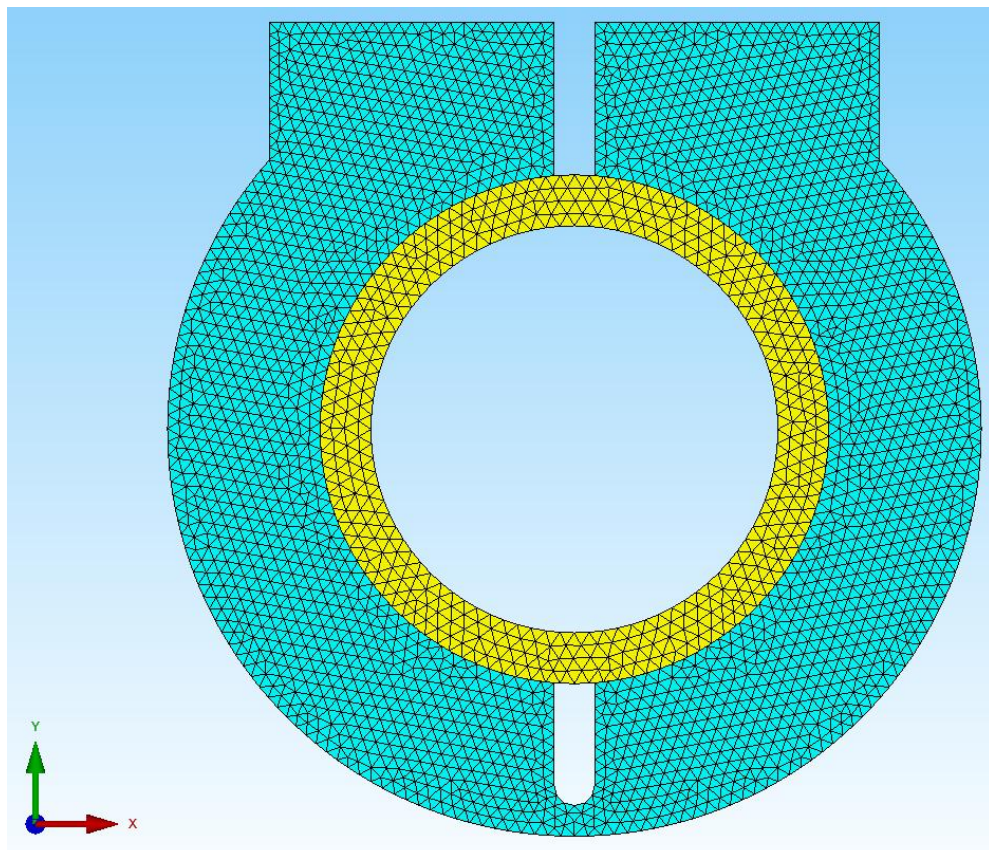
Dannach wieder „Netz aus Flächenmodell“ und „Schritt 2: Neues Netz erzeugen“



wählen und mit einer Modell-Überprüfung alle ausgeblendeten Flächen zu löschen.

