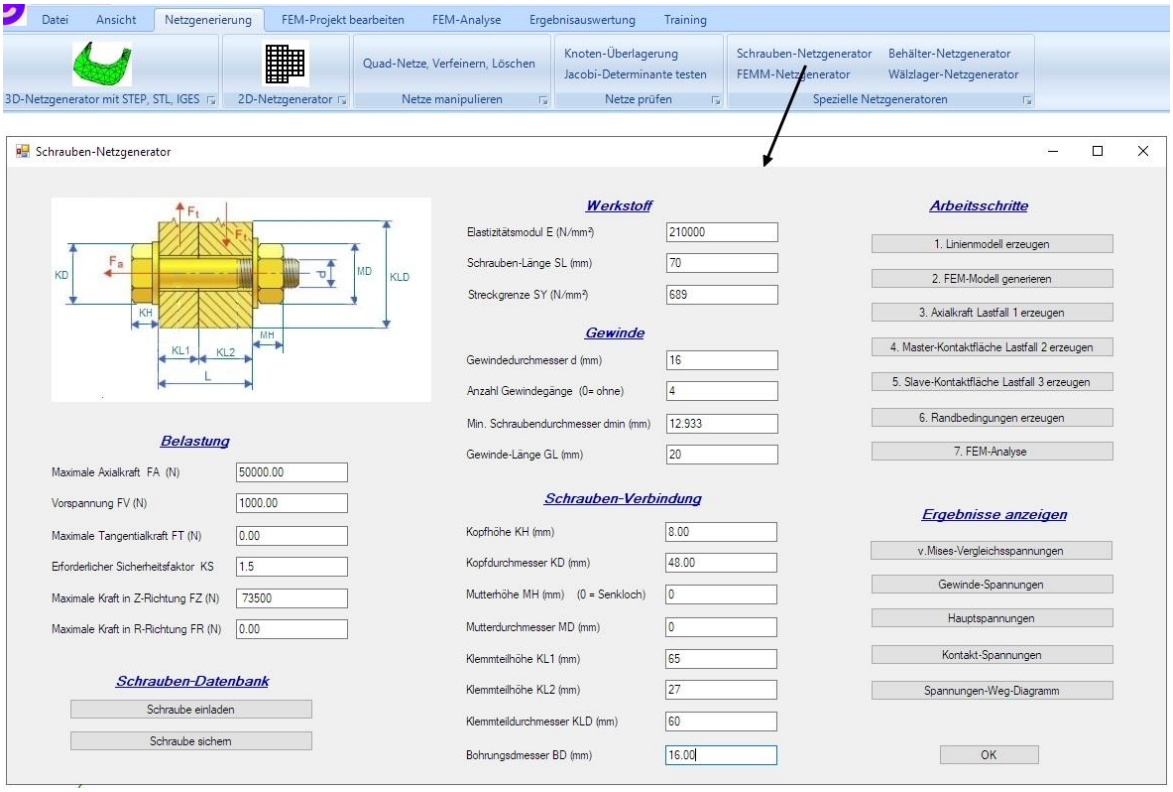
Kapitel 17: Schrauben mit FEM-Systems MEANS V12 berechnen

Mit dem Schrauben-Netzgenerator von HTA-Software (www.femcad.de) können durch die Eingabe weniger Eckdaten 2D-Schraubenmodelle vernetzt und mit einer Kontakt-Analyse vollautomatisch berechnet werden.
Da die meisten Schraubenmodelle rotationssymmetrisch sind und ca. 90% axial und nur ca. 10% quer belastet werden kann man die FEM-Analyse auch mit den 2D-Rotationsscheiben erheblich vereinfachen.
Arbeits- und rechenzeitintensive 3D-Modelle können zwar nicht ersetzt werden man erhält aber Ergebnisse die mit den Roloff-Matek-Formeln (siehe Seite 309) sehr gut übereinstimmen.
Bei unsymmetrischen Belastungen kann das 2D- in ein 3D-Modell umgewandelt werden. Der Schrauben-Netzgenerator mit wird Register Netzgenerierung gestartet.



Eckkdaten der Belastung

Es können nur rotationssymmetrische Belastungen berechnet werden, es besteht aber die Möglichkeit ein moderates 2D-Rotationsnetz in ein 3D-Solid-Volumennetz für nichtsymmetrische Belastungen umzuwandeln.

Maximale Axialkraft FA (N)

Vorspannung FV (N)

Maximale Tangentialkraft FT (N)

Erforderlicher Sicherheitsfaktor KS

Maximale Kraft in Z-Richtung FZ = (FA - FV) * KS

Maximale Kraft in R-Richtung FR = FT * KS

Eckdaten Gewinde

Gewindedurchmesser d (mm)

Anzahl Gewindegänge (0 = es wird kein Gewinde erzeugt)

Minimaler Schraubendurchmesser d_{min} (mm)

Gewinde-Länge GL (mm)

Eckdaten der Schrauben-Verbindung

K_H = Kopfhöhe

K_D = Kopfdurchmesser

M_H = Mutterhöhe

M_D = Mutterdurchmesser (0 = Sackloch ohne Mutter wird erzeugt)

K_{L1} = Klemmteillänge oberes Bauteils

K_{L2} = Klemmteillänge unteres Bauteils

Arbeitsschritte

Führen Sie nacheinander folgende 7 Arbeitschritte aus um das 2D-FEM-Schraubenmodell vollautomatisch in wenigen Sekunden zu erzeugen.

1. Erzeugung des Linienmodell
2. FEM-Modell generieren
3. Axialkraft mit Lastfall 1 erzeugen
4. Master-Kontaktfläche mit Lastfall 2 erzeugen
5. Slave-Kontaktfläche mit Lastfall 3 erzeugen
6. Randbedingungen erzeugen
7. FEM-Analyse durchführen

Ergebnisse auswerten

Nach der FEM-Analyse können folgende Spannungen ausgewertet und in einen Spannungs-Weg-Diagramm angezeigt werden:

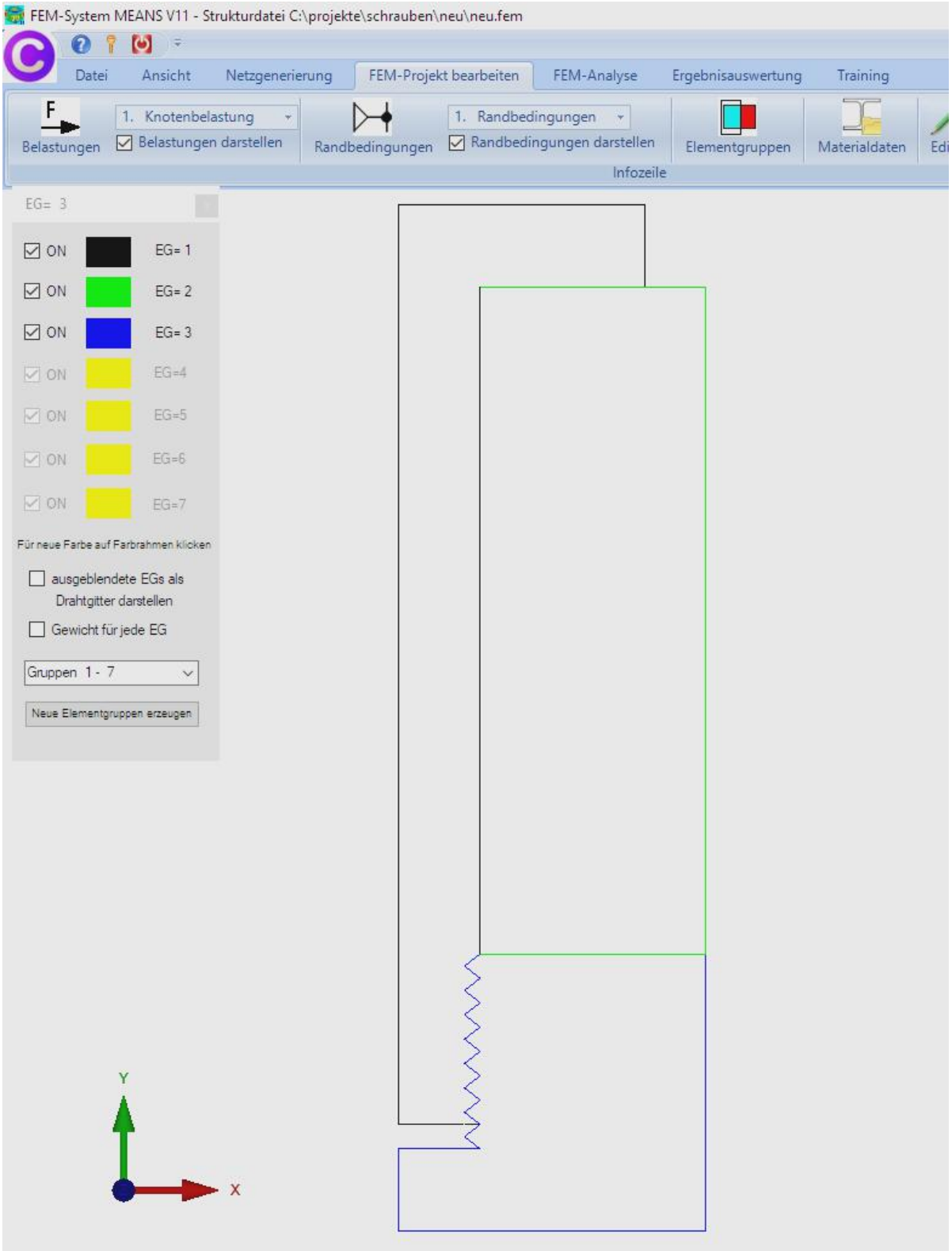
1. v.Mises-Vergleichsspannungen
2. Gewinde-Spannungen
3. Hauptspannungen
4. Kontakt-Spannungen
5. Spannungen-Weg-Diagramm

Schrauben-Datenbank

In der Schrauben-Datenbank können alle Eckdaten gesichert und wieder eingeladen werden.

1. Linienmodell erzeugen

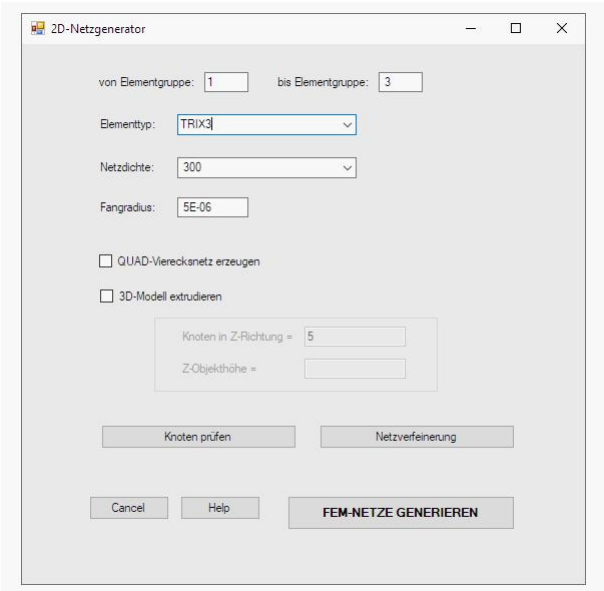
Es wird ein Balken-Linienmodell aus 3 Elementgruppen bestehend aus Schraube, Gewinde und Klemmteilen erzeugt.

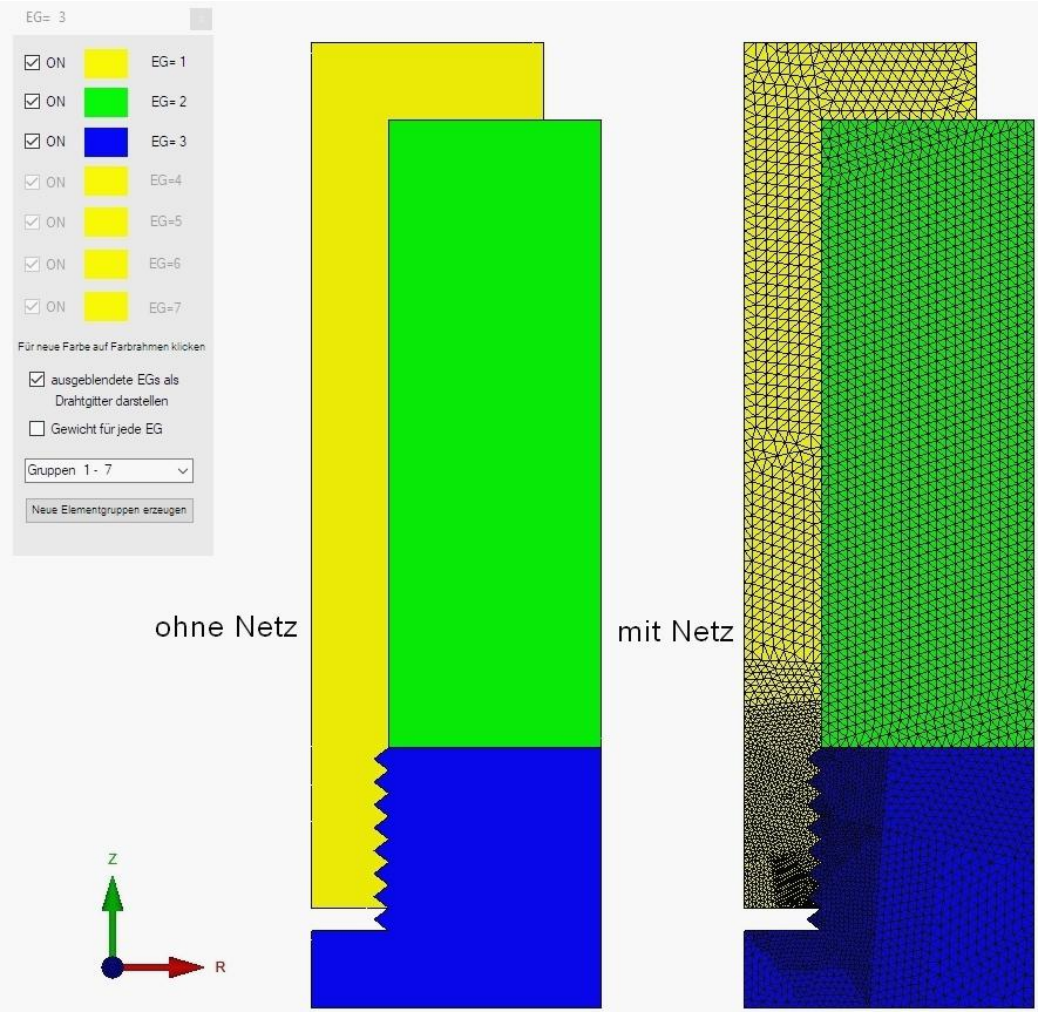


2. FEM-Modell erzeugen

Es folgt die 2D-Netzgenerierung mit Elementtyp “TRIX3” und der Netzdichte “300” für ein FEM-Netz aus 9046 Knoten, 4875 TRIX3-Elementen und 3 Elementgruppen.

