

Bestimmung der plastischen Formzahl

Beispiel: Rundstab mit umlaufender Kerbe unter Zugbelastung

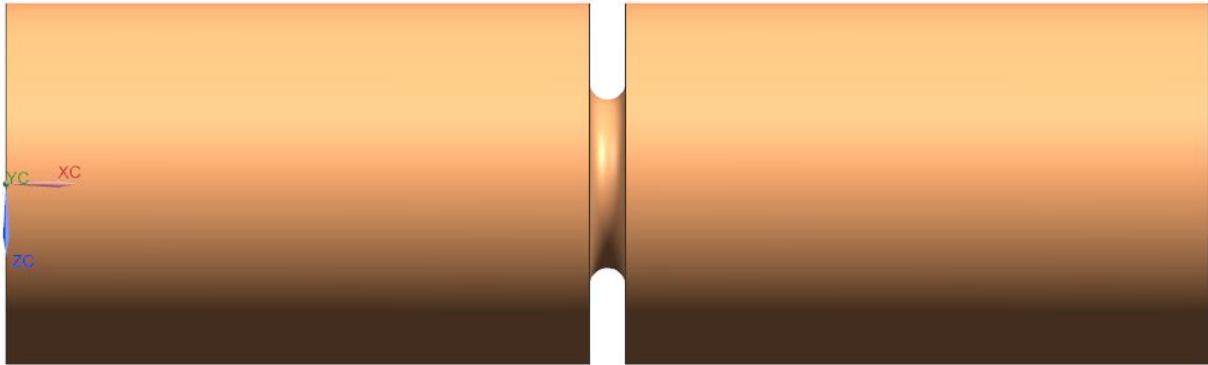
Ziel: Ermittlung der Plastischen Stützzahl des Bauteils

Plastische Stützzahl:
$$n_{pl} = \text{MIN} \left(\sqrt{E * \frac{\epsilon_{ertr}}{R_p}}; K_p \right)$$

plastische Formzahl:
$$K_p = \frac{L_p}{L_e} = \frac{\text{vollplastische Traglast}}{\text{elastische Grenzlast}}$$

§ Ermittlung der vollplastischen Traglast sowie elastischen Grenzlast

Bauteil:



Abmessungen:

Äußerer Durchmesser:	D = 30 mm
Durchmesser am Kerbgrund:	d = 14 mm
Kerbradius	r = 1,5 mm

Werkstoff:

42CrMo4

$$R_{p,N} = 900 \text{ N/mm}^2$$

$$R_p = 900 \text{ N/mm}^2 \text{ (über FKM - Richtlinie für } d_{eff} = 14 \text{ mm)}$$

$$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$$

$$\nu = 0,3$$

$$A = 10\%$$

Zur Bestimmung der plastischen Formzahl wird elastisch-ideal-plastisches Materialverhalten vorausgesetzt. (Empfehlung FKM-Richtlinie)

Knickpunkt vom linear-elastischen zum ideal-plastischen Materialverhalten:

$$\epsilon_{Knickpunkt} = \frac{R_p}{E} = \frac{900}{210000} = 0,0042871$$

Isotropes Material

Eigenschaftsansicht
Alle Eigenschaften

Name - Beschreibung
42CrMo4 plastisch
Bezeichnung: 5
Beschreibung

Kategorisierung
Eigenschaften
Massendichte (RHO): 7.7 kg/mm³

Mechanik

Elastische Konstanten
 Festigkeit: E-Modul (E): 210000 N/mm²(MPa)
 Betriebsfestigkeit: Poisson-Hauptkoeffizient
 Formbarkeit: Poisson-Koeffizient (NU): 0.3
 Thermisch/Elektrisch: Schubmodul (G): N/mm²(MPa)
 Kriechen: Strukturdämpfungskoeffizient (GE)

Spannung-Dehnung - Zugehörige Eigenschaften
 Spannung-Dehnung - Eingabedatentyp: Nominelle Spannung-Dehnung
 Spannung-Dehnung (H): Stress-Strain (H)(1) N/mm²(MPa)
 Typ der Nichtlinearität (TYP): Plastisch
 Streckfunktionskriterium (VF): Von Mises
 Härtingsregel (HR): Isotrop
 Ursprünglicher Streckpunkt (LIMIT1): N/mm²(MPa)
 Ursprünglicher Reibungswinkel (LIMIT2): deg