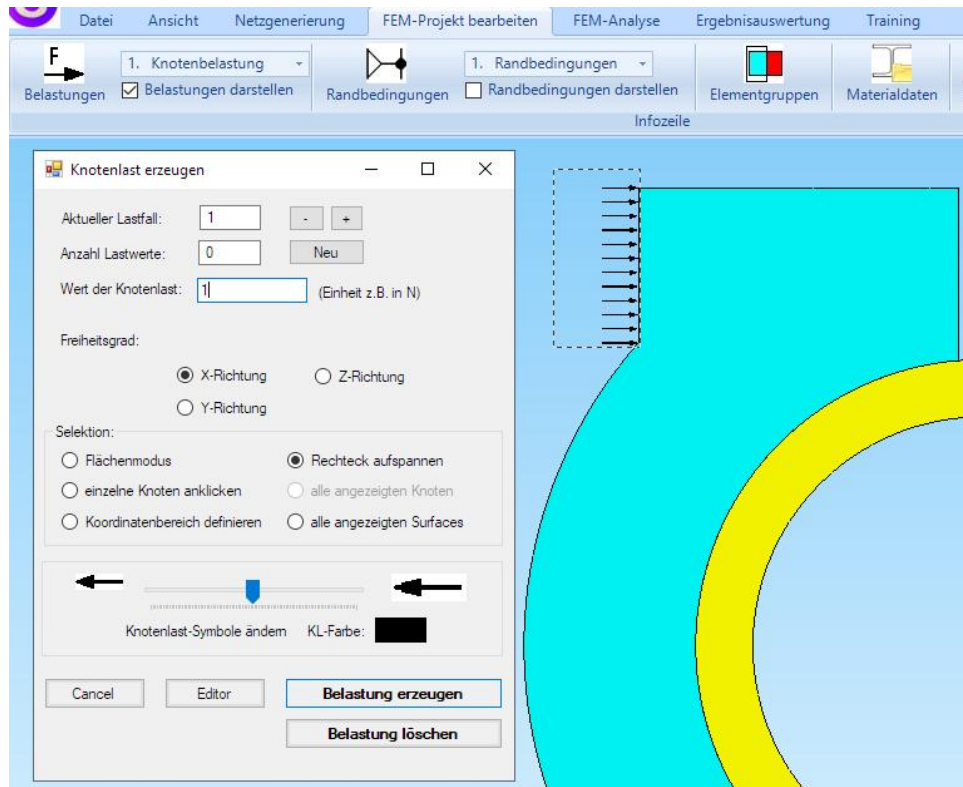


Mit Editor-Menü „Knotenkoordinaten“ und „Koordinaten-Faktor“ die X- und Z-Achse vertauschen und wieder mit „Koordinaten-Faktor“ alle Z-Werte mit „0“ ersetzen und erhält ein 2D-TRIS-Scheibennetz das sofort für die Kontaktanalyse verwendbar ist.

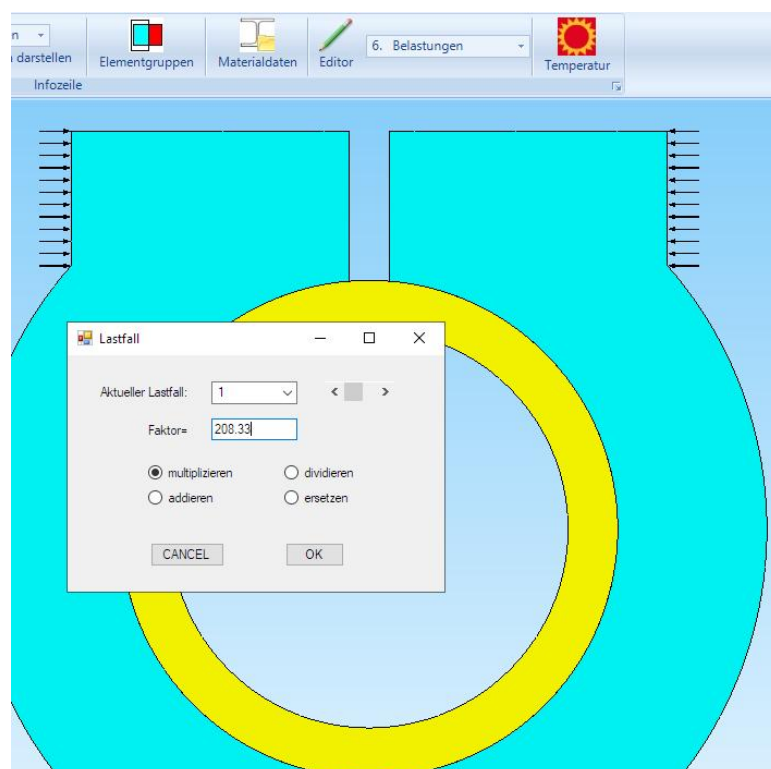


## Eingabe der Schraubenkraft mit Lastfall 1

Die Schraubenanzugskraft beträgt 2500 N auf jeder Seite. Wählen Sie das Register „FEM-Projekt bearbeiten“ sowie „Knotenpunktbelastung“ und spannen wie gezeigt ein Rechteck über der linken oberen Seite mit dem Lastwert „1“ in X-Richtung auf. Wiederholen Sie den gleichen Schritt mit Lastwert „-1“ auf der rechten Seite.