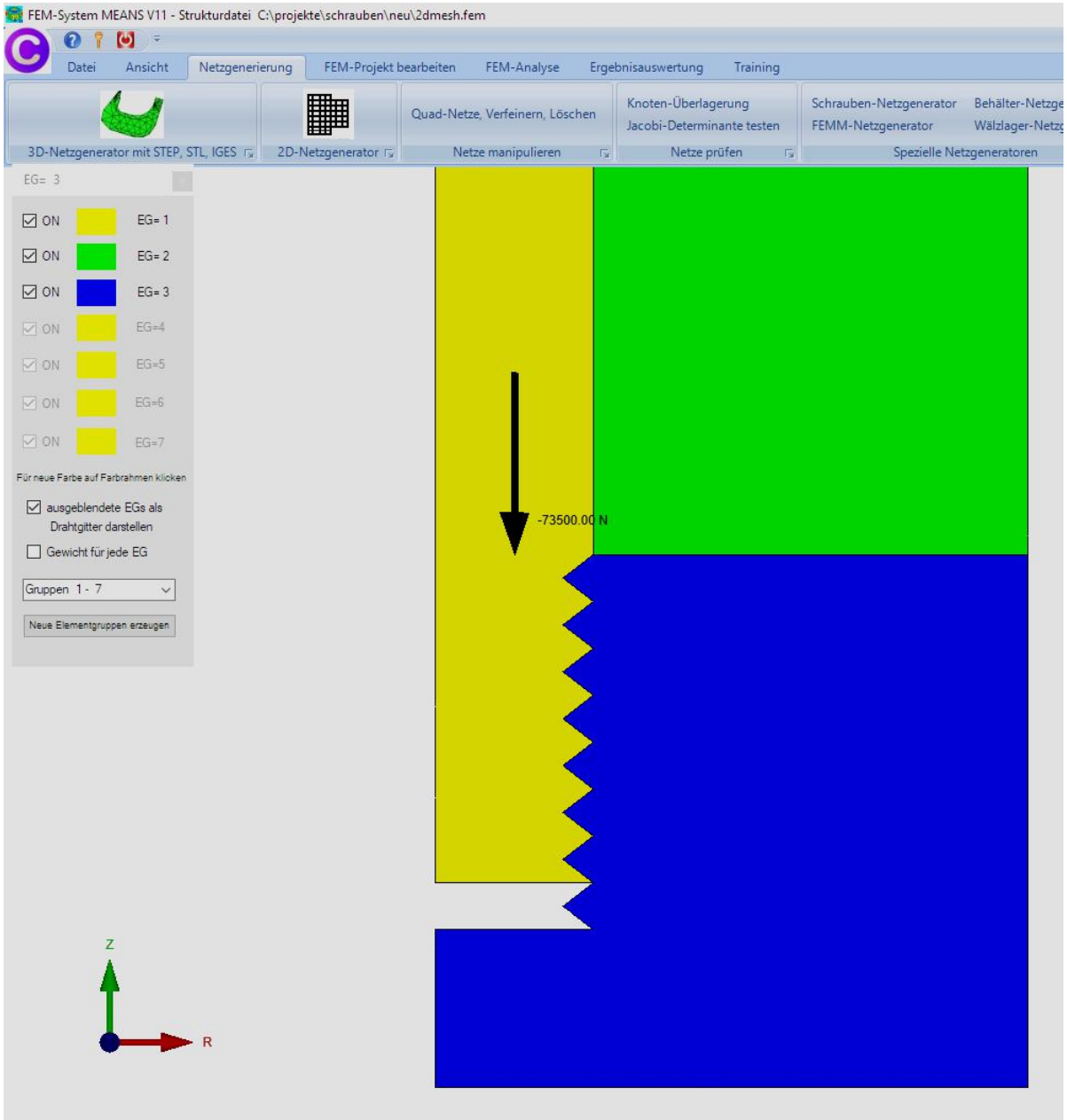
Ebenfalls werden die Materialdaten mit dem eingetragenen E-Modul erzeugt.





3. Axialkraft erzeugen

Es wird die resultierende Axialkraft F_Z in Z-Richtung mit dem eingetragenen Wert von -73500 N in Lastfall 1 erzeugt. Die Kraft greift direkt über dem Gewinde an, da sich hier die Einspannkräfte, Reibung und Vorspannung durch die gedrehten Gewindegänge überlagern. Zusätzlich kann noch eine tangentiale Belastung in R-Richtung berücksichtigt werden.



4. Master-Kontaktfläche

Es werden die Kontaktknoten zwischen Schraube, Gewinde und den Klemmteilen vollautomatisch ermittelt und in Lastfall 2 zusammengefaßt.

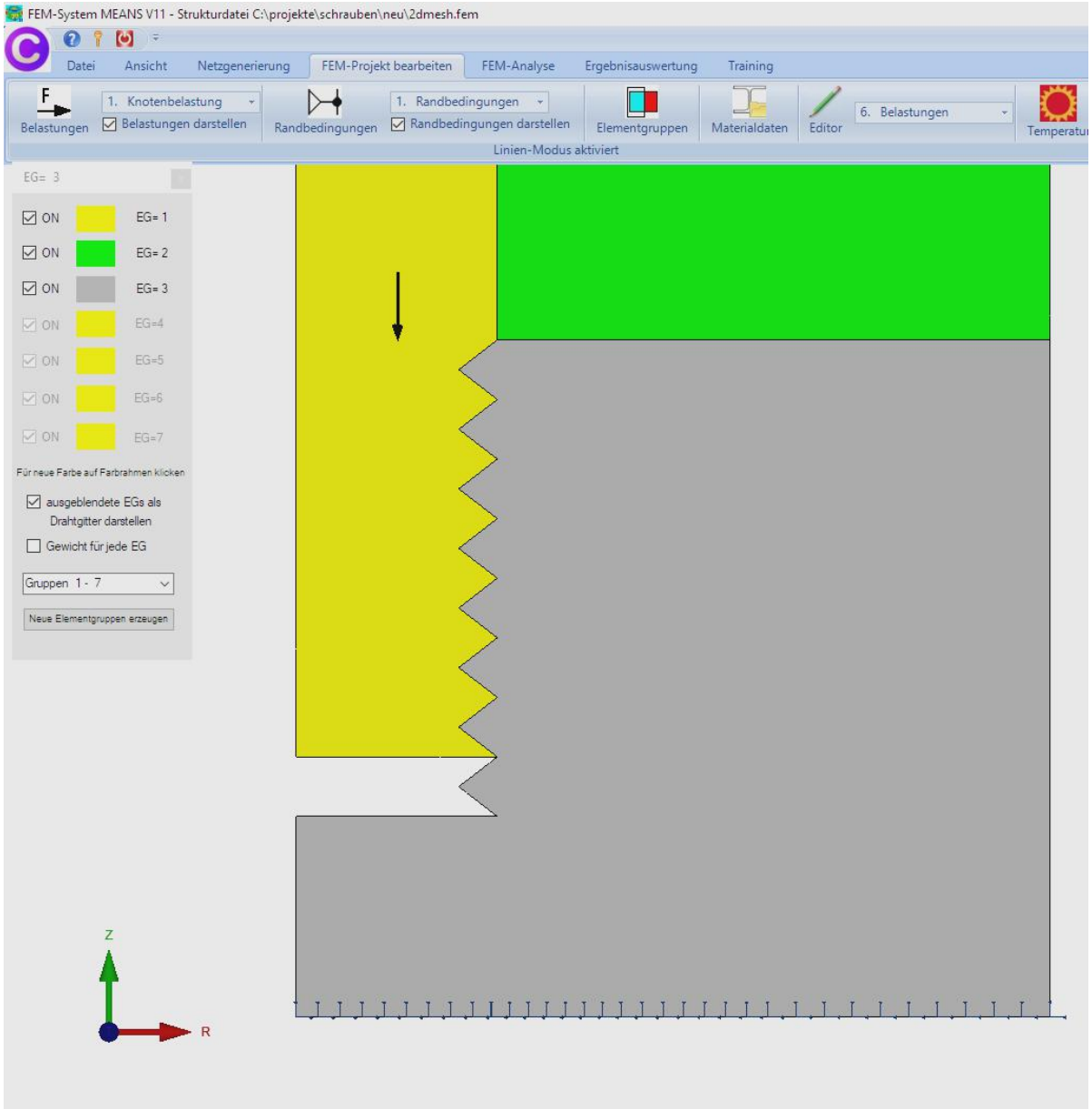
5. Slave-Kontaktfläche

Es werden die Kontaktknoten zwischen Schraube, Gewinde und den Klemmteilen vollautomatisch ermittelt und in Lastfall 3 zusammengefaßt.

