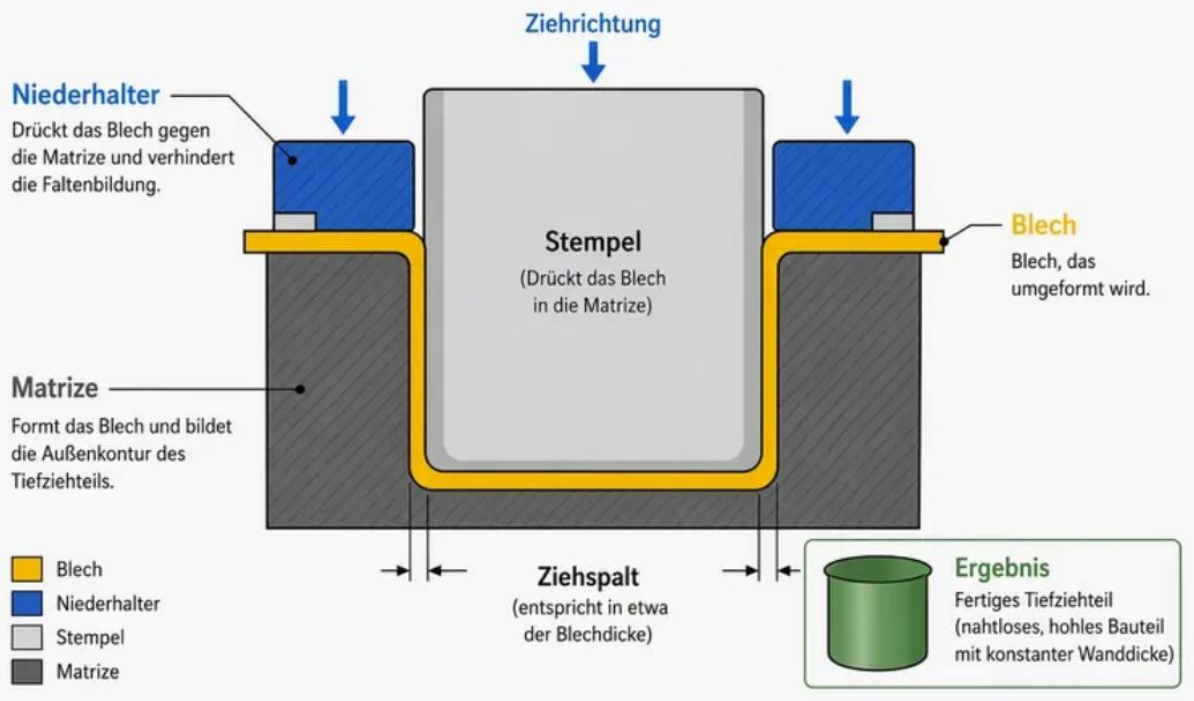
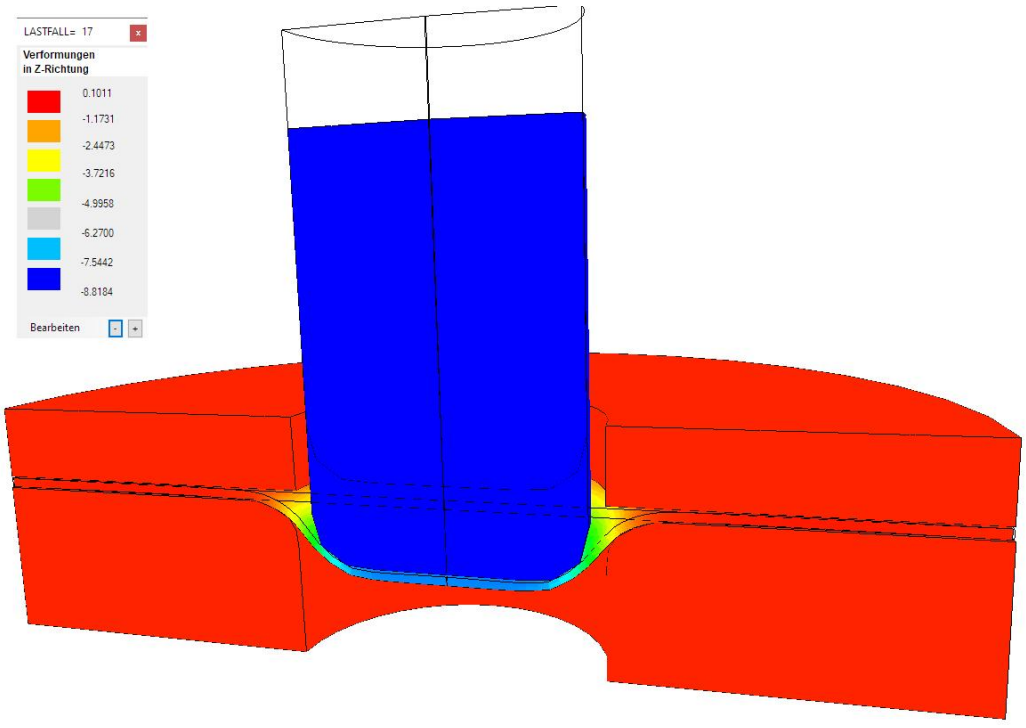
Kapitel 43 - Tiefziehsimulation mit dem FEM-System MEANS V14

Es wird einTiefziehprozess mit dem FEM-System MEANS V14 (www.femcad.de) simuliert. Netzgenerierung und Ergebnisauswertung wird mit dem Pre- und Postprozessor von MEANS V14 durchgeführt, die nichtlineare FEM-Analyse erfolgt jedoch mit dem Open-Solver Calculix über eine von HTA-Software entwickelten FEM-INP-Schnittstelle

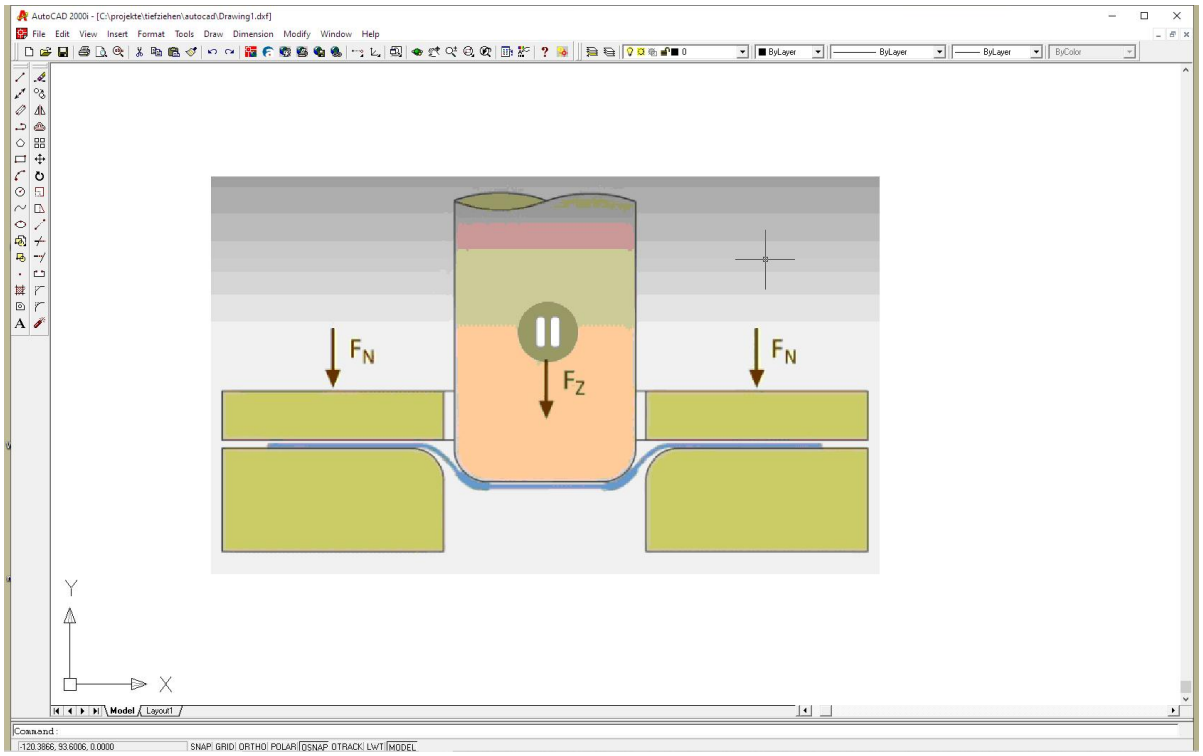


Für nichtlineare Kontaktberechnungen werden die Implicit-Solver von Abaqus oder Ansys empfohlen. Es lassen sich aber auch mit einem preisgünstigen FEM-System wie MEANS V14 wichtige Eckdaten wie Radien, Abstände oder Material bestimmen.

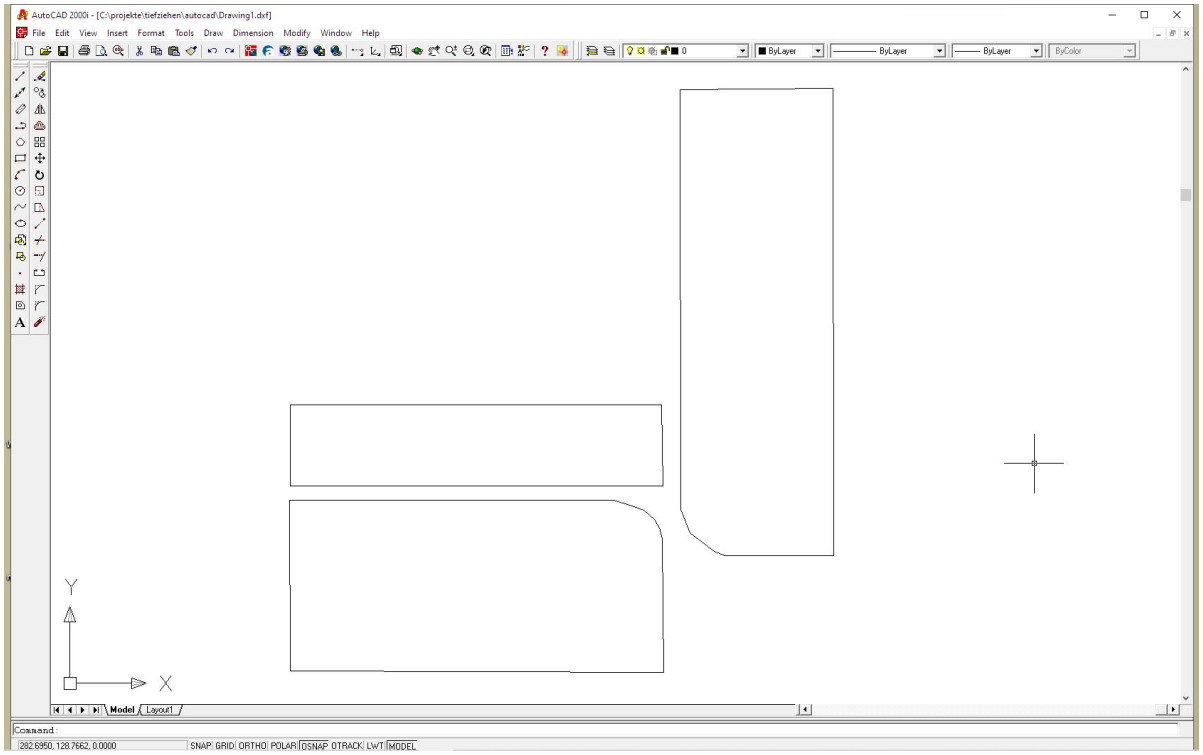


1. DXF-Modell erzeugen

Starten Sie Autocad und fügen das oben zu sehende Tiefzieh-Bild mit „Paste“ als Vorlage in die AutoCAD-Zeichnung ein. Da das Modell symmetrisch ist, reicht es aus nur die linke Kontur-Hälfte mit einfachen Linien nachzuzeichnen.