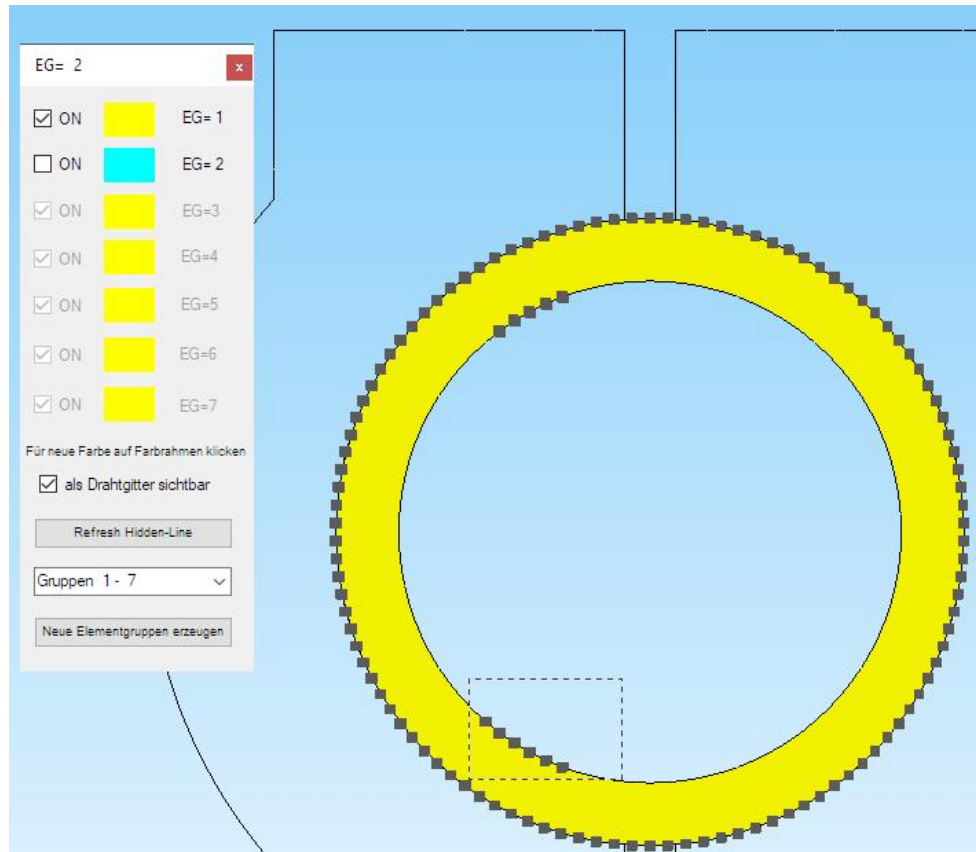


Zum Schluß müssen im Last-Editor und Menü „Lastfall-Faktor,“ die 24 Lastwerte mit dem Lastwert  $5000/24 = 208.33$  multipliziert werden.