6. Randbedingungen erzeugen

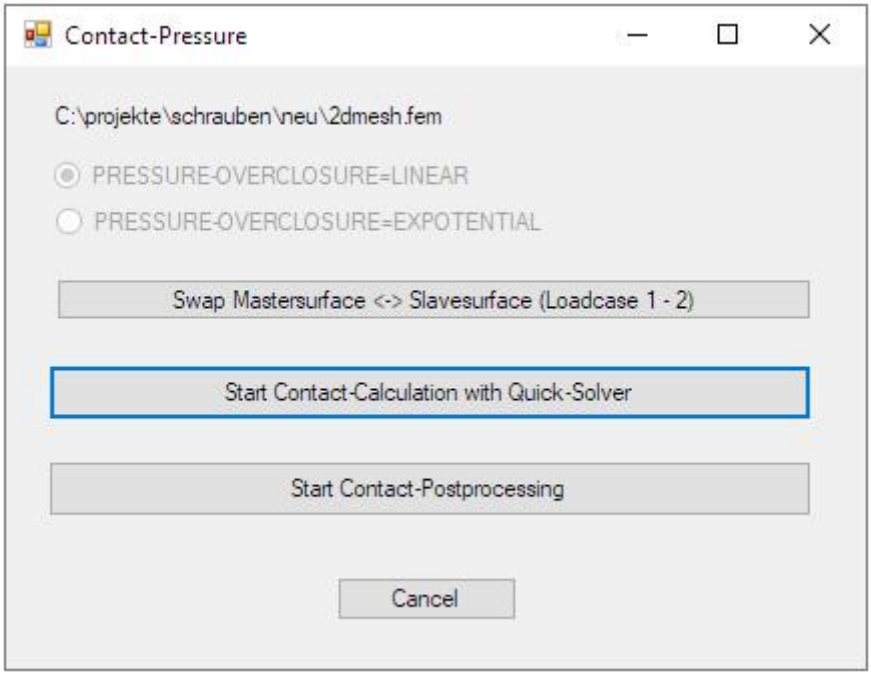
Klemmteil 2 wird unten in R- und Z-Richtung fest eingespannt.

Die Randbedingungen wie auch die Belastungen können jederzeit ohne den Schrauben-Netzgenerator nachträglich editiert oder gelöscht werden.

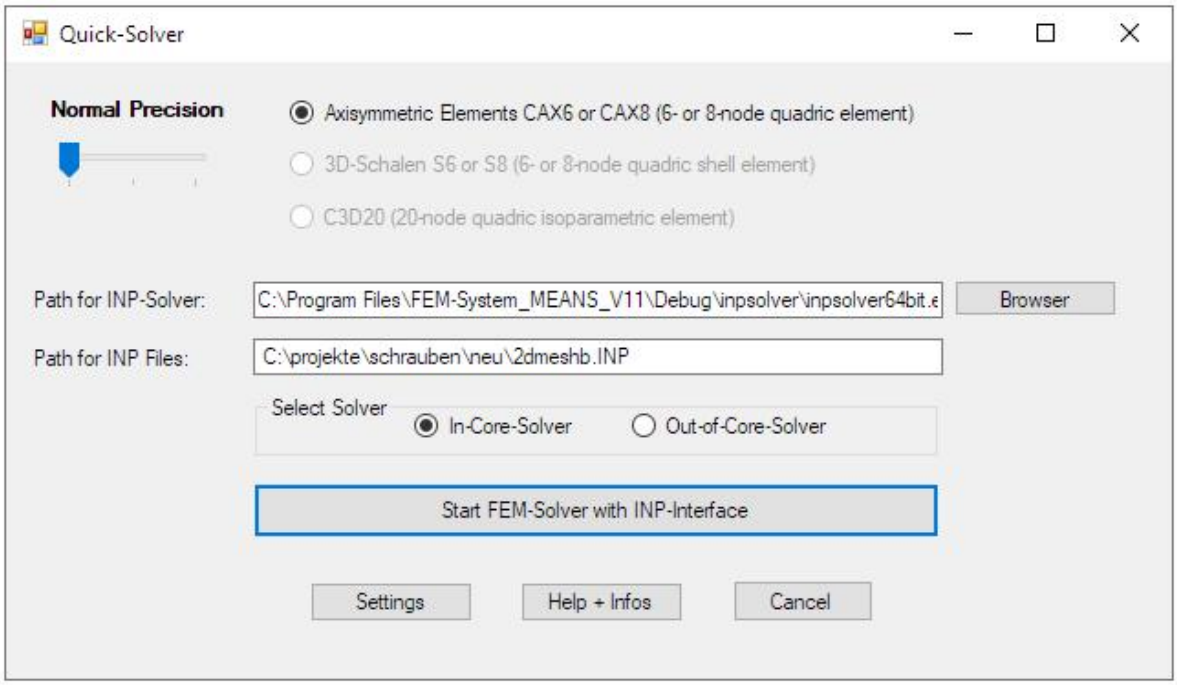


7. FEM-Analyse

Zum Schluß wird die Kontaktanalyse gestartet um die Kontaktspannungen zu berechnen. Vor der Berechnung besteht noch die Möglichkeit Master- und Slave-Kontaktflächen zu tauschen falls eine Kontaktberechnung nicht konvergieren sollte.