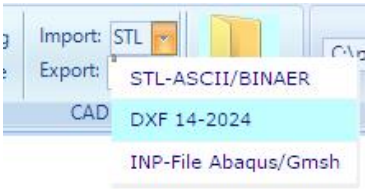
Zum Schluß das Bild mit „Ausschneiden“ löschen und die Kontur als DXF-File für die MEANS-DXF-Schnittstelle speichern.



2. Ziehblech mit Linien-Modus einfügen

MEANS V14 mit dem Desktop-Icon  starten folgende Schritte abarbeiten:

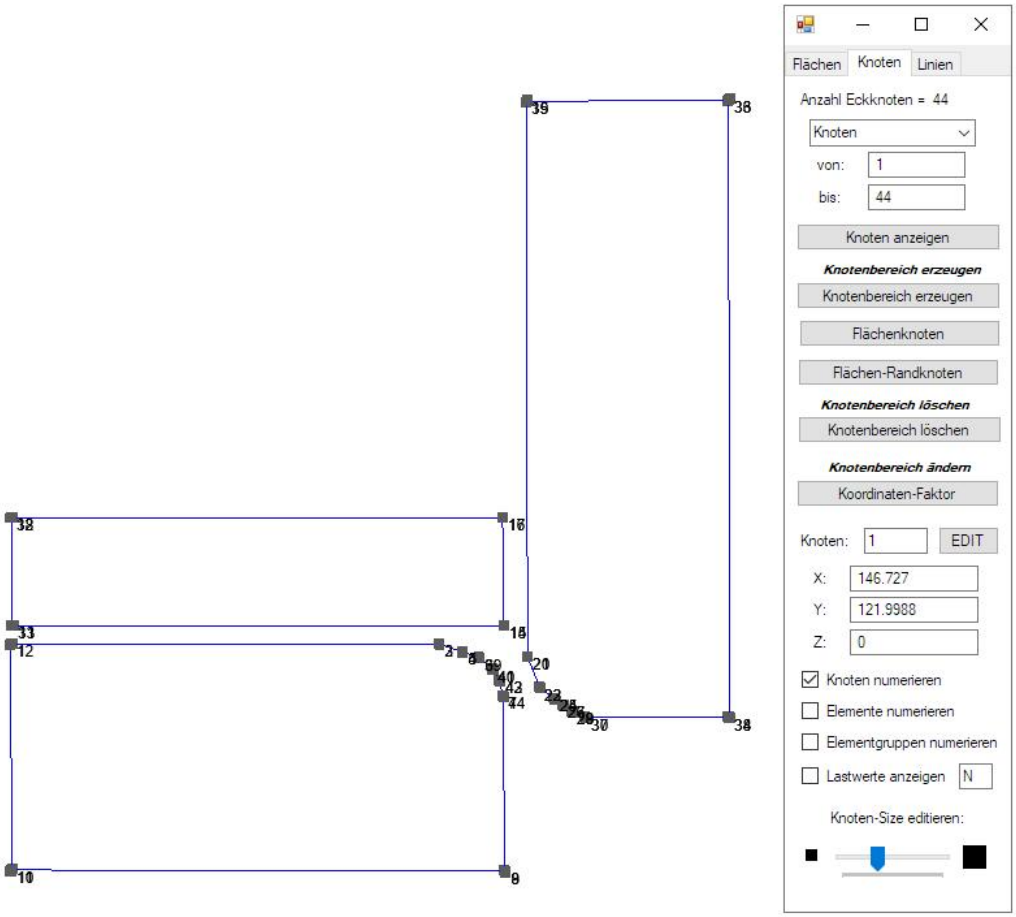
- Mit Register „Neu“ die DXF-Datei importieren



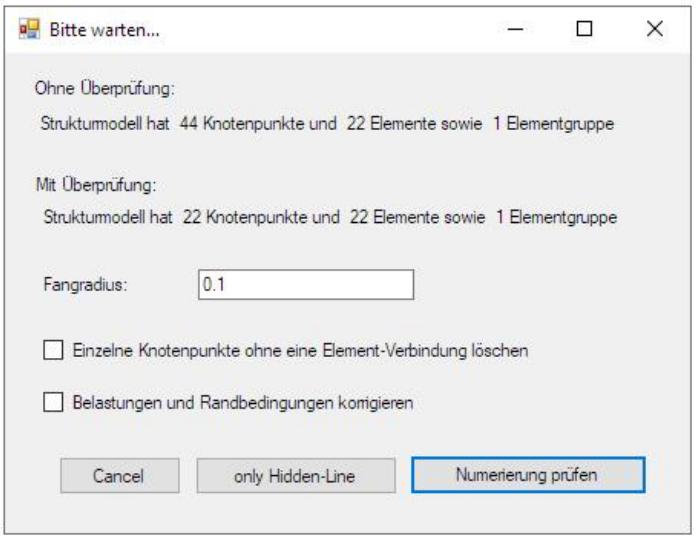
- Mit Register „Ansicht“ Menü Knotenmodus wählen um Knoten zu editieren:



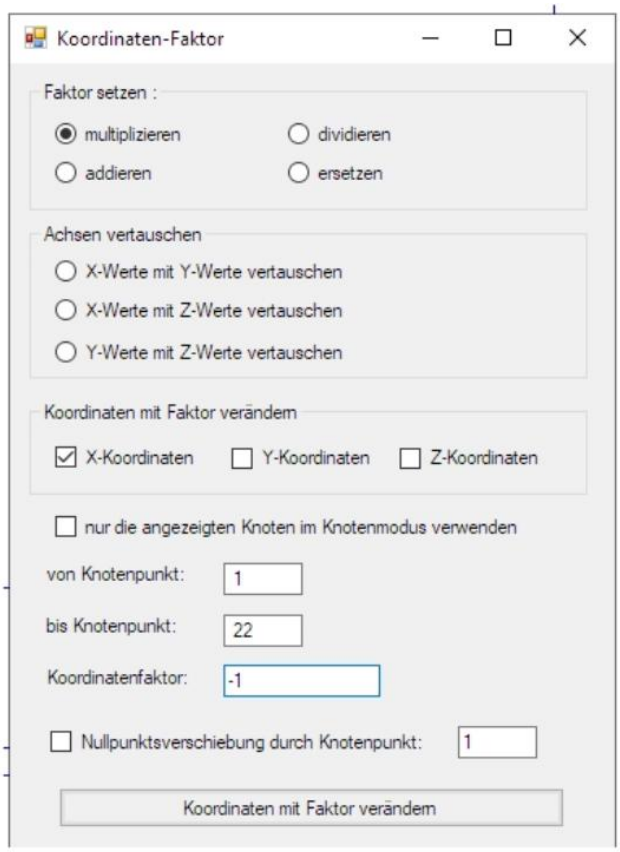
- Mit Menü „Knoten-Size“ und „Knoten numerieren“ alle 44 Knoten anzeigen



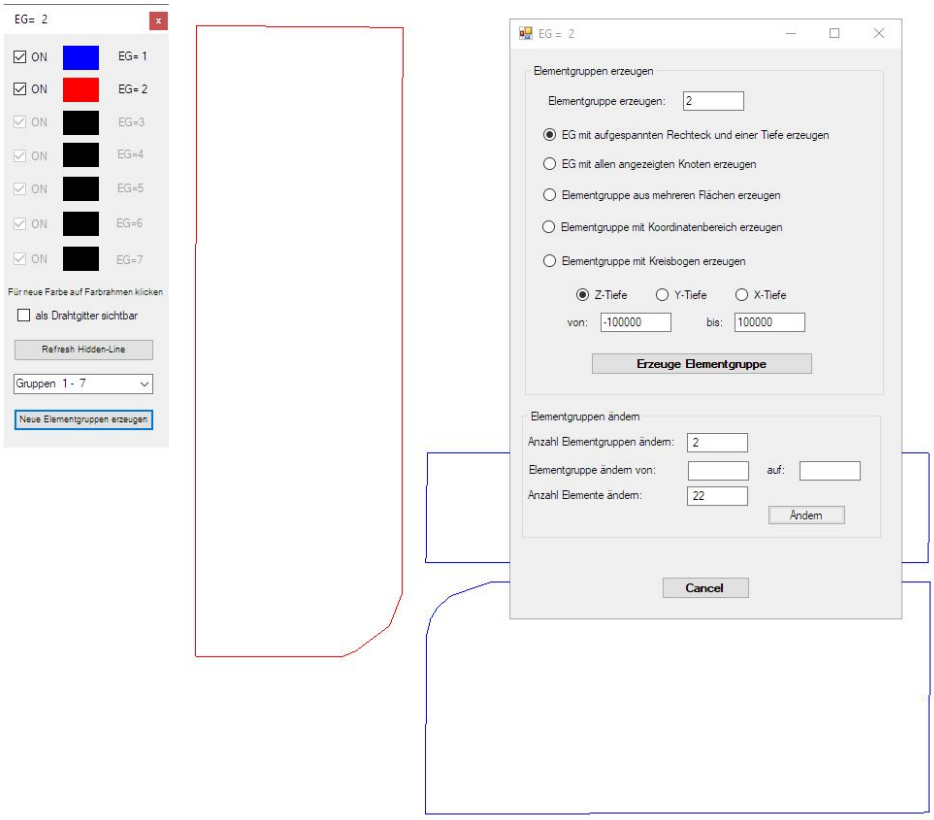
- Im Linienmodus mit Menü „Knoten prüfen“ alle überlagerten Knoten mit einem Fangradius von 0.1 herauslöschen sodaß es nur noch 22 Knoten sind.

