

Bachelor-Teilprüfung

EINFÜHRUNG IN DIE FESTIGKEITSLEHRE

MUSTERKLAUSUR

Datum: XX.XX.XXXX

Hilfsmittel: Ausgeteiltes Formelblatt, 1 Blatt (2 Seiten) handschriftliche Formelsammlung, wissenschaftlicher Taschenrechner gemäß den IMWF-Richtlinien

Prüfungsdauer: 60 min

Die Prüfungsergebnisse werden voraussichtlich ab XX in C@mpus bekannt gegeben. Die Prüfungseinsicht wird voraussichtlich in KW ^{*)} stattfinden. Wiederholer*innen sind verpflichtet, die Prüfungsergebnisse einzusehen und sich nötigenfalls bis spätestens KW ^{*)} für die mündliche Fortsetzungsprüfung am IMWF zu melden. Die Fortsetzungsprüfungen finden ab KW ^{*)} statt. KW ^{*)} ... Die genauen Daten werden rechtzeitig über die Homepage des IMWF bekannt gegeben.		
Name	Matrikelnummer	Unterschrift
Studiengang		
Wiederholer*in	☐ nein ☐ ja	

Nur die auf dem Aufgabenblatt eingetragenen Lösungen und Rechenwege werden eingesammelt und bewertet! Der Lösungsweg muss nachvollziehbar sein!

Viel Erfolg!

Diese Tabelle darf nur von den Korrektoren ausgefüllt werden!								
1a	1b	1c	1d	1e	1f	1g	1h	1
2a	2b	2c	2d	2e	2f	2g	2h	2
3a	3b	3c	3d	3e	3f	3g	3h	3

Aufgabe 1:**(12 Punkte)**

In den folgenden Teilaufgaben der Aufgabe 1 zählt nur das Endergebnis/Lösung. Es gibt bei jeder Teilaufgabe ein separates Feld zum Eintragen der Lösung. Die Notizen werden nicht bewertet. Ergebnisse müssen mit 2 Nachkommastellen angegeben werden.

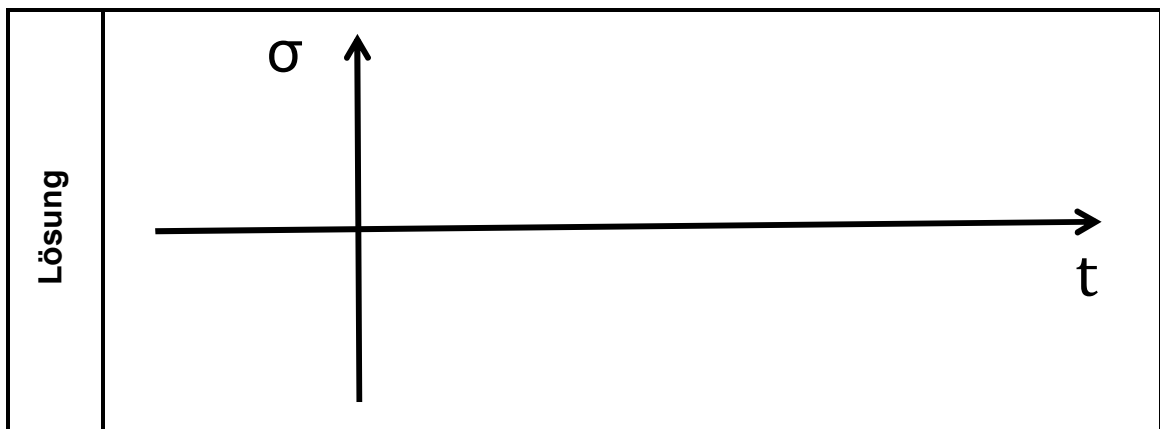
- a) Welches ist der richtige Bereich für die üblichen Sicherheitswerte für einen spröden Werkstoff gegen Bruch? (Nur eine Lösung darf angekreuzt werden. **(1 P)**)

Lösung	1,2 - 2	
	2 - 3	
	4 - 9	
	2,5 - 5	
	Keiner, Rechnung nur gegen Fließen	

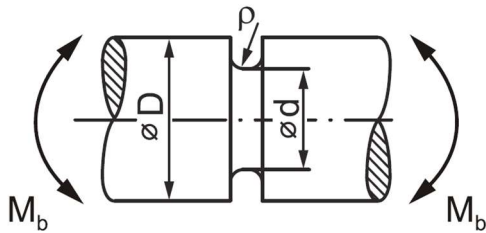
- b) Wie wird das Spannungsverhältnis R berechnet? (Nur eine Lösung darf angekreuzt werden.) **(1 P)**