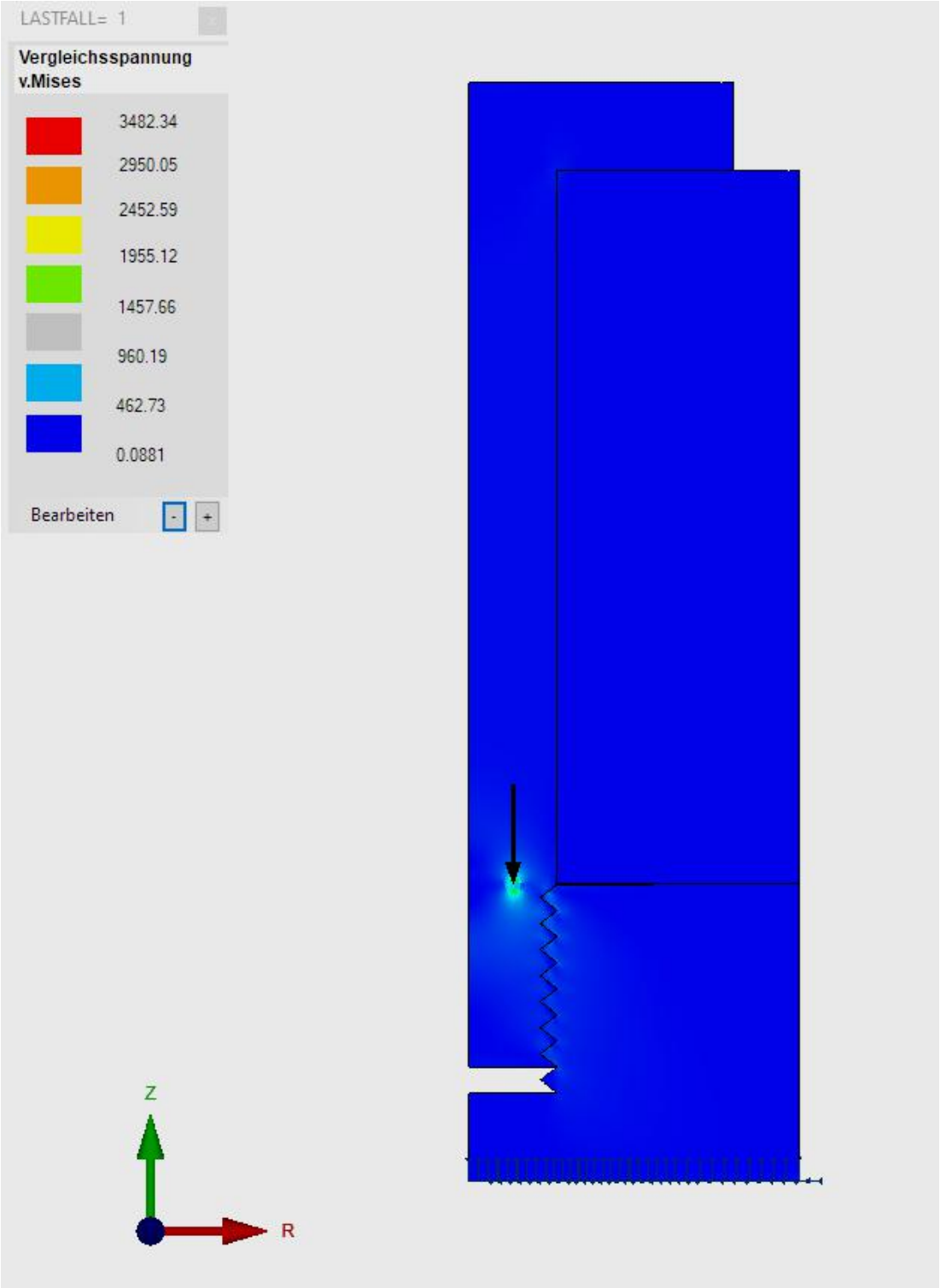


Eine numerisch stabile Kontakt-Analyse konvergiert bereits nach 8 -15 Iterationen und benötigt nur wenige Minuten Rechenzeit.



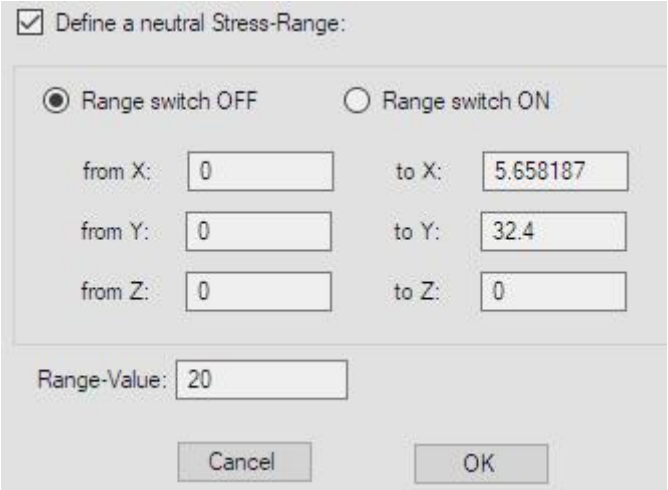
v. Mises-Vergleichsspannungen

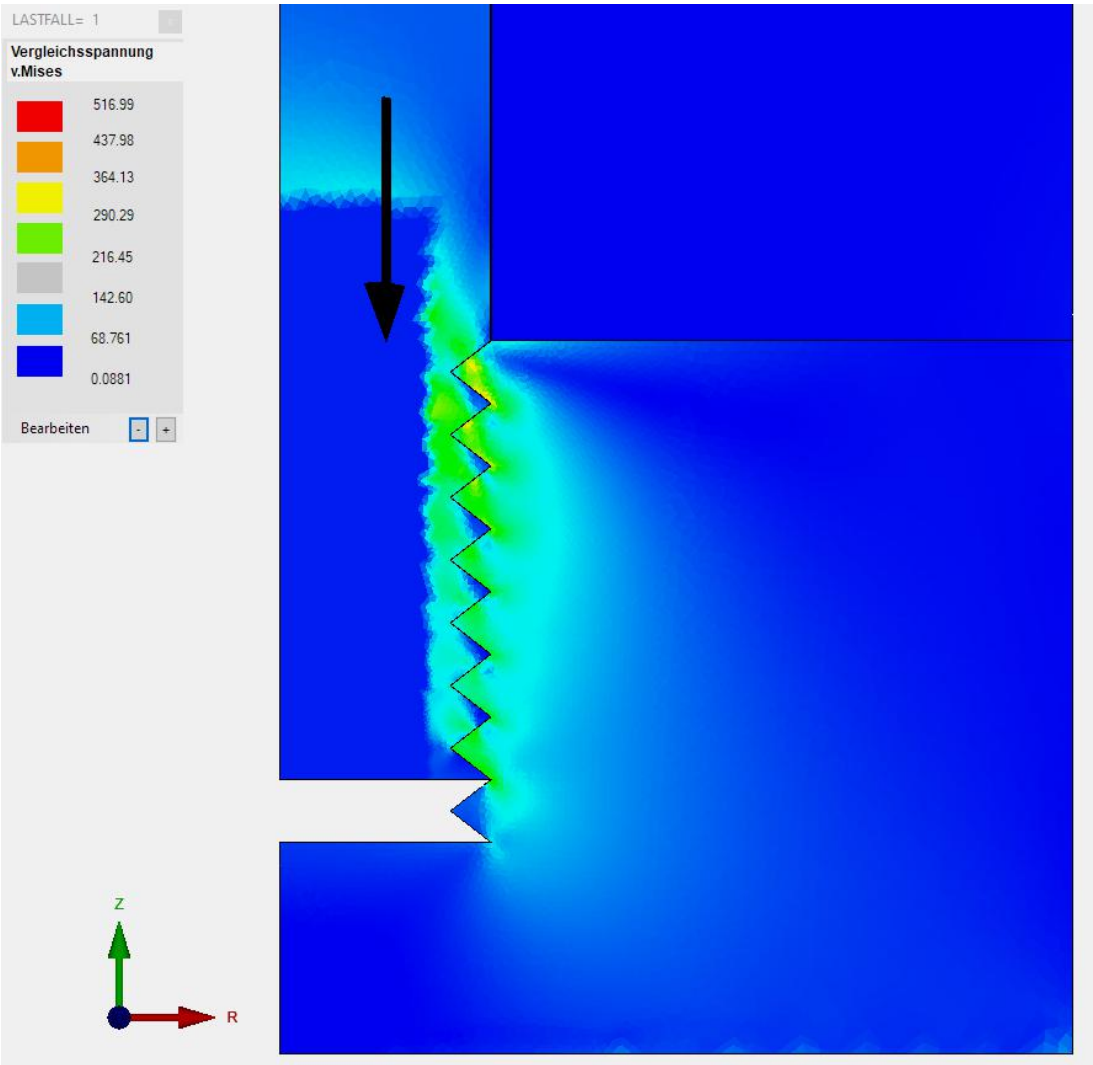
Im Bereich der Knotenlast treten sehr hohe sekundäre Spitzenspannungen auf die mit Menü “Gewinde-Spannungen” aber ausgeblendet werden können.