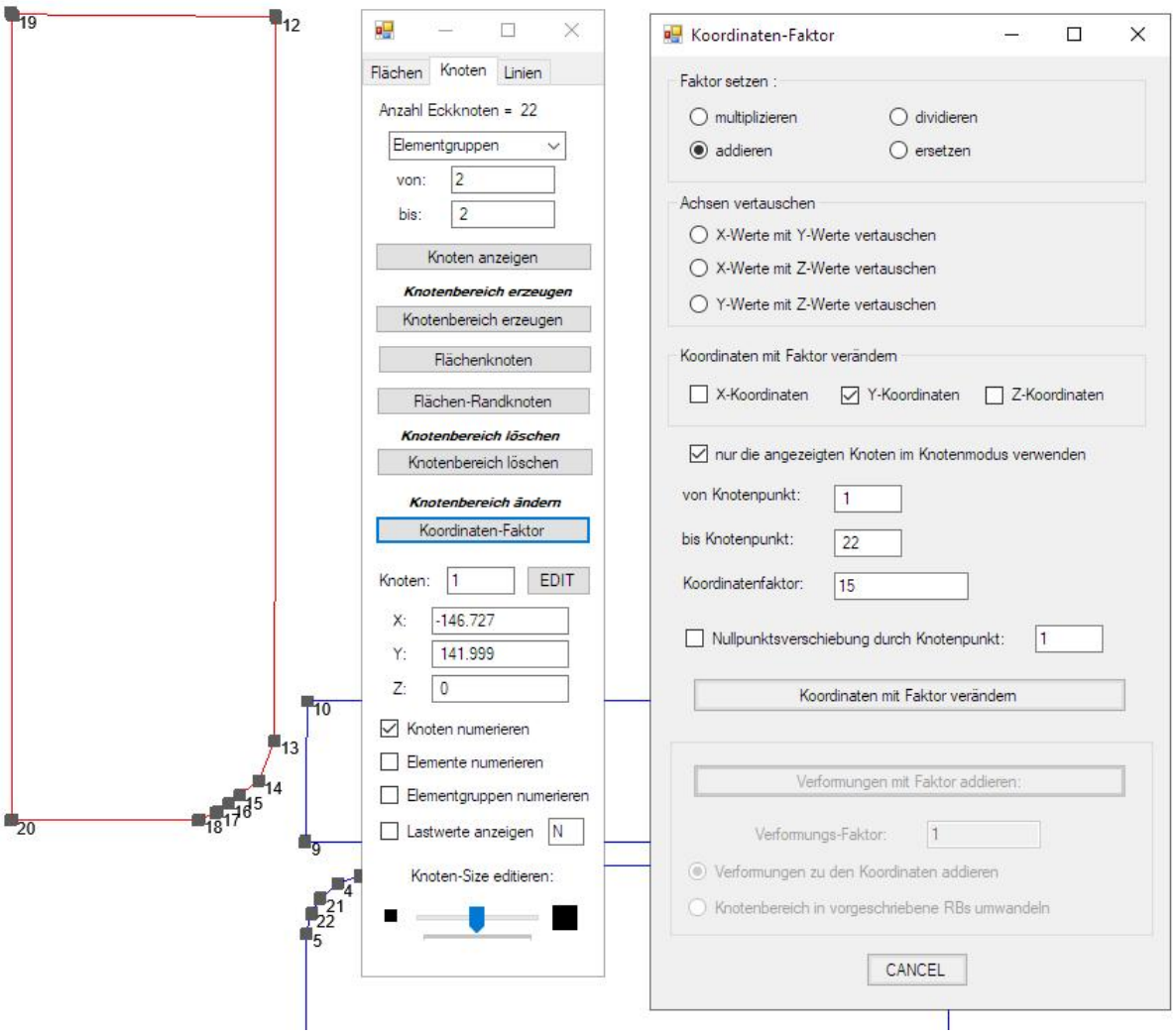


- Mit Menü „Koordinatenfaktor“ die X-Koordinaten mit -1 umdrehen bzw. multiplizieren.

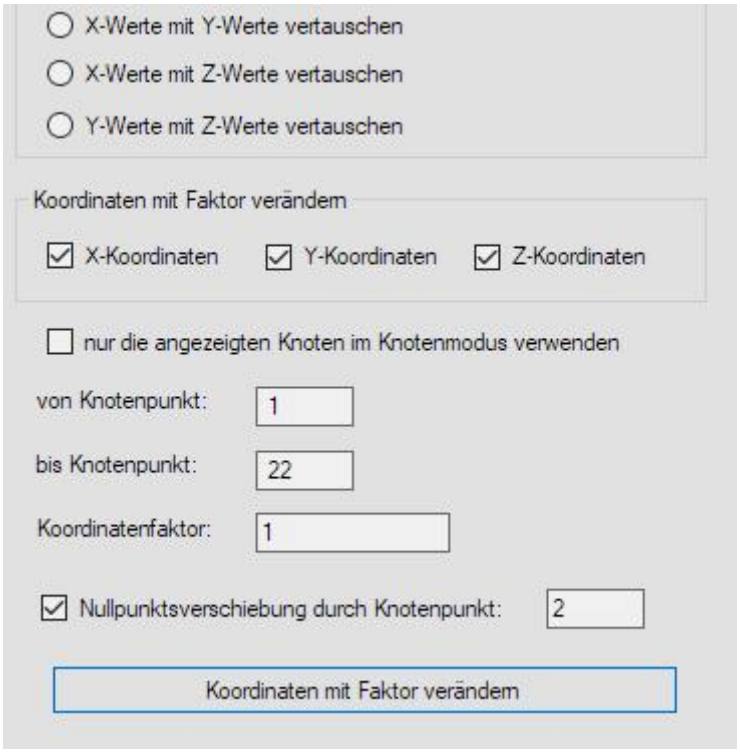


- Um den Stempel um 15 mm nach oben zu verschieben wird das Register „FEM-Projekt bearbeiten“ gewählt und mit Menü „Elementgruppen“ und einem „Recheck aufziehen“ der Stempel in Elementgruppe 2 umgewandelt sowie den Farbkasten anklicken um der EG 2 die Farbe Rot zu geben.


EG= 2
ON EG= 1
ON EG= 2
ON EG=3
ON EG=4
ON EG=5
ON EG=6
ON EG=7
Für neue Farbe auf Farbrahmen klicken
als Drahtgitter sichtbar
Refresh Hidden-Line
Gruppen 1 - 7
Neue Elementgruppen erzeugen
EG = 2
Elementgruppen erzeugen
Elementgruppe erzeugen: 2
EG mit aufgespannten Rechteck und einer Tiefe erzeugen
EG mit allen angezeigten Knoten erzeugen
Elementgruppe aus mehreren Flächen erzeugen
Elementgruppe mit Koordinatenbereich erzeugen
Elementgruppe mit Kreisbogen erzeugen
Z-Tiefe Y-Tiefe X-Tiefe
von: -100000 bis: 100000
Erzeuge Elementgruppe
Elementgruppen ändern
Anzahl Elementgruppen ändern: 2
Elementgruppe ändern von: auf:
Anzahl Elemente ändern: 22
Ändern
Cancel

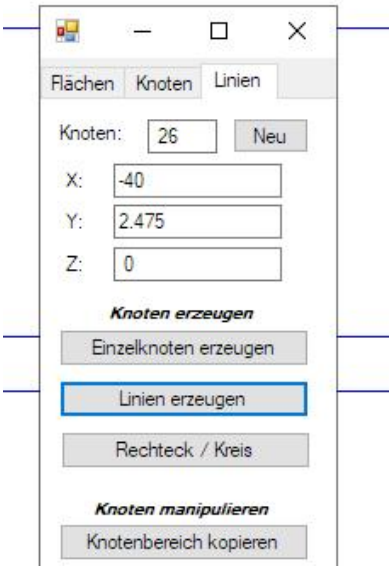

19
12
10
13
14
15
16
17
18
20
9
4
21
22
5
Flächen Knoten Linien
Anzahl Eckknoten = 22
Elementgruppen
von: 2
bis: 2
Knoten anzeigen
Knotenbereich erzeugen
Knotenbereich erzeugen
Flächenknoten
Flächen-Randknoten
Knotenbereich löschen
Knotenbereich löschen
Knotenbereich ändern
Koordinaten-Faktor
Knoten: 1 EDIT
X: -146.727
Y: 141.999
Z: 0
Knoten numerieren
Elemente numerieren
Elementgruppen numerieren
Lastwerte anzeigen N
Knoten-Size editieren:
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: 1
bis Knotenpunkt: 22
Koordinatenfaktor: 15
Nullpunktsverschiebung durch Knotenpunkt: 1
Koordinaten mit Faktor verändern
Verformungen mit Faktor addieren:
Verformungs-Faktor: 1
Verformungen zu den Koordinaten addieren
Knotenbereich in vorgeschriebene RBs umwandeln
CANCEL

- Im Knotenmodus alle Knoten von Elementgruppe = 2 anzeigen und mit Menü „Koordinatenfaktor“ die angezeigten Knoten mit „15“ in Y-Richtung addieren
- mit Menü „Koordinatenfaktor“ den Nullpunkt durch Knoten 2 legen damit das Ziehblech genau in der Höhe von 0.3 bis 2.175 eingefügt werden kann.