Lösung	$R = \frac{\sigma_o}{\sigma_u}$	
	$R = \frac{\sigma_u}{\sigma_o}$	
	$R = \frac{\sigma_m}{\sigma_n}$	
	$R = \frac{\sigma_n}{\sigma_o}$	
	$R = \frac{\sigma_a}{\sigma_n}$	

- c) Zeichnen Sie ein Schwingenspiel einer reinen Wechselbeanspruchung. **(2 P)**



- d) Sie berechnen eine auf Biegung belastete Welle mit Kerbe, Abbildung 1.1. Bestimmen Sie die Formzahl mithilfe der Formzahldiagramme, Abbildung 1.2 bzw. Abbildung 1.3 und kreuzen Sie die richtige Lösung an. **(2 P)**



D	20 mm
d	19 mm
ρ	2 mm

Abbildung 1.1

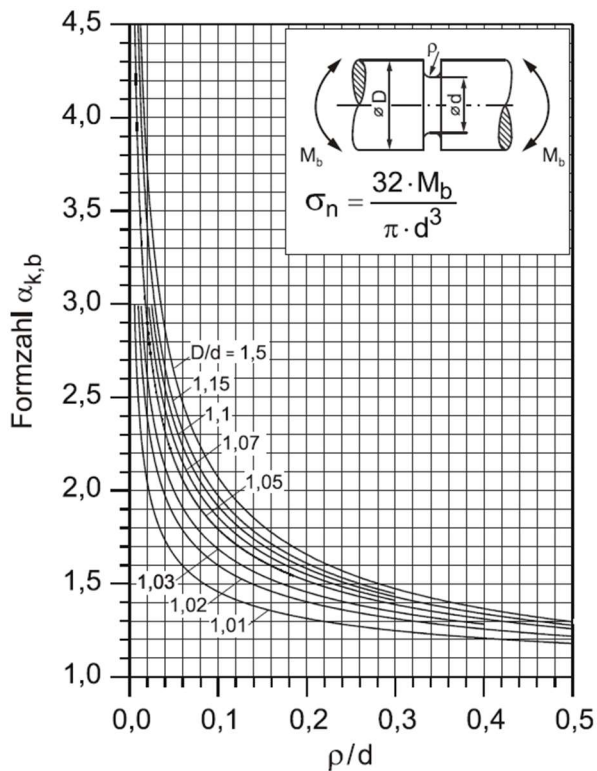


Abbildung 1.2

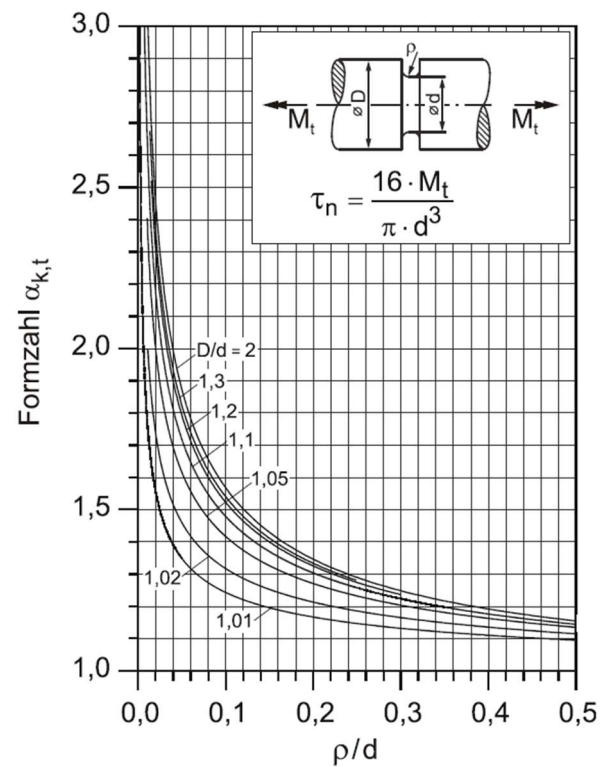


Abbildung 1.3

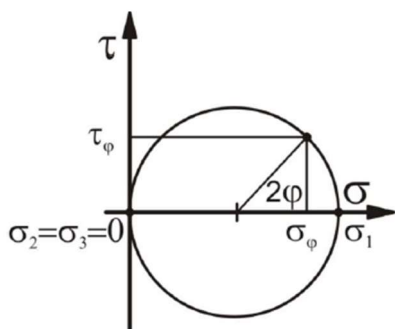
Lösung	$\alpha_k = 1,35$	
	$\alpha_k = 1,75$	
	$\alpha_k = 0,75$	
	$\alpha_k = 1,05$	
	$\alpha_k = 1,55$	