Thermomechanisch

Kartenname: MAT1

OK Abbrechen

Tabellenfeld

Name: Stress-Strain (H)(1)

Bezeichnung: 2
Beschreibung

Domäne
 Unabhängig: Dehnung
 Abhängig: Spannung

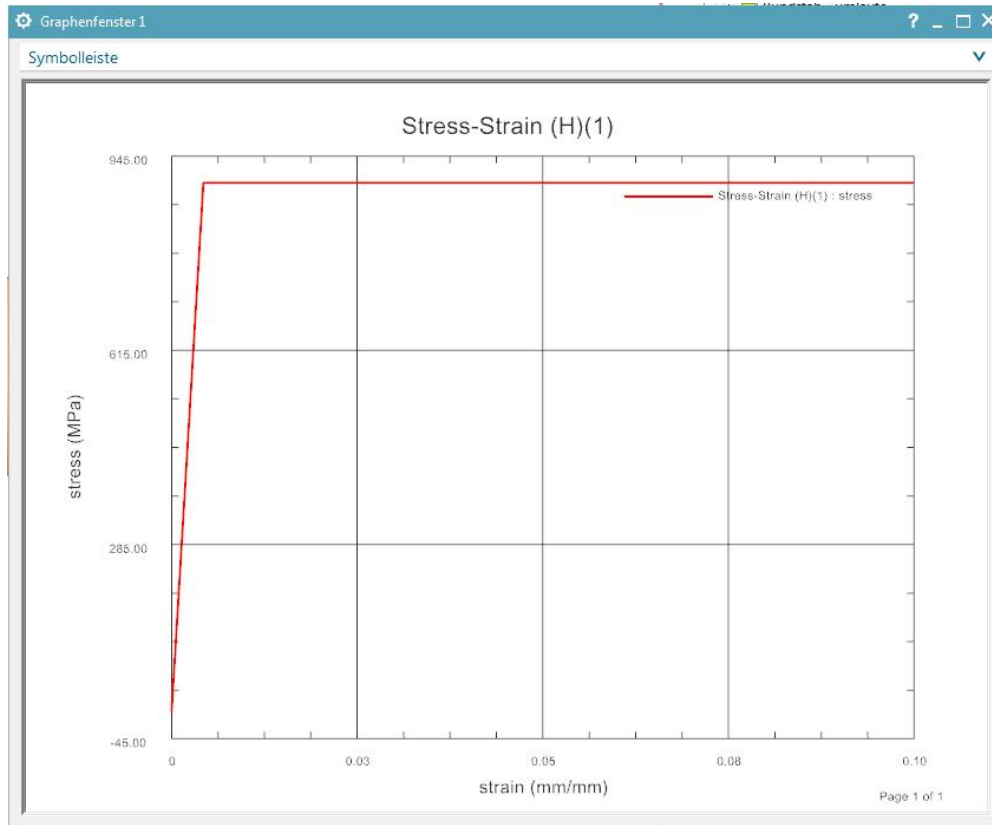
Datenpunkte
 Tabellenzeilen anzeigen

Zeilen-ID	strain (mm/m...	stress (N/mm...
1	0	0
2	0.0042871	900
3	0.1	900

Optionen
 Vorhandener Interpolator
 Interpolation: Linear
 Algorithmus: Linear Linear
 Werte außerhalb Tabelle: Konstante
 Unabhängige Wertverschiebung X1: 0.000000
 Unabhängige Werttrennung X2: 1.000000