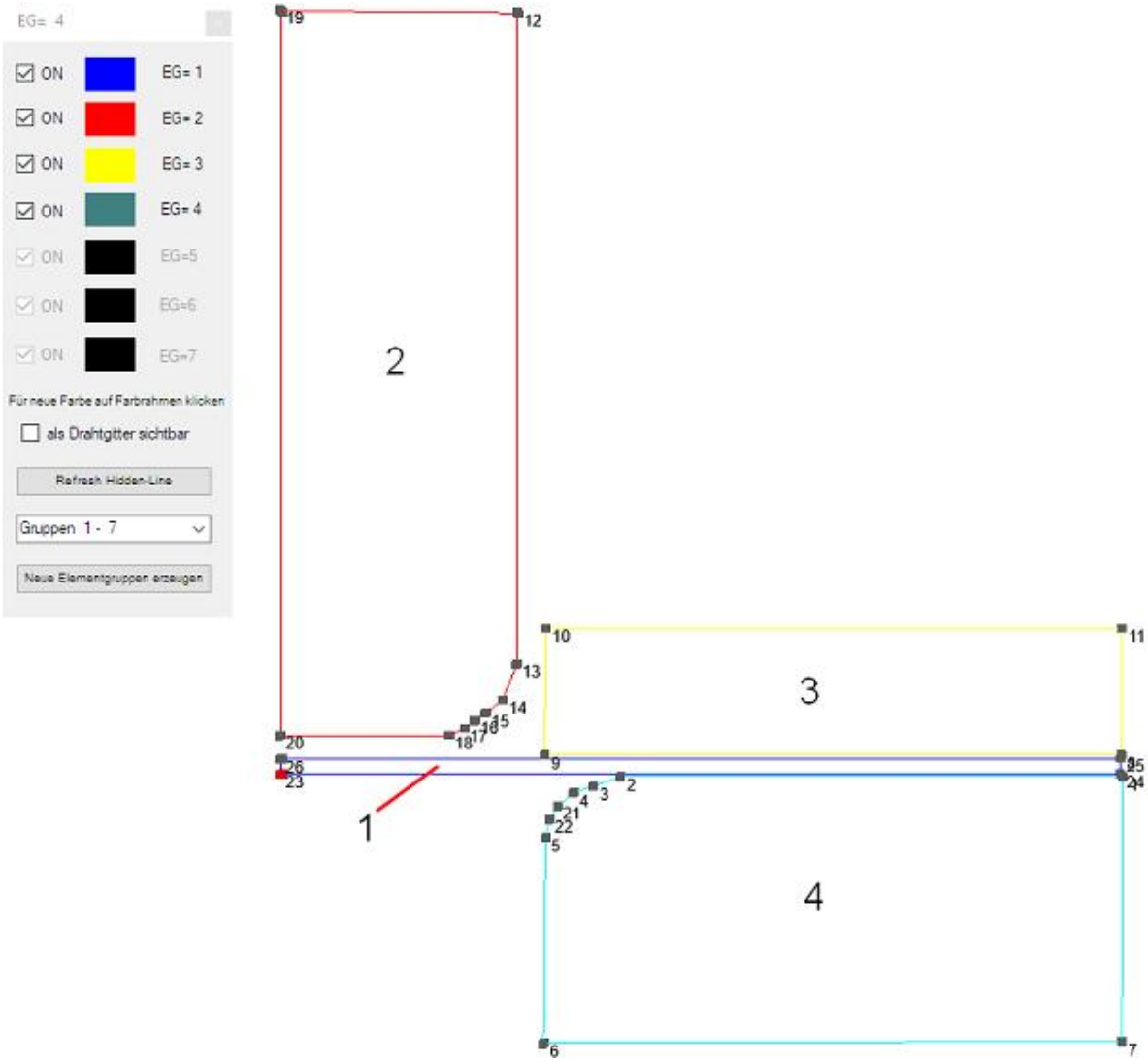


- Wählen Sie im Linienmodus „Neu“ damit ein neuer Knoten 23 angezeigt wird, geben Sie die Koordinaten -40/0.3 ein und wählen „Einzelknoten erzeugen“, dannach mit Knoten 24 (59/0.3), Knoten 25 (59/2.175) und Knoten 26 (-40/2.175) wiederholen.



- Dann die 4 Knoten mit Menü „Linien erzeugen“ mit 23-24, 24-25, 25-26 und 26-23 verbinden

- alle 4 Elementgruppen mit „Rechteck aufziehen“ erzeugen damit alles in einer Netzgenerierung durchgeführt werden kann.



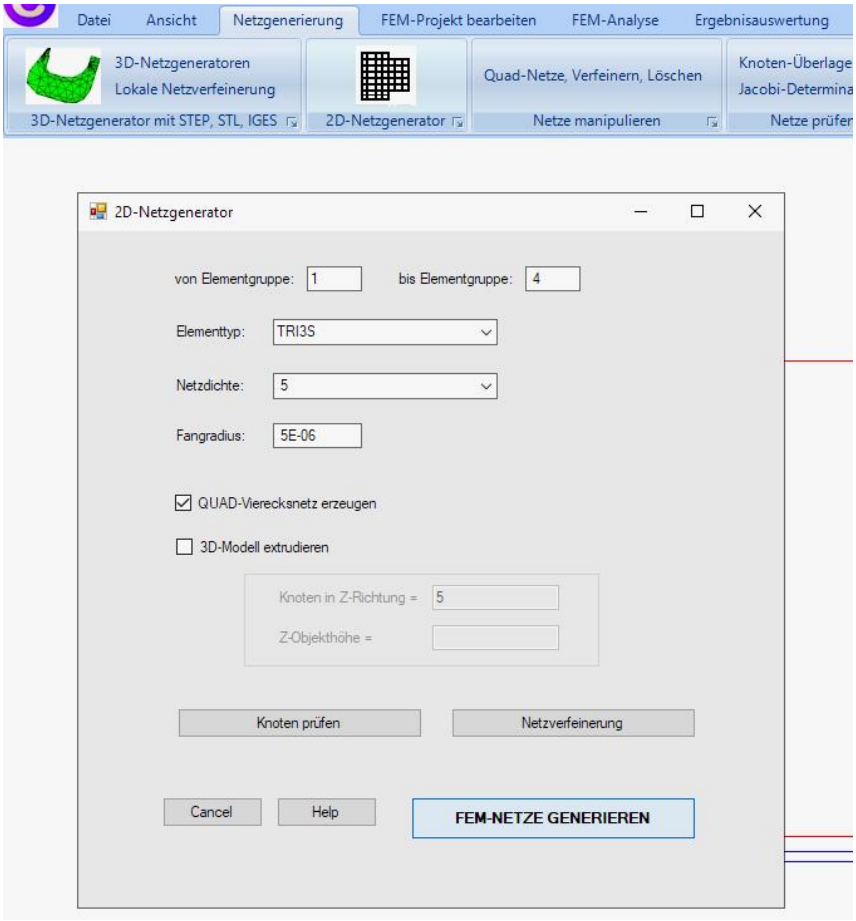
- Mit Menü „Koordinatenfaktor“ den Nullpunkt durch Knoten 23 legen damit später für die vertikale HEX8-Spiegelung die Rotationsachse bei X=0 liegt.

- Das Linienmodell mit einem beliebigen Namen auf der Festplatte abspeichern.

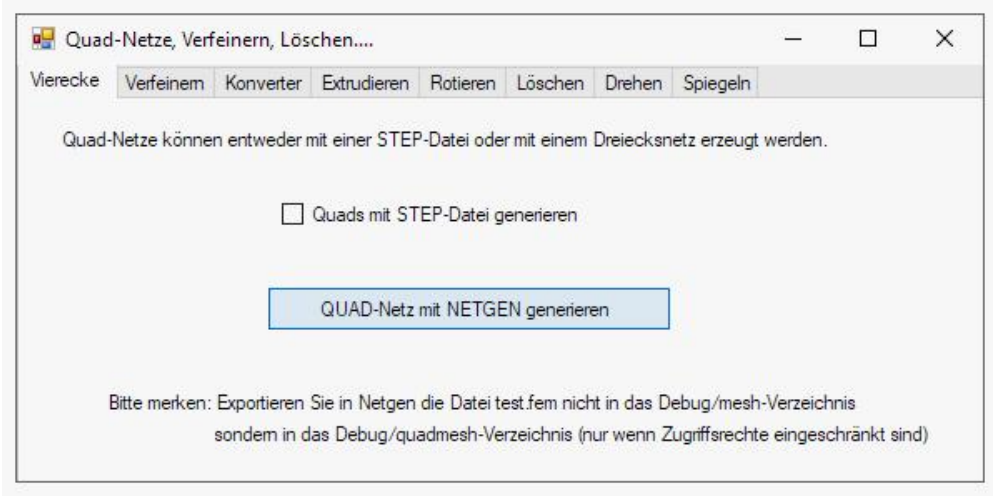
3. Dreiecks- und Viereckvernetzung

- Es folgt eine Dreiecksvernetzung die als Vorlage für eine Viereckvernetzung mit NETGEN dient.

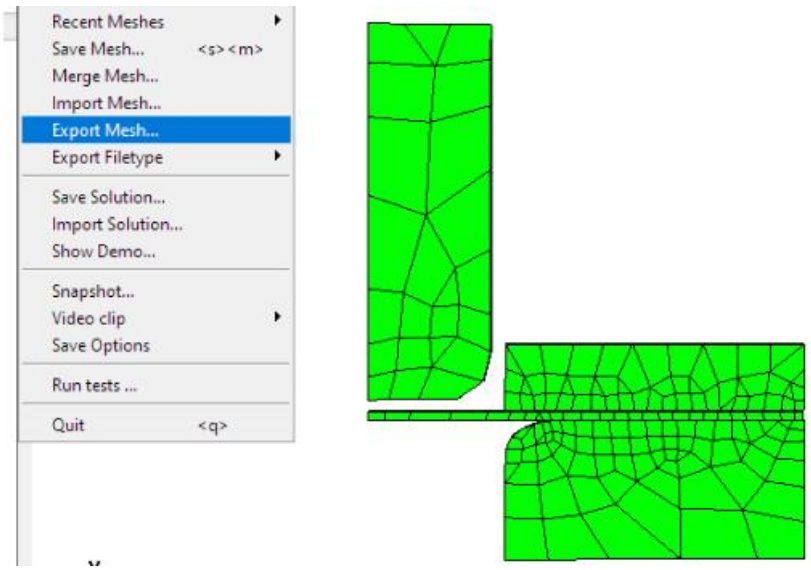
- Register „Netzgenerierung“ und „2D-Netzgenerator“ wählen um Elementgruppe 1 bis 4 mit einer geringen Elementdichte von „5“ zu vernetzen sowie „QUAD-Viereckvernetz“ aktivieren.