Screw Thread Stresses

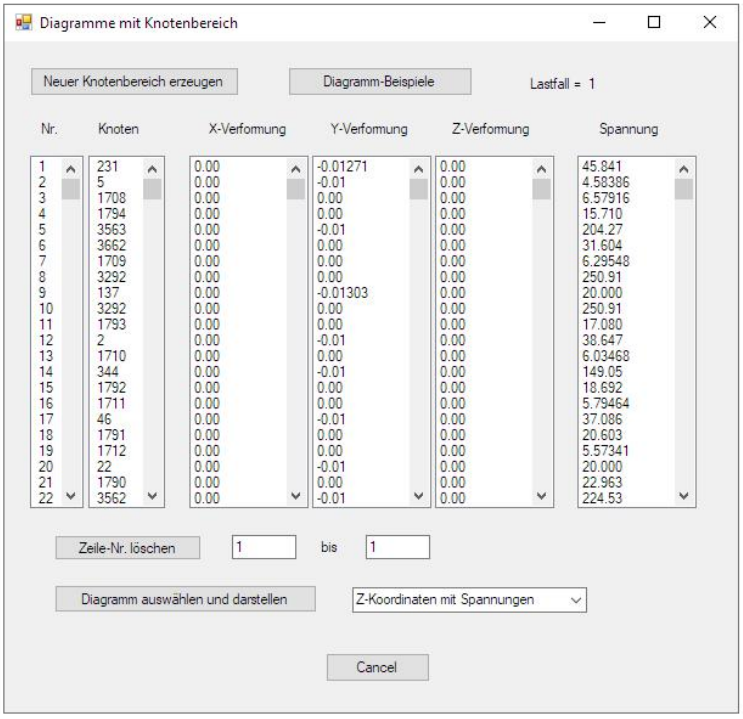
With “Screw Thread Stresses” the stresses can be hidden and the primary v.Mises stresses can be shown on the thread. The hidden R range goes from 0 mm - 5.65 mm and the Z range from 0 mm - 32.4 mm.



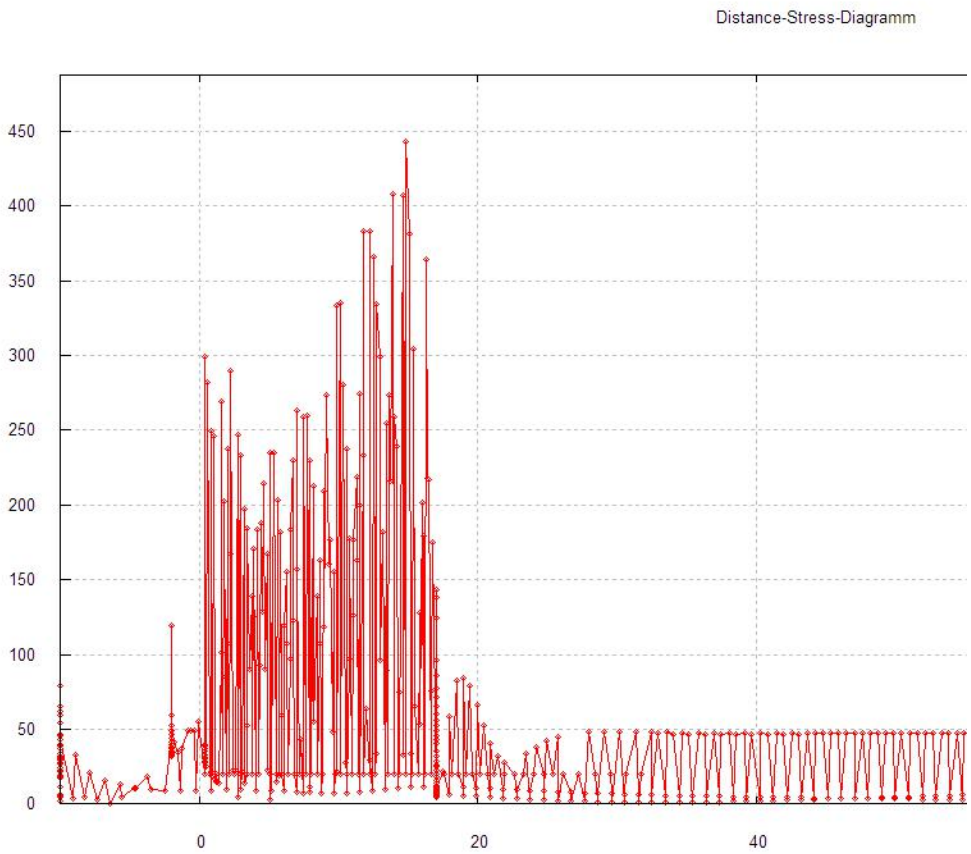


v.Mises-Stresses-Distance Diagram

All stresses of the edge nodes along the Z axis are shown in a diagram. However, any other node area can also be defined with “Node Modus”.