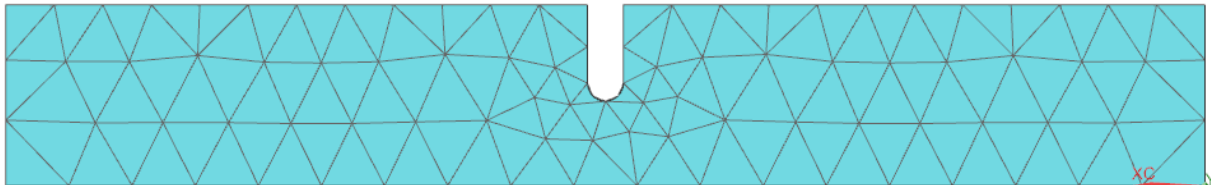
$y=y_T(x)$

OK Abbrechen

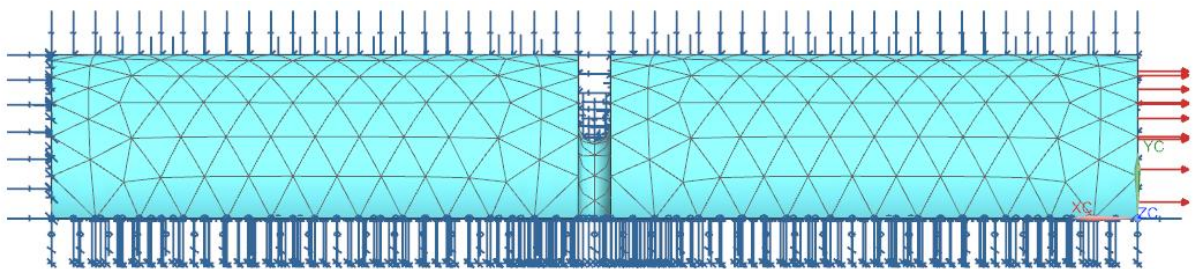


Elastische Grenzlast:

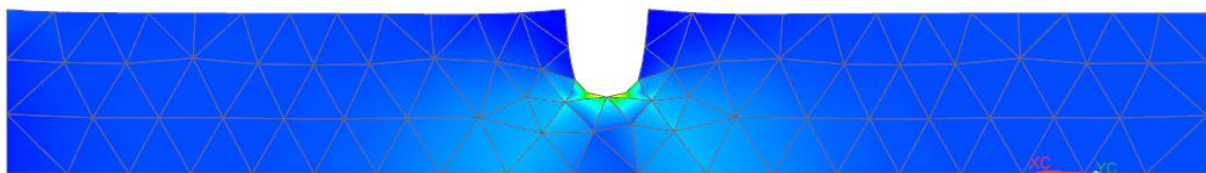
- § Verwendung des Solvers „SOL 101 Linear Statics – Global Constraints“
- § Verwendung von linear-elastischem Materialverhalten
- § Vernetzung:
 - Symmetrienausnutzung: Ein viertel der Bauteilgeometrie wird verwendet
 - Grobe Vernetzung
 - Tetraeder mit Mittelknoten CTETRA(10)
 - Elementgröße 5,27



- § Randbedingungen: Feste Einspannung auf der linken Seite, 2 Symmetrieflächen, aufbringen einer Kraft F auf der rechten Seite
- § Kraft F kann beliebig gewählt werden, hier: $F = 5000 \text{ N}$



- § Berechnen und maximale Vergleichsspannung von Mises über „Spannung – Element-Knoten“ auswerten
- § $\sigma_v = 297,92 \text{ N/mm}^2$