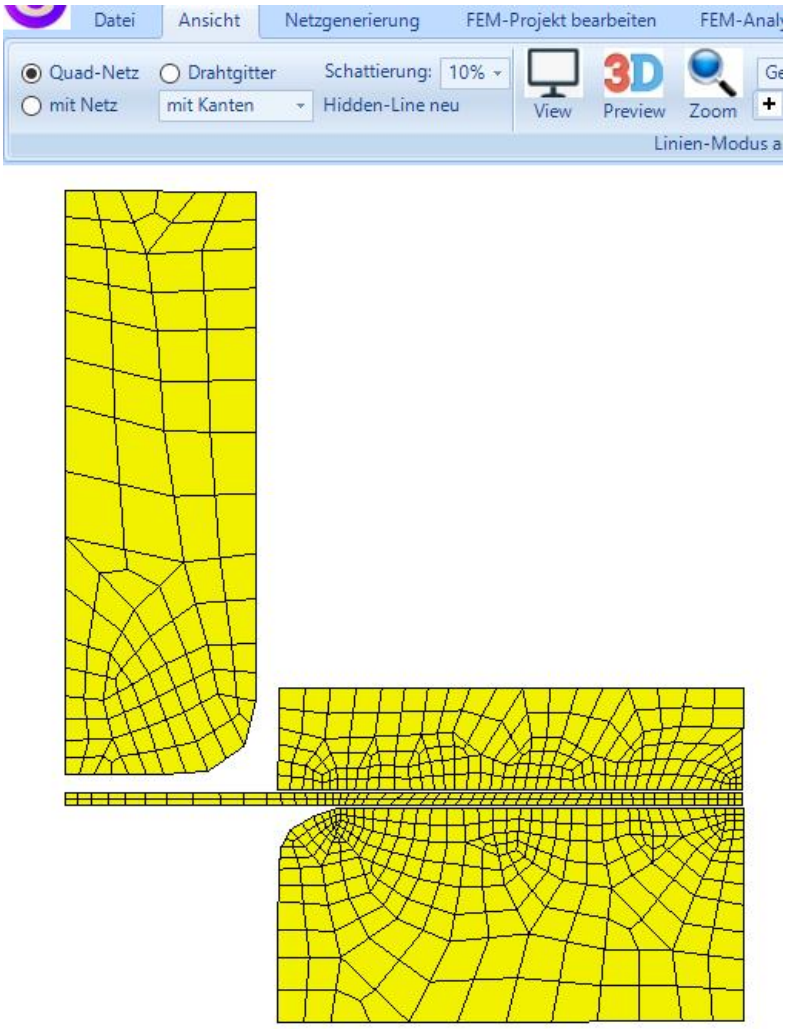
- Nach der Dreiecksvernetzung erscheint eine weitere Dialogbox und hier das Menü „QUAD-Netz mit NETGEN generieren“ wählen.



- In NETGEN wird das Dreiecksnetz blau angezeigt, mit „Generate Mesh“ ein QUAD-Netz generieren und mit „Export“ das Netz mit Namen „test.fem“ in das debug/quadmesh-Verzeichnis exportieren. Eine Refine-Verfeinerung sollte nicht erfolgen sonst können Einlesefehler bei der MEANS-Einlesung entstehen.



- Nach einer Modell-Überprüfung wird das QUAD-Netz in MEANS dargestellt.

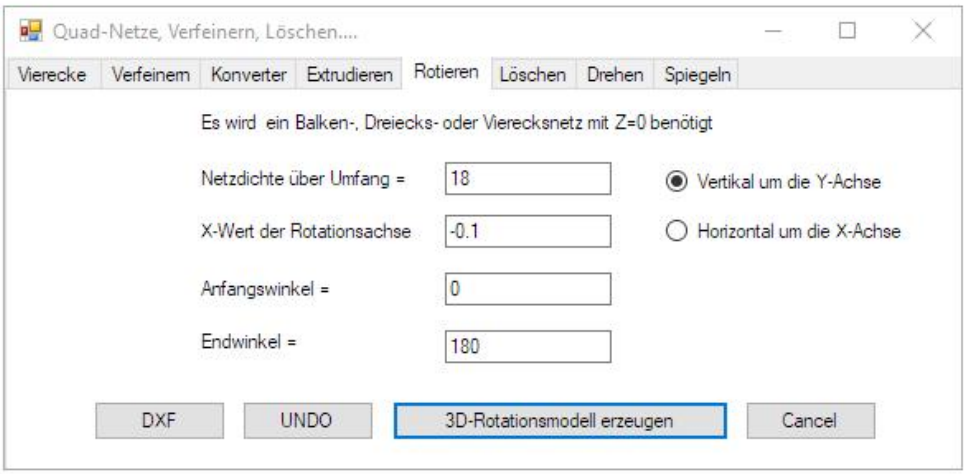


4. Hexaeder-Modell mit 180 Grad Rotation

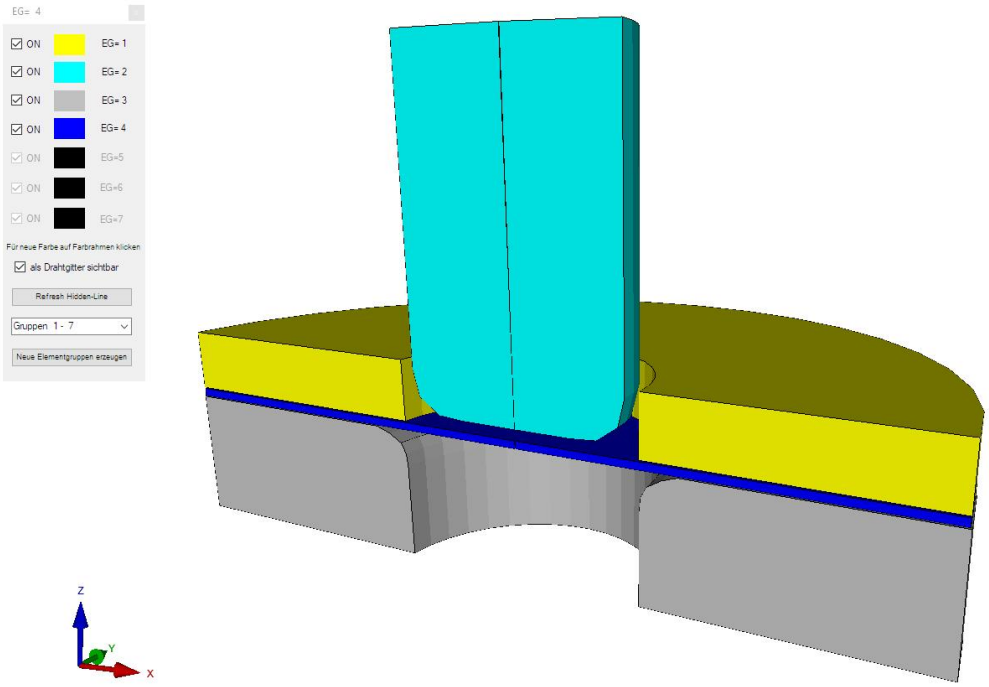
- Register „Netzgenerierung“ und Menü „Quad-Netze, Verfeinern, Löschen“ und Register „Rotation“ wählen um mit einer Netzdichte „18“ und einem Endwinkel 180 °“ ein halbes Rotationsmodell mit Ausnutzung der Symmetrie zu erzeugen.

- X-Wert für die Rotationsachse von „-0.1“ eingeben damit bei der Rotation keine instabilen Pentaeder-Elemente generiert werden müssen.





- Nach einer Modell-Überprüfung und einer Y-Z-Achsenvertauschung mit Koordinatenfaktor erhält man ein Hexader-Modell mit 11 736 Elemente, 15 314 Knoten und 4 Elementgruppen.



5. Randbedingungen erzeugen

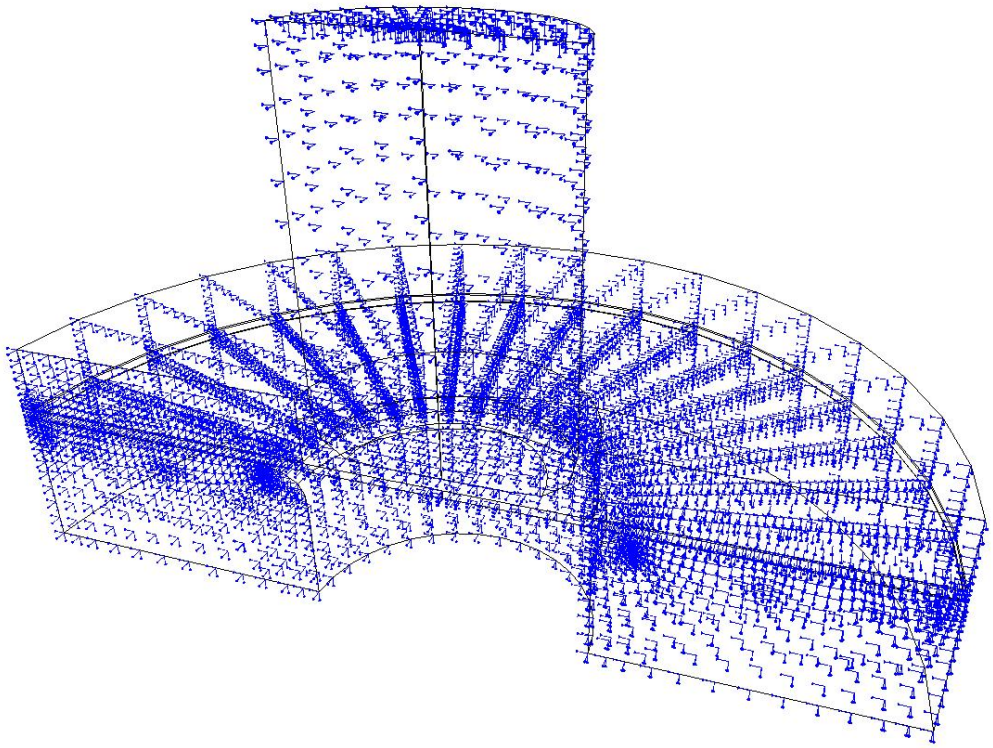
- Elementgruppen mit Flächenmodell erzeugen und darauf achten dass die Biegeplatte auf der letzten EG 4 liegt.

Elementgruppe	Bezeichnung	Randbedingungen und Einspanungen
EG 1	Niederhalter	in X-, Y- und Z-Richtung fest
EG 2	Stempel	nur in X- und Y-Richtung fest sowie oben in Z-Richtung = -80 mm
EG 3	Matrize	in X-, Y- und Z-Richtung fest
EG 4	Ziehblech	nur die kleine Mittelfläche in X- und Y-Richtung fest sowie Vorderfläche in Y-Richtung fest wegen Symmetrie

- EG 1 und EG 3 einblenden und alle Flächen der Niederhalter- und Matrize in X-, Y- und Z-Richtung fest einspannen

- EG 2 einblenden und den Stempel in x- und y-Richtung fest einspannen sowie oben in Z-Richtung mit -80 mm als vorgeschriebene Verschiebung vorgeben

- EG 4 einblenden und mittig in X- und Y-Richtung fest einspannen sowie Vorderfläche in Y-Richtung wegen Symmetrie einspannen.