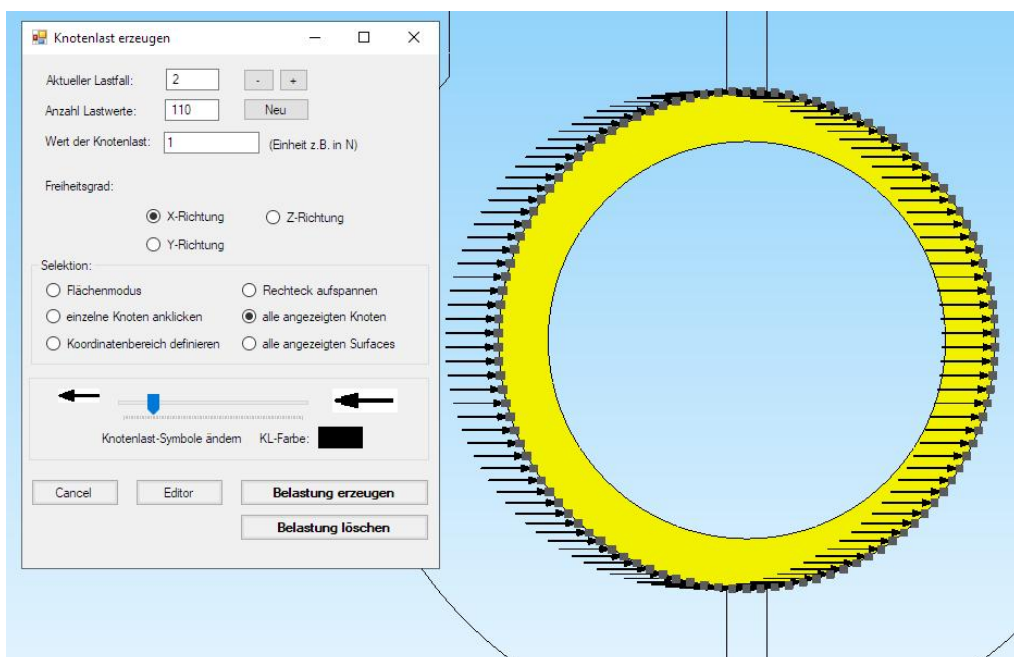


## Eingabe des Master-Knotenbereiches mit Lastfall 2

Um den Master-Knotenbereich am Außenrohr zu definieren muß zuerst Elementgruppe 2 ausgeblendet werden. Im Knoten-Modus mit „Kanten“ alle Knoten am Außen- und Innenradius anzeigen. Mit „Knotenbereich löschen“ die Innenknoten mit einem aufgespannten Rechteck in mehreren Schritten löschen.



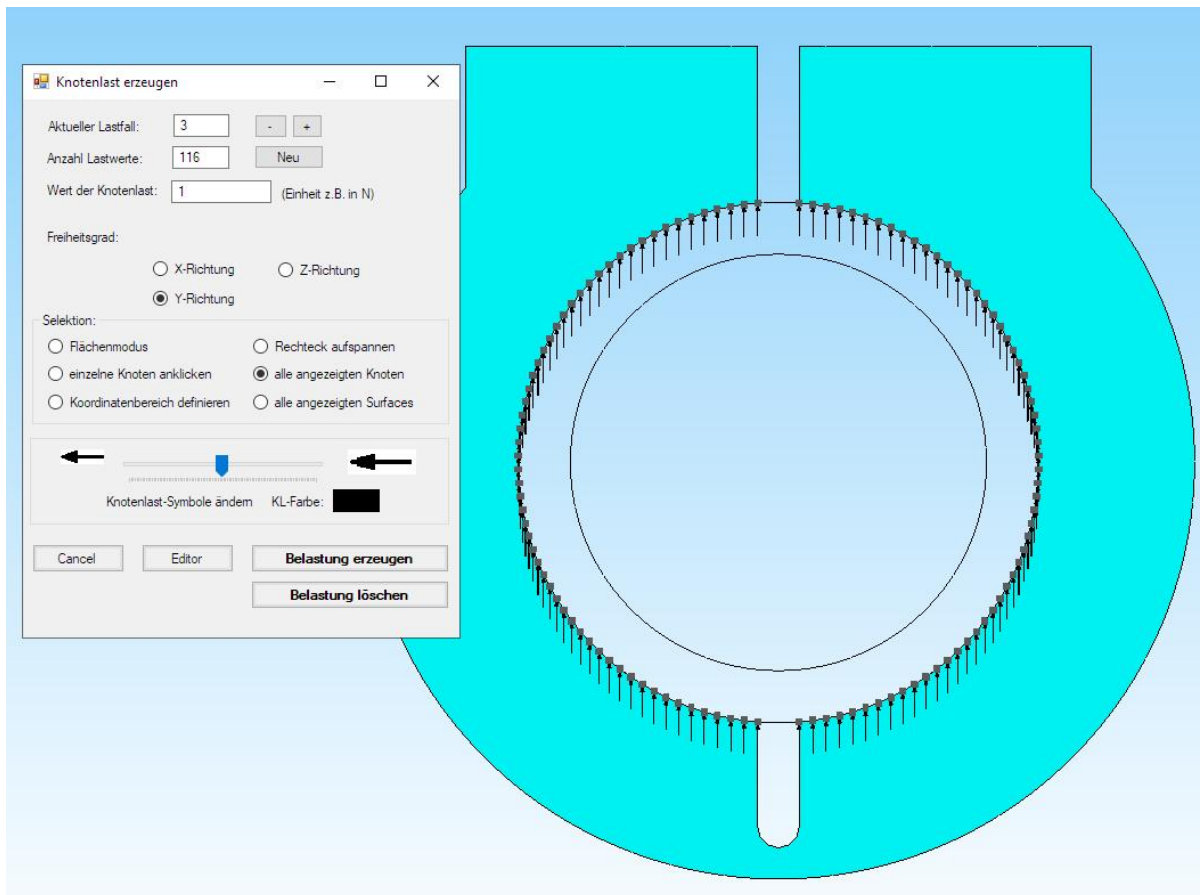
Mit „Knotenbelastung“ und „Lastfall 2“ sowie Lastwert „1“ eine Knotenlast in X-Richtung mit der Selektion „alle angezeigten Knoten“ erzeugen.