Notizen		
---------	--	--

- e) Von welchen zwei Einflussfaktoren hängt die Formzahl α_k ab? Kreuzen Sie die zwei richtigen Lösungsvorschläge an. Pro richtigem Einflussfaktor gibt es ein Punkt. Sollten Sie mehr als zwei Kreuze gesetzt haben gibt es Null Punkte. **(2 P)**

Lösung	Kerbgeometrie	
	Werkstoff	
	Oberflächenrauheit	
	Beanspruchungsart	
	Beanspruchungshöhe	

- f) An einem Punkt auf der Oberfläche einer Welle wurde der folgende Spannungszustand bestimmt. Handelt es sich um einen einachsigen, zweiachsigen oder dreiachsigen Spannungszustand? Kreuzen Sie die richtige Lösung an. **(1 P)**



Lösung	Einachsigen	
	Zweiachsigen	
	Dreiachsigen	
	Nicht aus dem Schaubild erkennbar, muss über Spannungstensor berechnet werden	

- g) Ordnen Sie die richtige Festigkeitshypothese den in der nachfolgenden Tabelle stehenden Aussagen zu. Pro Aussage ist eine Hypothese richtig. Sollten Sie mehrer Hypothesen eintragen, wird dies mit Null Punkten bewertet. **(3P)**

Verwenden Sie die nachfolgenden Abkürzungen:

- NH – Normalspannungshypothese
- SH – Schubspannungshypothese
- GEH – Gestaltänderungsenergiehypothese

	Lösung
Welche Festigkeitshypothese wird verwendet, wenn die Bruchdehnung des Werkstoffes größer als 20 % ist?	
$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau_t^2}$	
Welche Festigkeitshypothese wird bei duktilen Werkstoffen angewandt, wenn unbedingt auf Leichtbau achten ist?	
Welche Festigkeitshypothese wird bei Gusseisen EN-GJL-300 verwendet?	
Der (duktiler) Werkstoff versagt durch plastisches Fließen, sobald die größte Schubspannung $\tau_{\max}$ die Fließschubspannung τ_F erreicht.	
Es gilt das Versagenskriterium $\sigma_v = \sigma_{\max} = \sigma_1$	

Aufgabe 2:**(24 Punkte)**

Eine Antriebswelle mit geschliffener Oberfläche aus dem legierten Vergütungsstahl 54CrV4 ist im Hinblick auf eine sichere Dimensionierung unter statischer und schwingender Beanspruchung an der Kerbstelle I zu überprüfen (vgl. Abbildung 2.1). Der Bauteilgrößeneinfluss auf die Schwingfestigkeit sowie die durch Querkräfte verursachten (Schub-)Spannungen müssen im Folgenden nicht berücksichtigt werden. Die Welle steht zunächst still und wird durch die statisch wirkenden Kräfte $F_Q = 50 \text{ kN}$ und $F_H = 100 \text{ kN}$ belastet.

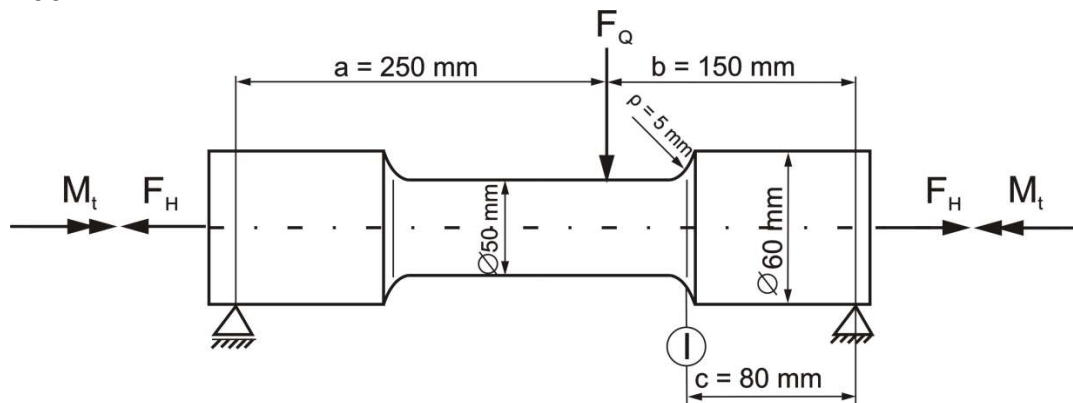


Abbildung 2.1: Antriebswelle

Werkstoffdaten 54CrV4:

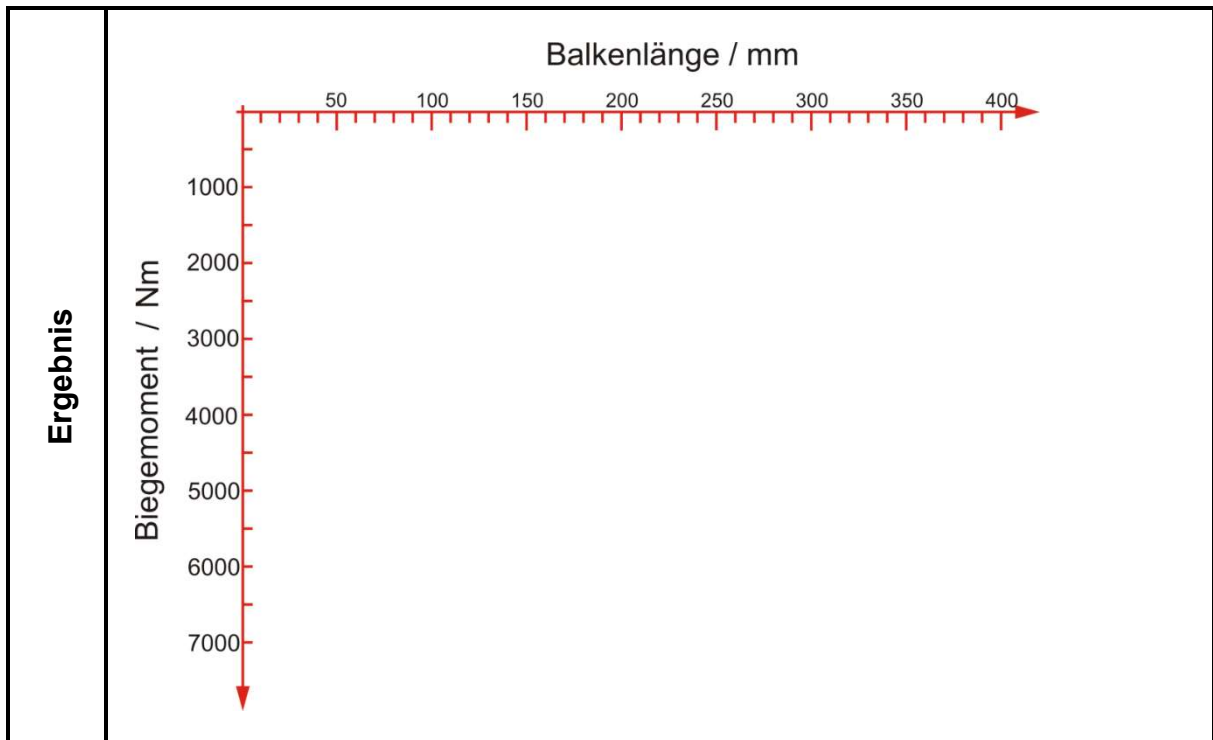
$R_{p0,2} = 930 \text{ MPa}$; $R_m = 1150 \text{ MPa}$; $\sigma_{bw} = 570 \text{ MPa}$

a) Berechnen Sie das Biegemoment an der Kerbstelle I.