6. Kontaktflächen erzeugen

Punktlasten gelten als Kontaktknoten und Flächenlasten als Kontaktflächen wenn in der Dialogbox für die Material-Nichtlineartät „Contact-Analysis“ aktiviert ist, dann sind folgende drei Lastfälle definiert:

Lastfall 1
Punkt- oder Flächenlast mit der äußeren Belastung

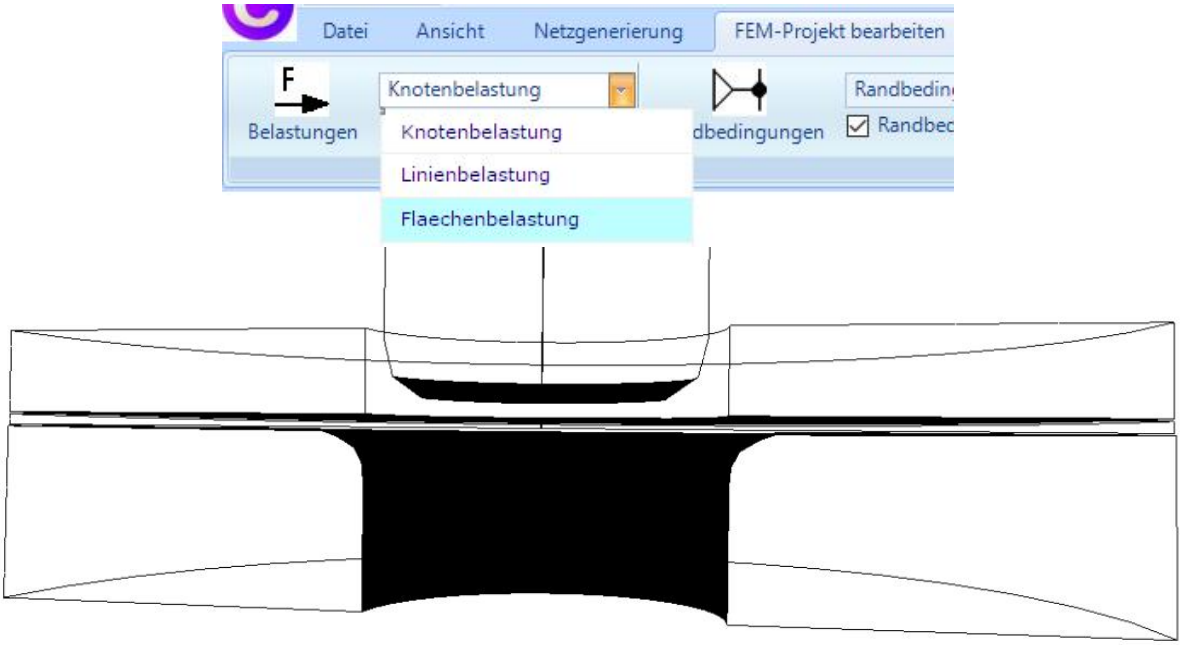
Lastfall 2
Punktlast bei 2D-Elementen mit den MASTER-Kontaktknoten
Flächenlast bei 3D-Elementen mit den MASTER-Kontaktflächen

Lastfall 3
Punktlast bei 2D-Elementen mit den SLAVE-Kontaktknoten
Flächenlast bei 3D-Elementen mit den SLAVE-Kontaktflächen

Folgende Arbeitschritte zur Eingabe der Kontaktflächen durchführen:

- Register „FEM-Projekt bearbeiten“ und Lastall 1 mit einer kleinen Punktlast eingeben da die äußere Belastung bereits mit der vorgeschriebenen Stempel-Verschiebung von -80 mm definiert ist.

- Lastfall 2 mit den MASTER-Kontaktflächen wird mit einer Flächenlast auf die untere Niederhalterplatte und auf die obere Matrizenplatte sowie auf die Stempel-Unterseite erzeugt.

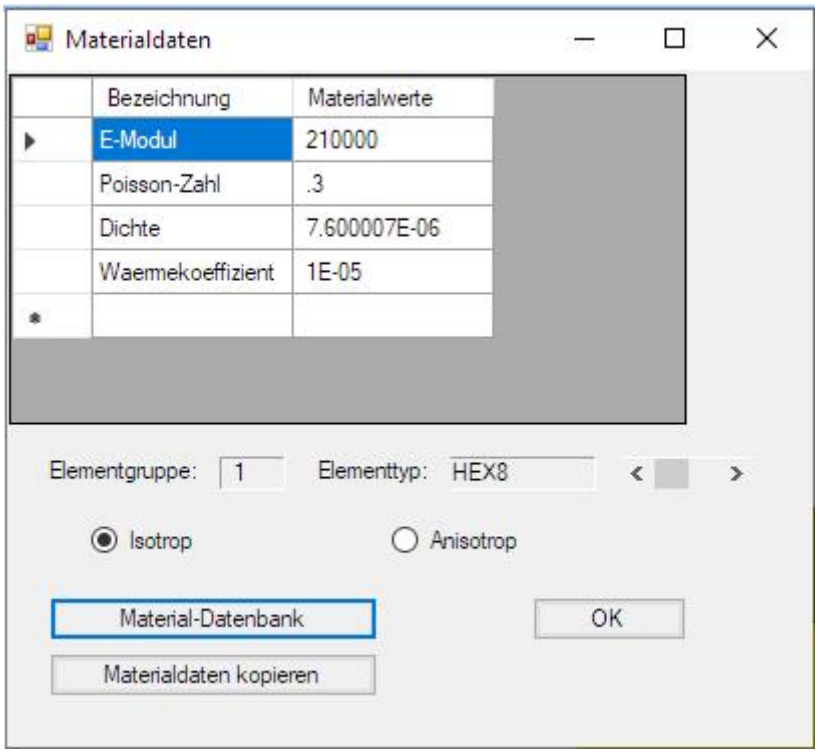


- Lastfall 3 mit den SLAVE-Kontaktflächen wird mit einer Flächenlast auf Ober- und Unterseite des Ziehbleches erzeugt.

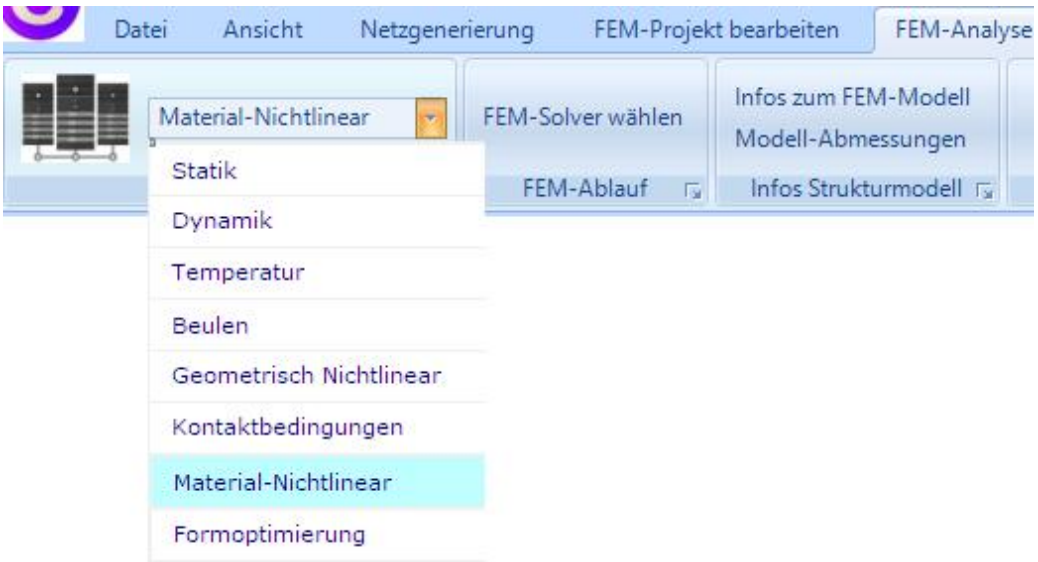


7. Material-Nichtlinearität mit Reibung

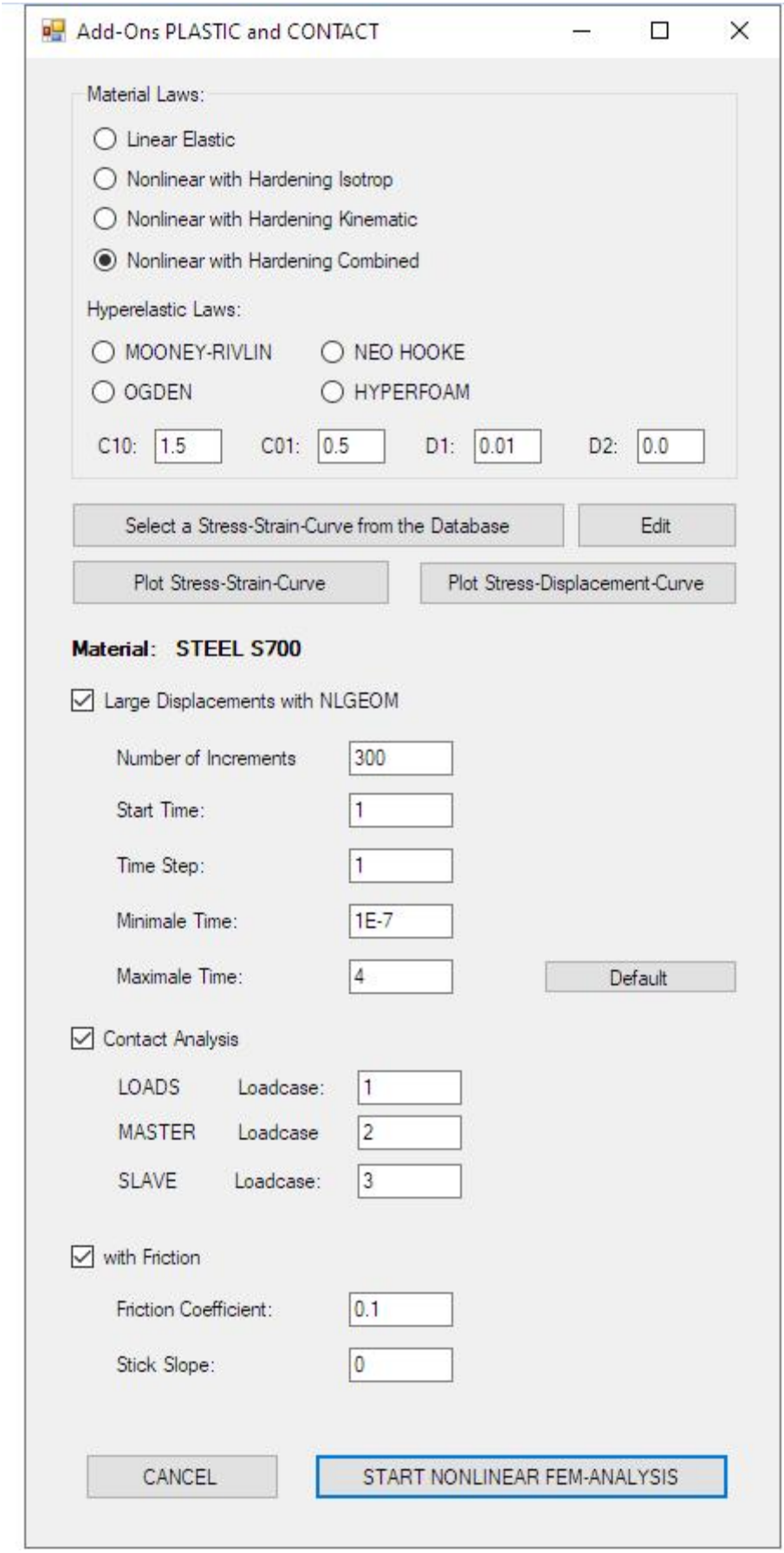
- Wählen Sie zuerst „FEM-Projekt bearbeiten“ und „Materialdaten“ und geben für alle Elementgruppe das E-Modul = 210 000 MPa und Poisson-Zahl = 0.3 ein.