### Eingabe des Slave-Knotenbereiches mit Lastfall 3

Um den Slave-Knotenbereich am Innenradius der Klemme zu definieren muß zuerst Elementgruppe 1 ausgeblendet werden. Im Knoten-Modus mit „Kanten“ alle Knoten am Außen- und Innenradius anzeigen. Mit „Knotenbereich löschen“ die Außenknoten mit einem aufgespannten Rechteck in mehreren Schritten löschen

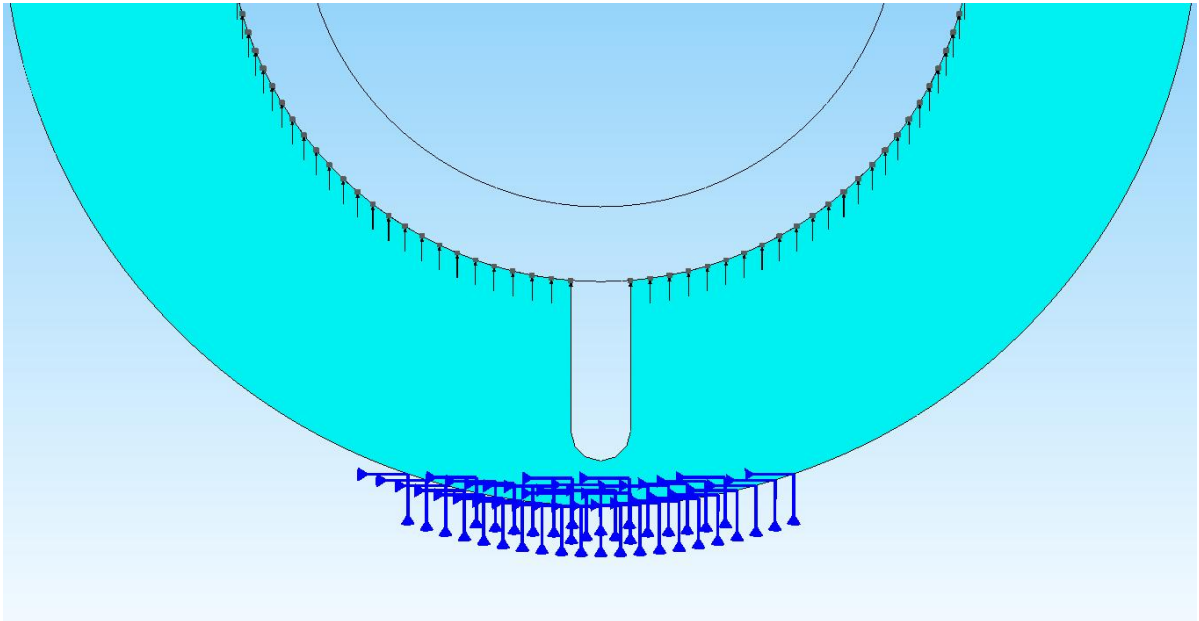
Mit „Knotenbelastung“ und „Lastfall 3“ sowie Lastwert „1“ eine Knotenlast in Y-Richtung mit der Selektion „alle angezeigten Knoten“ erzeugen wobei Richtung und Wert wieder irrelevant sind.





## Einspannung erzeugen

Mit Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und Menü „Randbedingungen“ wird der untere Teil der Klemme in x- und y-Richtung fest eingespannt.



## Materialdaten

Wählen Sie Register „FEM-Projekt bearbeiten“ sowie „Materialdaten“ und geben eine Wanddicke von 15 mm sowie das gleiche Material für Stahl ein.

Materialdaten	
Bezeichnung	Materialwerte
H1	15
H2	15
H3	15
E-Modul	210000
Poisson-Zahl	.3
Dichte	7.8E-06
Waermekoeffizient	0
*	