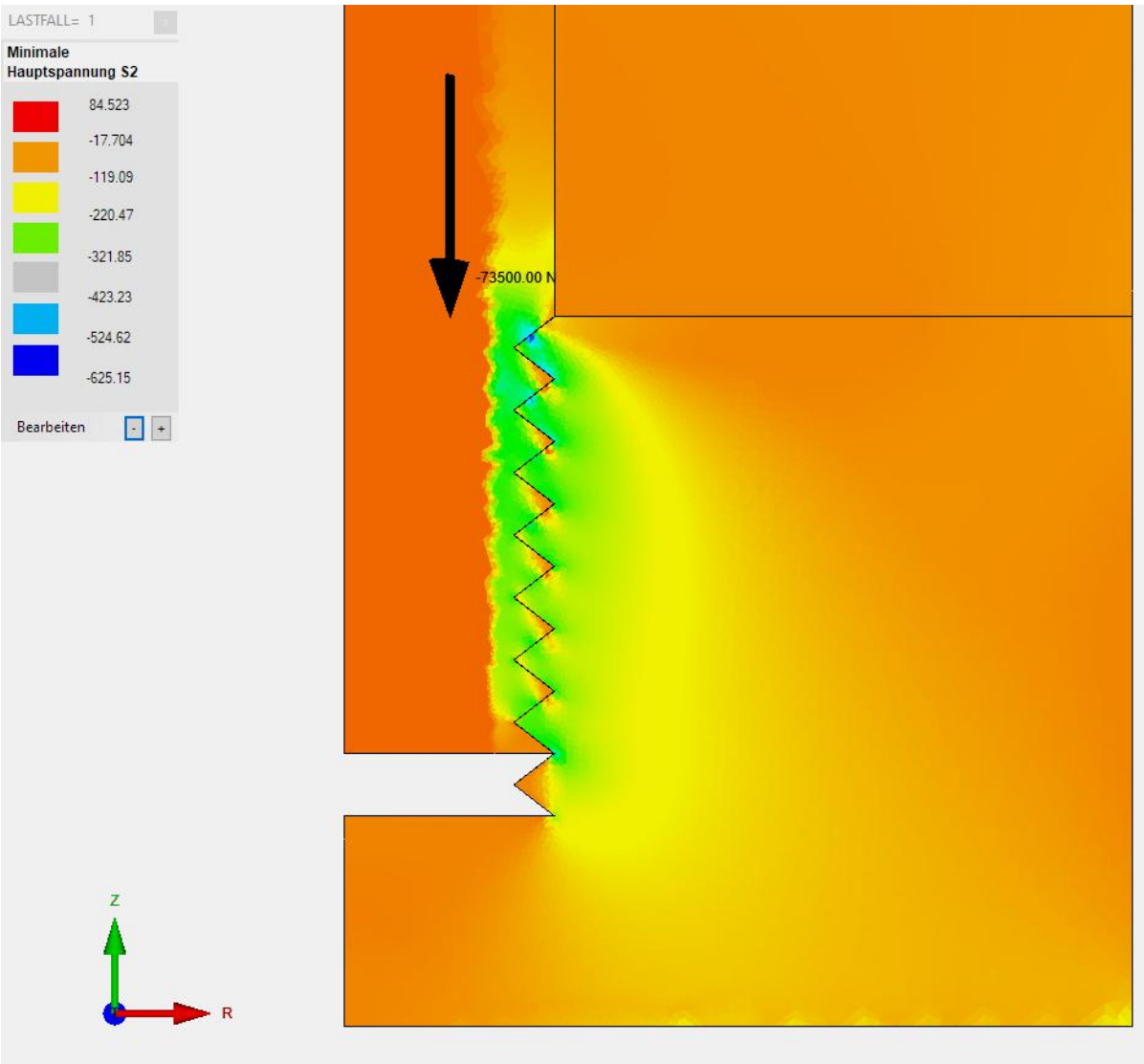


Nr.	Knoten	X-Verformung	Y-Verformung	Z-Verformung	Spannung
1	231	0.00	-0.01271	0.00	45.841
2	5	0.00	-0.01	0.00	4.58386
3	1708	0.00	0.00	0.00	6.57916
4	1794	0.00	0.00	0.00	15.710
5	3563	0.00	-0.01	0.00	204.27
6	3662	0.00	0.00	0.00	31.604
7	1709	0.00	0.00	0.00	6.29548
8	3292	0.00	0.00	0.00	250.91
9	137	0.00	-0.01303	0.00	20.000
10	3292	0.00	0.00	0.00	250.91
11	1793	0.00	0.00	0.00	17.080
12	2	0.00	-0.01	0.00	38.647
13	1710	0.00	0.00	0.00	6.03468
14	344	0.00	-0.01	0.00	149.05
15	1792	0.00	0.00	0.00	18.692
16	1711	0.00	0.00	0.00	5.79464
17	46	0.00	-0.01	0.00	37.086
18	1791	0.00	0.00	0.00	20.603
19	1712	0.00	0.00	0.00	5.57341
20	22	0.00	-0.01	0.00	20.000
21	1790	0.00	0.00	0.00	22.963
22	3562	0.00	-0.01	0.00	224.53



Hauptspannungen

Die maximalen und minimalen Hauptspannungen S1 und S2 werden dargestellt, wobei S1 die positivien Zugspannungen und S2 die negativen Druckspannungen sind.



<u>Exakte Lösung nach Roloff-Matek:</u>

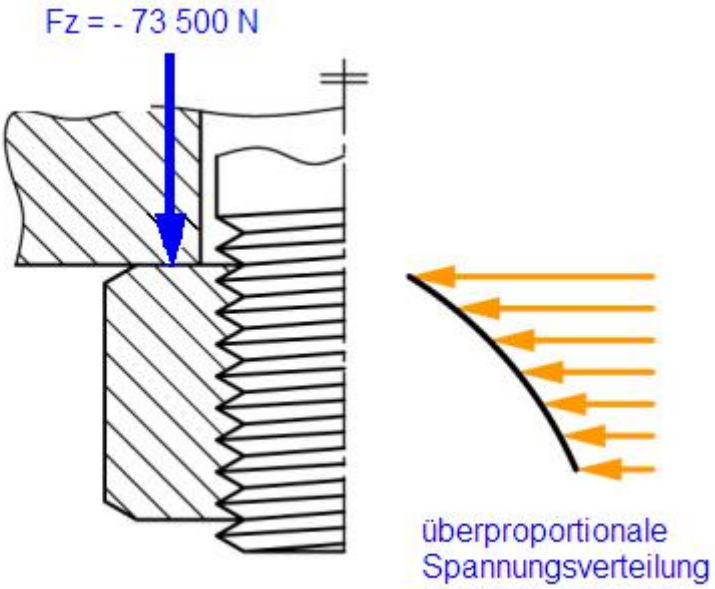
Maximale Zug-/Druck-Spannung = F / A = Fz / (Π * dmin² / 4)

= 73 500 N / (Π * 12.93 mm * 12.93 mm / 4)

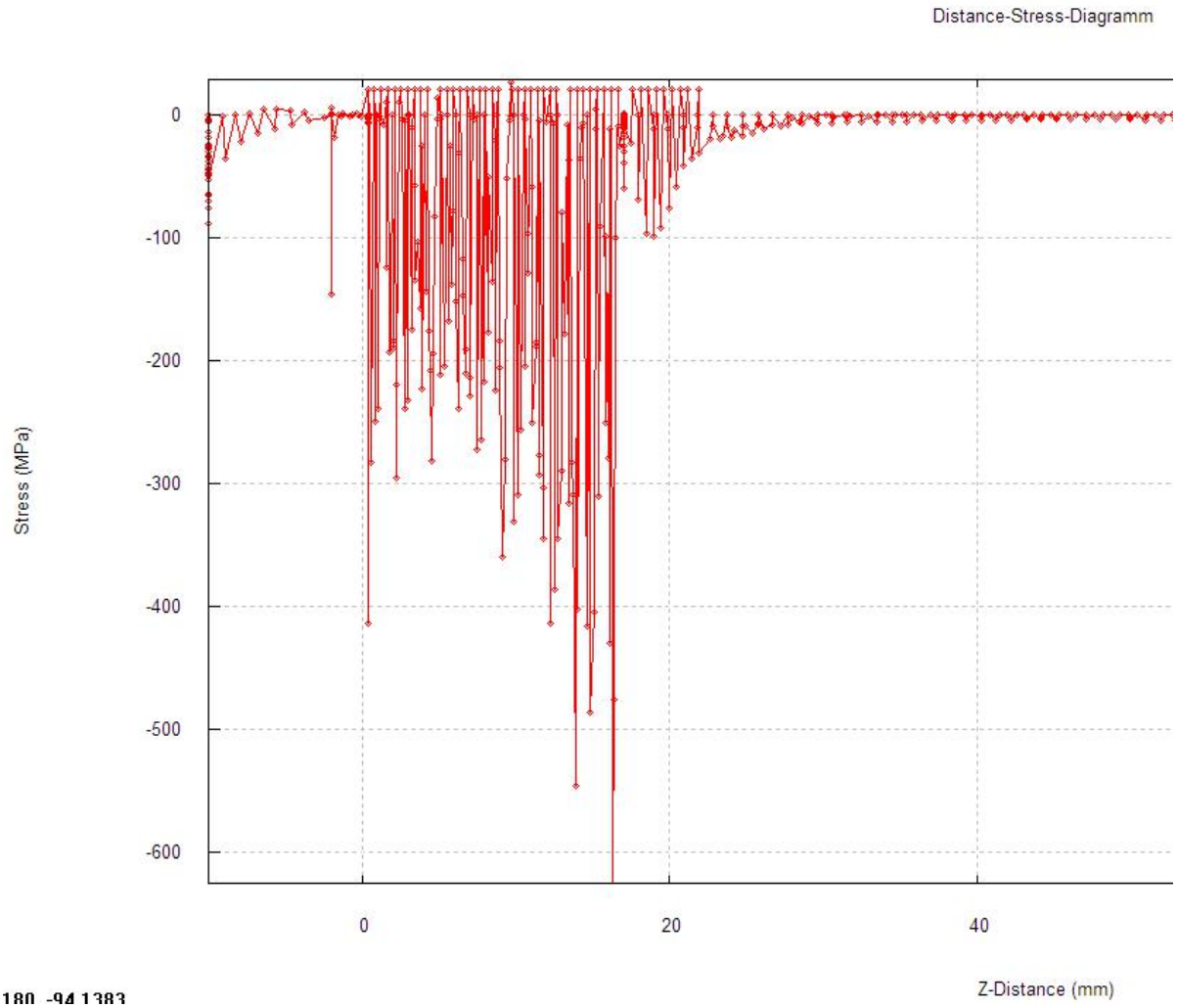
= 559 N/mm²

Mit dieser Spannung und dem minimalen Schraubendurchmesser kann man aber nicht die wirklichen Gewinde-Spannungen ermitteln, da die ersten Gewindegänge die Kräfte überproportional tragen.

Hier zeigen sich die großen Vorteile dieser FEM-Kontaktberechnung die die überproportionale Spannungsverteilung im Gewinde sehr gut wiedergibt.