- Wählen Sie dannach Register „FEM-Analyse“ und „Material-Nichtlinear“

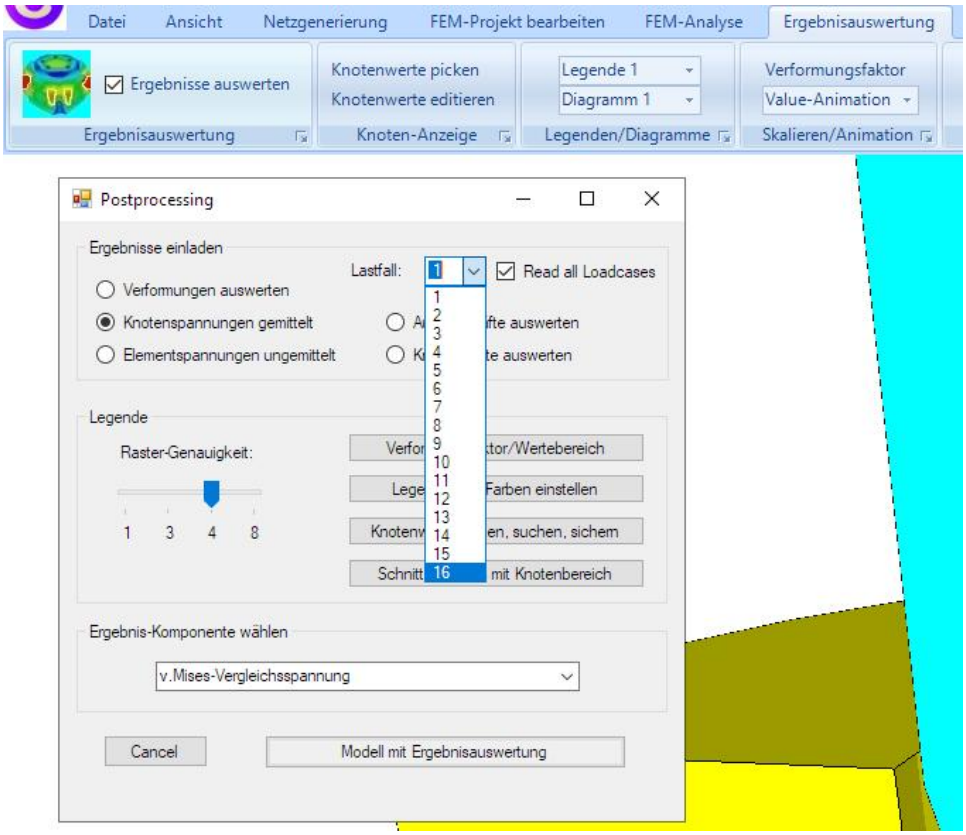


- Wählen Sie „Nonlinear with Hardening Isotrop“ oder „Nonlinear with Hardening Combined“ sowie die Spannungs-Dehnungskurve „S700“ aus und übernehmen die Default-Einstellung sowie ein Friction-Coeffizent von 0.1 eingeben für eine Gleitreibung zwischen den Kontaktflächen.

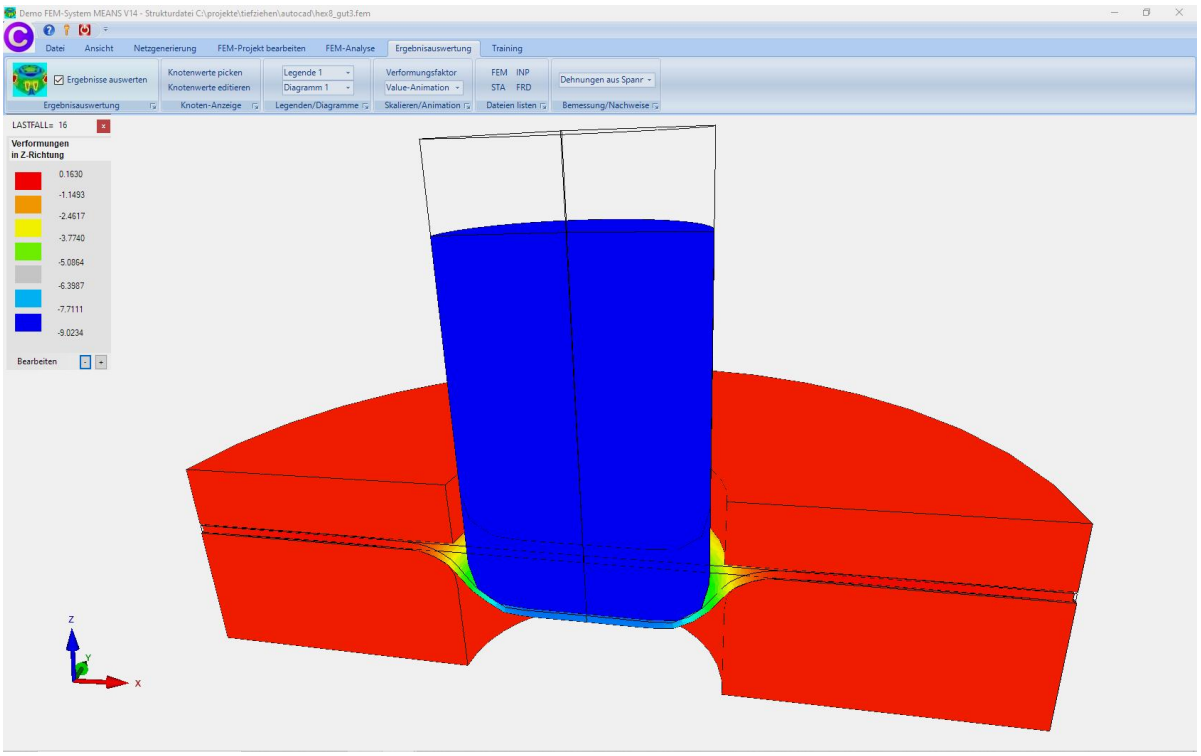

Add-Ons PLASTIC and CONTACT
Material Laws:
Linear Elastic
Nonlinear with Hardening Isotrop
Nonlinear with Hardening Kinematic
Nonlinear with Hardening Combined
Hyperelastic Laws:
MOONEY-RIVLIN
NEO HOOKE
OGDEN
HYPERFOAM
C10: 1.5
C01: 0.5
D1: 0.01
D2: 0.0
Select a Stress-Strain-Curve from the Database
Edit
Plot Stress-Strain-Curve
Plot Stress-Displacement-Curve
Material: STEEL S700
Large Displacements with NLGEOM
Number of Increments 300
Start Time: 1
Time Step: 1
Minimale Time: 1E-7
Maximale Time: 4
Default
Contact Analysis
LOADS Loadcase: 1
MASTER Loadcase 2
SLAVE Loadcase: 3
with Friction
Friction Coefficient: 0.1
Stick Slope: 0
CANCEL
START NONLINEAR FEM-ANALYSIS

8. Ergebnisauswertung

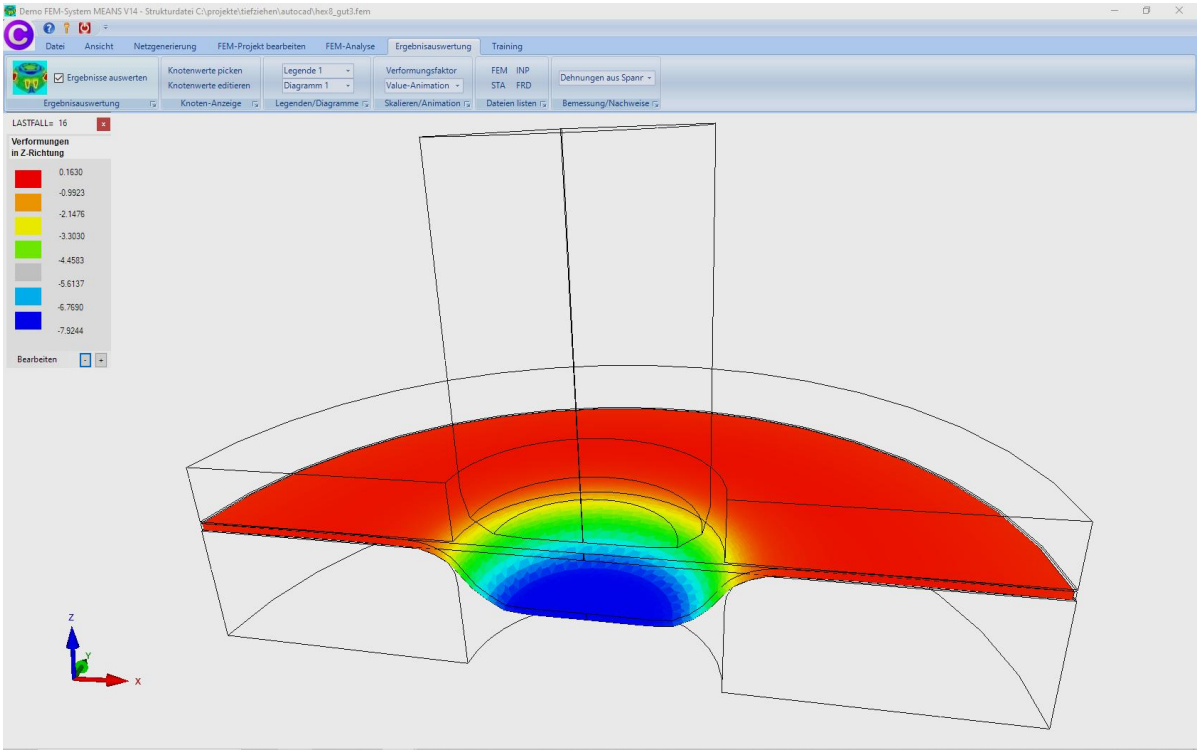
Wählen Sie Register „Ergebnisauswertung“ und wählen den letzten Lastfall 17 um die Verformungs- und Spannungsverteilung darzustellen.