## FEM-Analyse

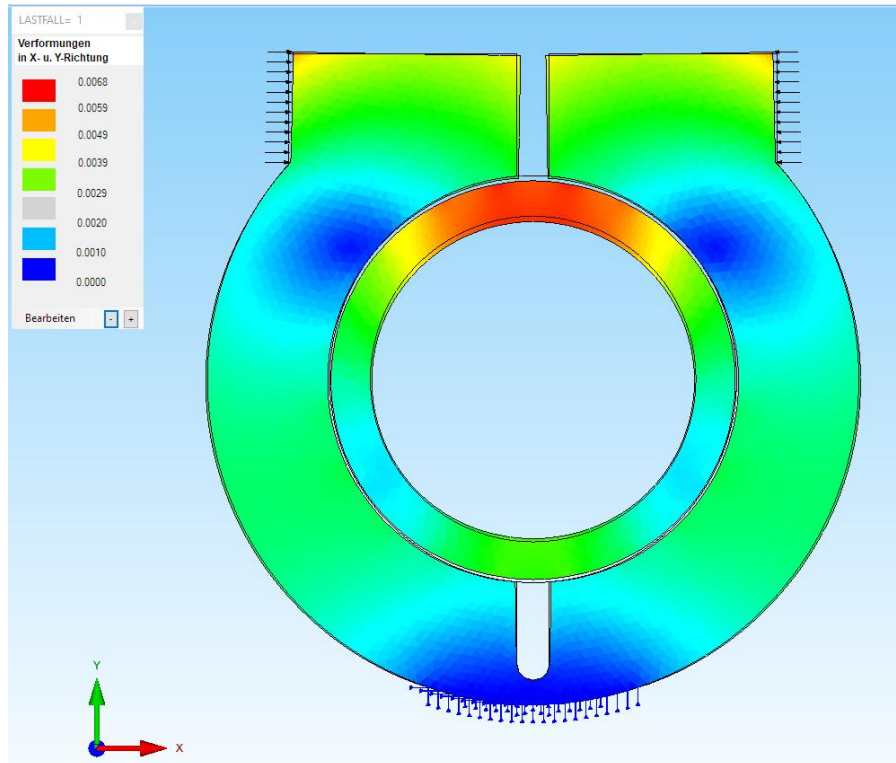
Mit Register „FEM-Analyse“ und dem Menü „Kontaktbedingungen“ werden mit dem Quick-Solver die Kontaktspannungen nach etwa 7 Iterationen berechnet. Hier sind auch Lastfall Master- und Lastfall Slave umdrehbar.

## Ergebnisse auswerten

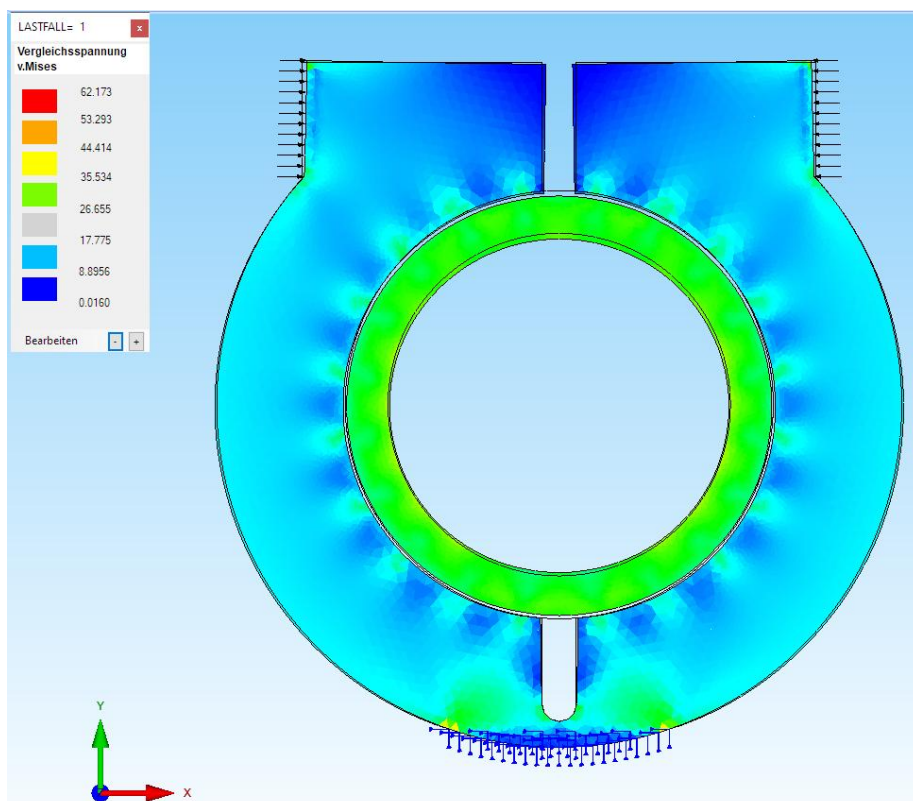


Wählen Sie Register „Ergebnisauswertung“ und das Icon sowie Menü „v.Mises-Knotenspannungen“ um folgende Spannungsbilder auszuwerten.