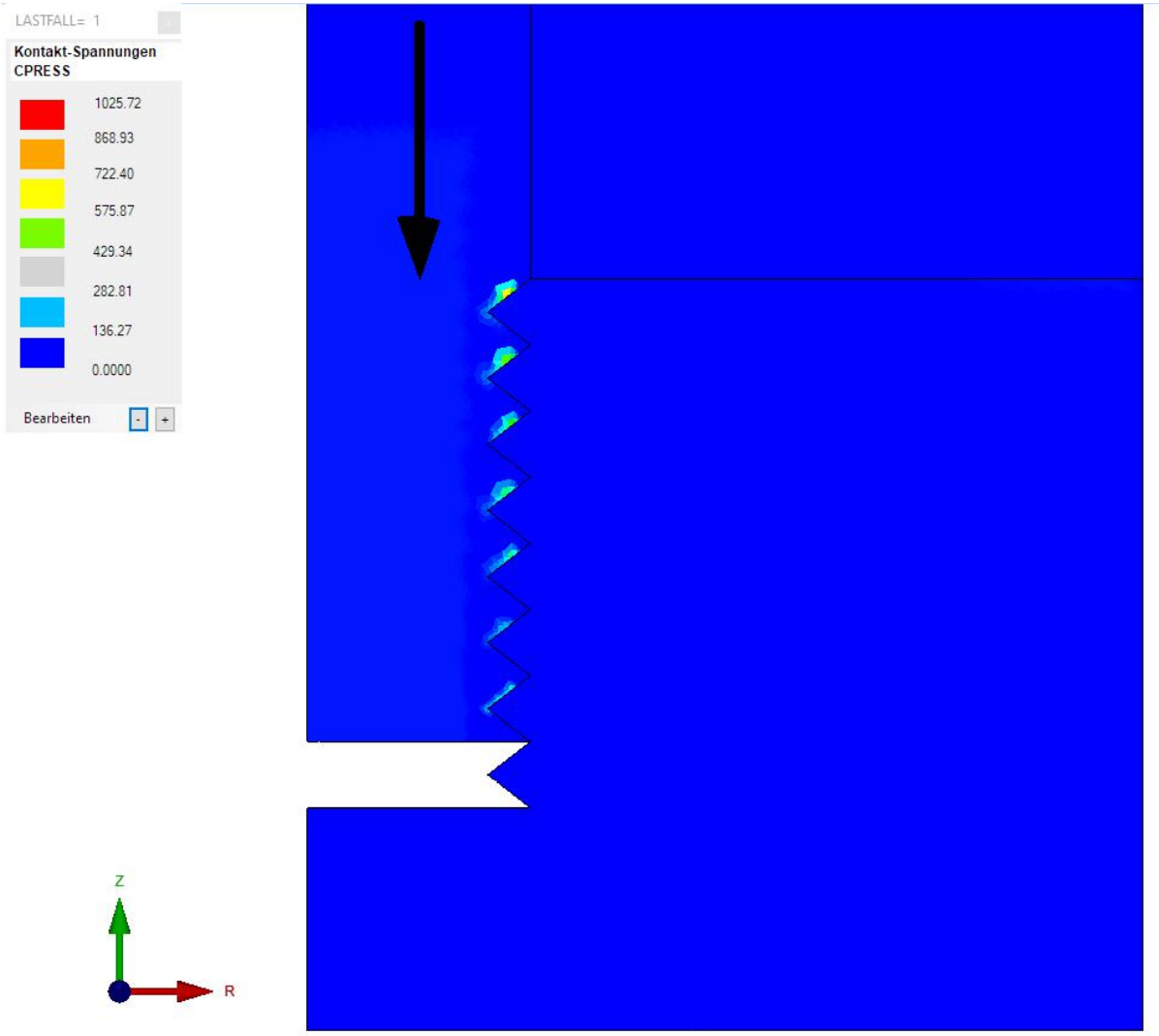


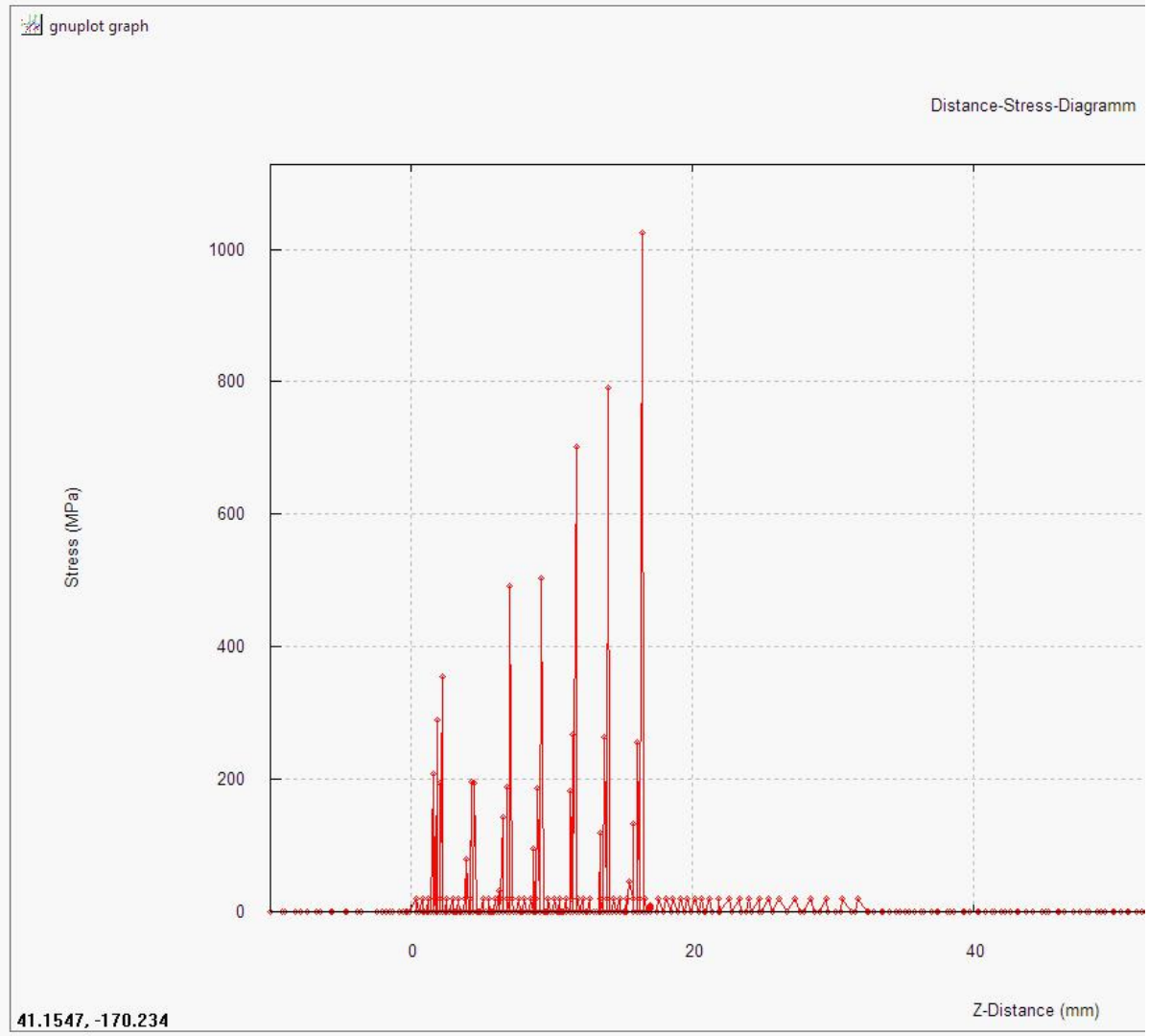
Hauptspannungen-Weg-Diagramm



Kontakt-Spannungen

Die Kontakt-Spannungen oder auch Hertz'sche Flächenpressungen sind die größten Spannungen die in der Mitte der Berührungs- oder Kontaktfläche des Gewindeganges entstehen.



Kontakt-Spannungen-Weg-Diagramm

Hier ist sehr gut zu erkennen wie die Kontakt-Spannungen für jeden Gewindegang überproportional abnehmen.