(3P)

Rechenweg	
Ergebnis	

- b) Skizzieren Sie maßstäblich den Verlauf des Biegemoments über die Balkenlänge in dem gegebenen Koordinatensystem. **(2 P)**



- c) Berechnen Sie die auftretenden Nenn- und Maximalspannungen für die Zug- und Biegebeanspruchung bei einem Biegemoments von $M_{B,I} = 2500 \text{ Nm}$. Verwenden Sie dafür die folgenden Formzahlen für die Zug-, Biege- und Torsionsbeanspruchung: $\alpha_{kz} = 1,78$; $\alpha_{kb} = 1,64$; $\alpha_{kt} = 1,32$. **(4 P)**

Rechenweg	
Ergebnis	

- d) Berechnen Sie das zusätzlich übertragbare Torsionsmoment $M_{t\text{ zul}}$ (bei gleichzeitiger Einwirkung der beiden Kräfte F_Q und F_H), damit Fließen im Kerbquerschnitt I mit einer Sicherheit von $S_F = 1,5$ ausgeschlossen werden kann. Verwenden Sie die Schubspannungshypothese. **(5P)**

Rechenweg	
Ergebnis	

- e) Ermitteln Sie die Kerbwirkungszahl β_k für die Biegebeanspruchung sowie die Biege-wechselfestigkeit der Antriebswelle **(5P)**

Rechenweg	
Ergebnis	

- f) Berechnen Sie die die Sicherheit S_D gegen Dauerbruch durch die statisch wirkenden Kräfte $F_Q = 50 \text{ kN}$ und $F_H = 100 \text{ kN}$ bei umlaufender Welle. Verwenden Sie: $\sigma_{zn} = 50 \text{ MPa}$, $\sigma_{bn} = 200 \text{ MPa}$, $\alpha_{kz} = 1,80$, $\alpha_{kb} = 1,60$, $\beta_{kz} = 1,50$. Ist diese Sicherheit ausreichend? **(5P)**

Hinweis: Die Zugbeanspruchung F_H wirkt als statische Mittelspannung, die Spannung aus F_Q als schwingender Anteil.

Rechenweg	
Ergebnis	

Aufgabe 3:**(24 Punkte)**

In einem projektierten Beatmungsgerät wird das benötigte Luftvolumen und der Beatmungsdruck über einen Zylinder erzeugt. Der Zylinder wird aus **Reinstaluminium** gefertigt. Die Konstruktion und die Abmessungen können Bild 2.1 entnommen werden.

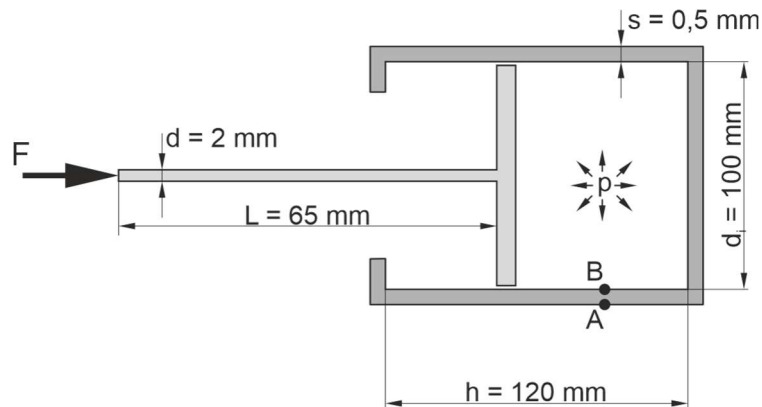


Bild 2.1: Beatmungsgerät

Reinstaluminium: $R_{p0,2} = 18 \text{ MPa}$; $R_m = 45 \text{ MPa}$; $E = 70000 \text{ MPa}$; $\mu = 0,35$;
 $A_5 = 35 \%$

- a) Während der Beatmung soll ein Überdruck von $p = 0,035 \text{ bar}$ erzeugt werden. Welche Spannungen (Radial-, Axial- und Umfangsspannung) herrschen am Punkt A (Zylinderaußenseite) und am Punkt B (Zylinderinnenseite). **(4 P)**

Rechenweg		
	Lösung	Ergebnis
	Spannungen Punkt A	
	Spannungen Punkt B	

- b) Wenn der Patient hustet wird der Zylinder in den oberen Anschlag geschoben und es entsteht ein Überdruck von $p = 1,0 \text{ bar}$ im Zylinder. Welche Spannungen (Radial-, Axial- und Umfangsspannung) herrschen jetzt am Punkt A (Zylinder-außenseite). **(3 P)**