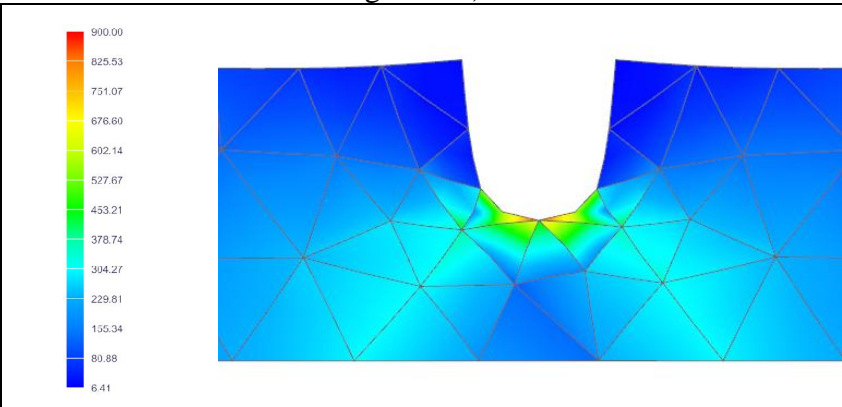
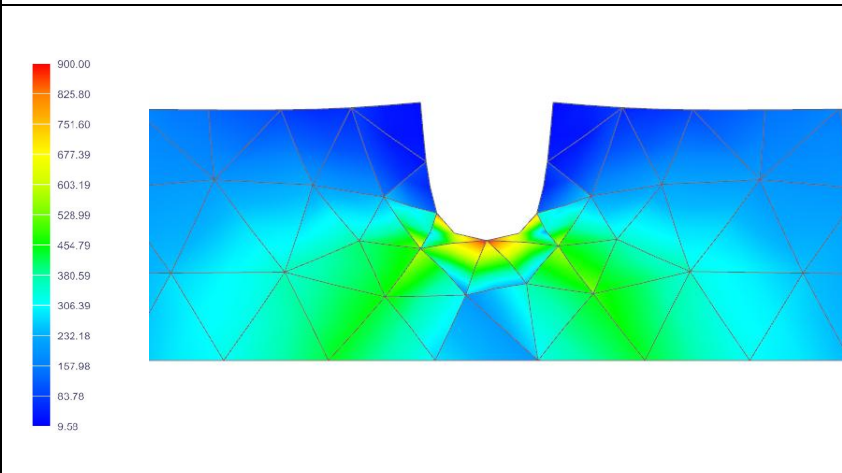
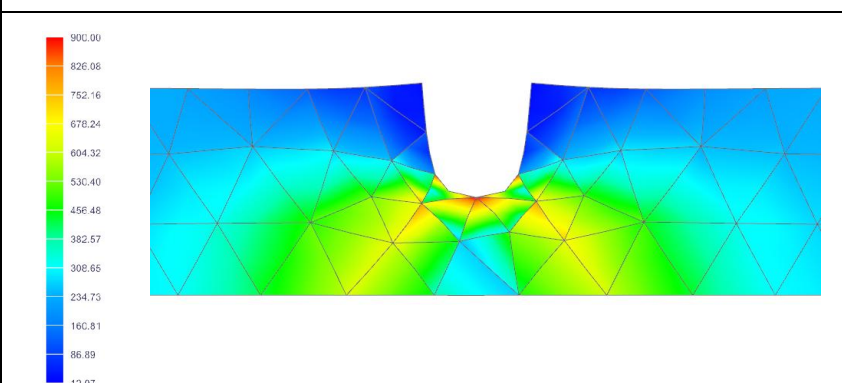


- § Umrechnung der aufgebrachten Kraft auf die elastische Grenzlast. Dies ist möglich, da von ideal-elastischem Materialverhalten ausgegangen wird. Somit lassen sich die Spannungs-Kraft-Beziehungen beliebig skalieren. Eine Verdopplung der aufgebrachten Kraft hat eine Verdopplung der daraus resultierenden Dehnungen und Spannungen des Bauteils zur Folge. Die elastische Grenzlast ist die Last, die benötigt wird, bis die Belastungen im Bauteil die Fließgrenze gerade erreicht. Somit ist:

$$L_e = \frac{R_p}{\sigma_v} * F = \frac{900}{297,92} * 5000 \text{ N} = \mathbf{15104,7261 \text{ N}}$$

Vollplastische Grenzlast:

- § Verwendung des Solvers „SOL 106 Nonlinear Statics – Global Constraints“
- § Verwendung des linear-elastisch-ideal-plastischen Materialverhalten
- § Vernetzung: Siehe elastische Grenzlast
- § Die vollplastische Grenzlast ist die Last, die notwendig ist, um das Bauteil über den Querschnitt vollständig zu plastifizieren
- § Vorgehensweise: Schrittweise Erhöhung der Last bis der Solver nicht mehr konvergiert (Es wird mit der Kraft $F1 = 20000\text{N}$ gestartet)

F1	20.000 N	
F2	30.000 N	
F3	40.000 N	

F4	50.000 N	
F5	60.000 N	
F6	70.000 N	
F7	80.000 N	
F8	1.000.000 N	Immer noch kein Konvergenzausfall

§ Ausgewertet wurden: Nichtlineare Spannung – Element-Knoten Vergleichsspannung von Mises