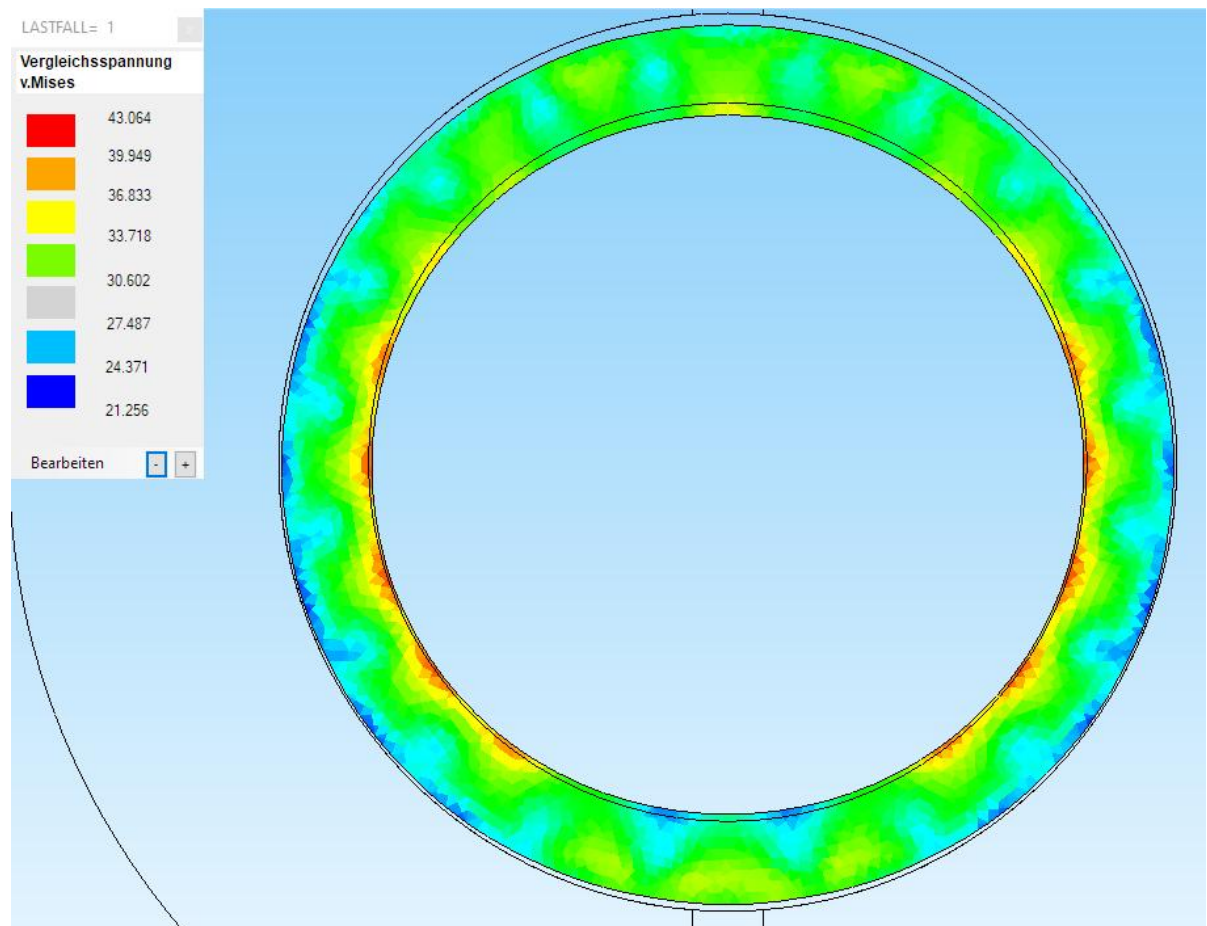
Max. Y-Verformung = 0.0068 mm



v.Mises-Knotenspannung an der Einspannung = 62.17 N/mm<sup>2</sup>



v.Mises-Knotenspannung am Rohr-Innenradius = 43.06 N/mm<sup>2</sup>



Vergleich v.Mises-Knotenspannung mit dem 3D-Modell = 33.46 N/mm<sup>2</sup>