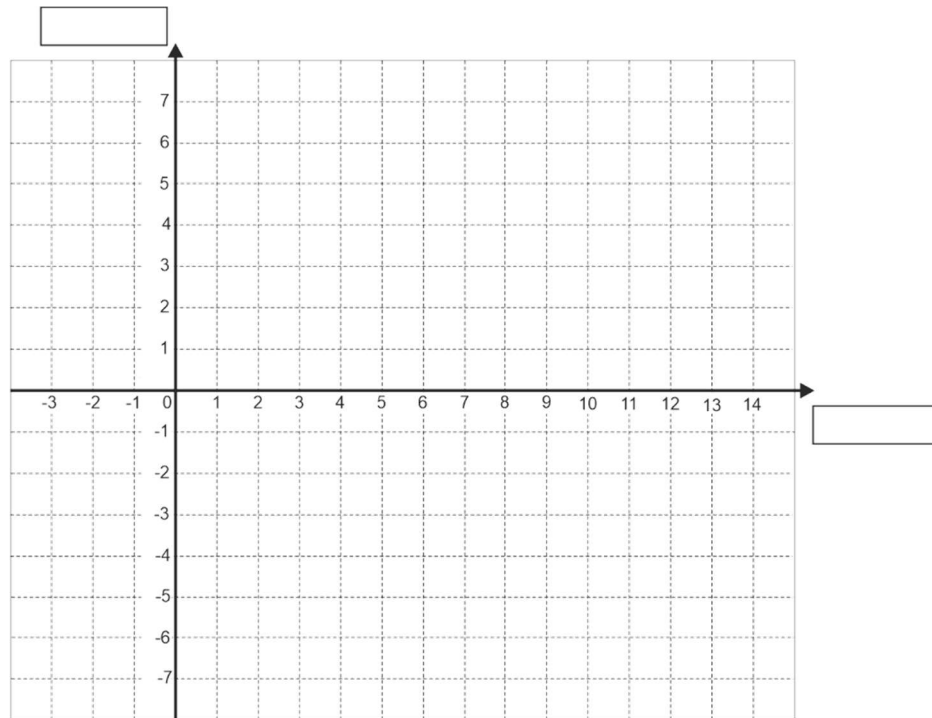
Rechenweg		
	Lösung	Ergebnis
	Spannungen Punkt A	

- c) Ist eine Belastung an Punkt A durch $\sigma_u = 8 \text{ MPa}$, $\sigma_a = 4 \text{ MPa}$ und $\sigma_r = 0 \text{ MPa}$ mit Sicherheit ertragbar? Berechnen Sie die vorliegenden Sicherheiten . **(3 P)**

Rechenweg		
	Lösung	Ergebnis
	Belastung mit Sicherheit ertragbar?	

- d) Zeichnen Sie den Mohrschen Spannungskreis für die Belastung durch $\sigma_u = 8 \text{ MPa}$, $\sigma_a = 4 \text{ MPa}$ und $\sigma_r = 0 \text{ MPa}$ am Punkt A für die Axial-Tangentialebene. Verwenden Sie untenstehendes Diagramm. Beschriften Sie die Achsen (mit Einheiten). **(3 P)**

Rechenweg



- e) Im Normalbetrieb ($p = 0,035 \text{ bar}$) wird die Kolbenstange auf Druck belastet. Kann Knicken mit Sicherheit ausgeschlossen werden? (Die Kolbenstange kann sich am linken Ende frei bewegen.) Nennen Sie zwei Möglichkeiten, die Sicherheit gegen Knicken zu erhöhen. **(5 P)**

Hinweis: Die Kraft auf die Kolbenstange berechnet sich aus der Gleichgewichtsbetrachtung mit dem auf den Kolben wirkenden Innendruck.

Rechenweg	
Lösung	Ergebnis
Knicken mit Sicherheit ausgeschlossen?	

- f) Um die Maschine zu erproben wird mit ihr ein Gummiluftballon aufgeblasen. Im Ausgangszustand hat der Ballon einen Innendurchmesser von $d_{i,0} = 40 \text{ mm}$ und eine Wandstärke von $s_0 = 0,5 \text{ mm}$. Wie groß sind die Spannungen in der Ballonwand bei einem Druck von $p = 1 \text{ bar}$? Bitte beachten Sie hier, dass mit zunehmendem Druck die Wandstärke abnimmt und der Durchmesser anwächst! Für den Gummi darf linearelastisches Verhalten mit einem E-Modul von $E = 100 \text{ MPa}$ angenommen werden. Die Querkontraktionszahl des Gummis beträgt $\mu = 0,3$. **(6 P)**

Hinweis: Die Radialspannung darf vernachlässigt werden ($\sigma_r = 0$).

Rechenweg	
Lösung	Ergebnis
Spannungen in Ballonwand	

Viel Erfolg!