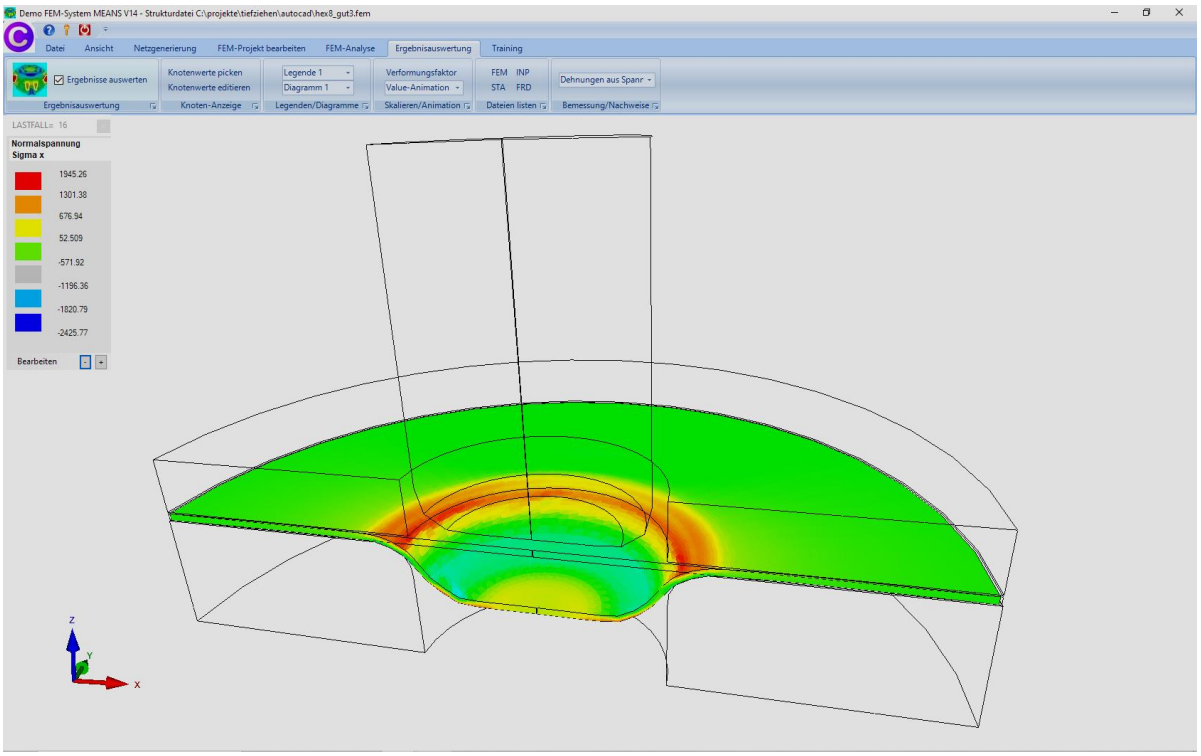
Max. Verformung in Z-Richtung am Stempel = - 9.02 mm



Max. Verformung in Z-Richtung am Ziehblech = - 7.92 mm



Max. Zugspannung = 1 945 MPa und max. Druckspannung = -2 425 MPa



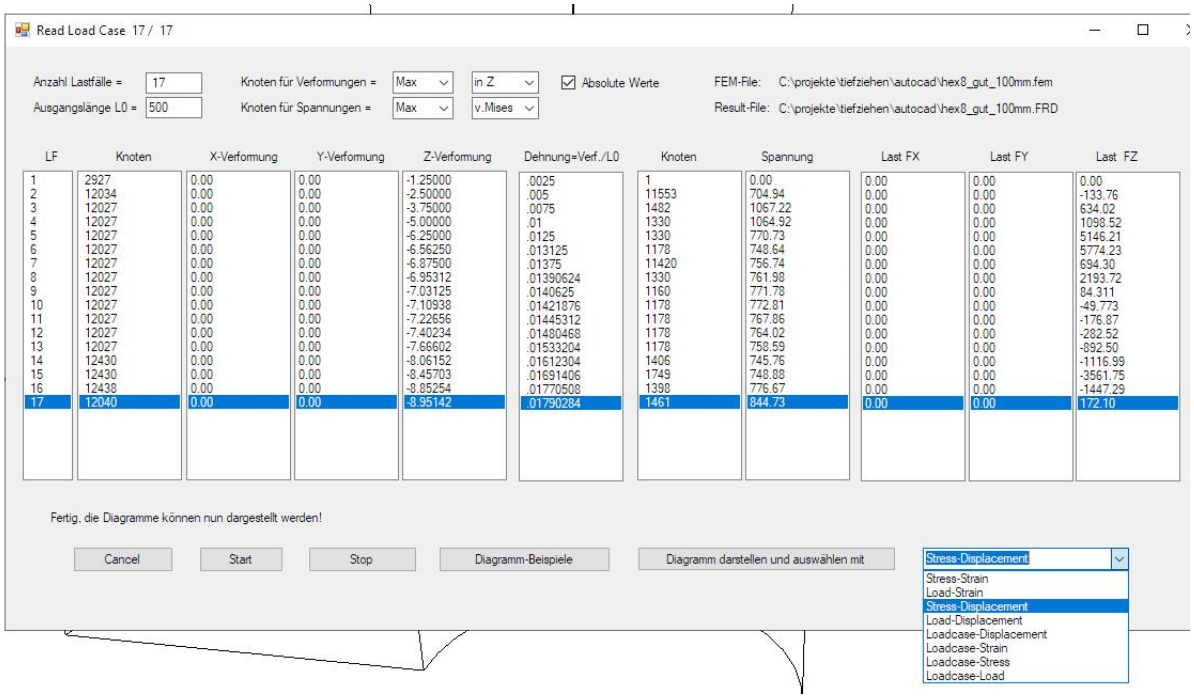
9. Diagramm-Auswertungen

Wählen Sie Register „Ergebnisauswertung“ und „Stress-Strain-Diagramm“ um die Ergebnisverläufe der Lastfälle 1 - 17 in Diagrammen übersichtlich auszuwerten.



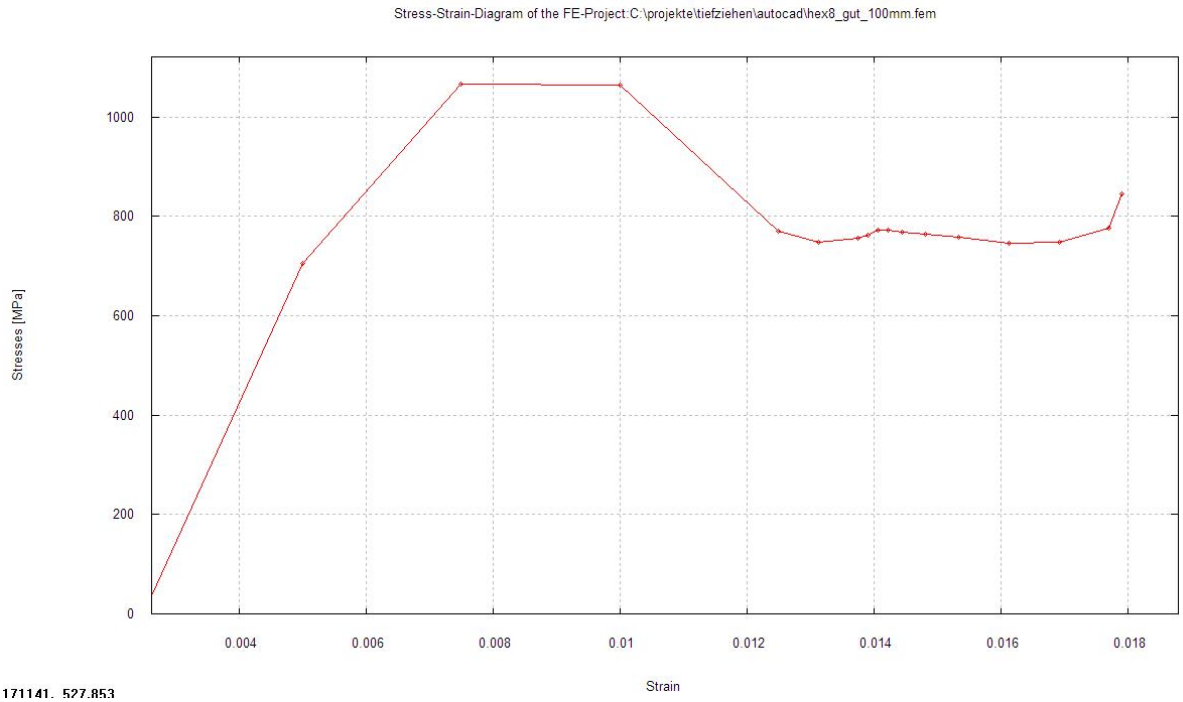
Folgende Diagramme können dargestellt werden

- Stress-Strain
- Stress-Displacement
- Load-Displacement
- Loadcase Displacement
- Loadcase Strain
- Loadcase Stress
- Loadcase Load



Die Material-Nichtlinearität ist gut erkennbar, die v.Mises-Spannungen steigen bis zur Streckgrenze linear an dann aber Abflachung und kein Anstieg mehr - die Verformungen dagegen werden immer größer und plastischer bis zum Versagen.

Stress-Strain-Diagramm



Stress-Displacement-Diagramm

