

Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
 - Schreib- und Zeichengerät
 - Taschenrechner

Note : _____

KURZFRAGEN :

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

Lösungen

1. Bei der Durchflussmessung mit dem Korrelationsprinzip sind charakteristische Signalverläufe um 100 ms versetzt. Der Abstand der Messstellen beträgt 0,1 m. Wie groß ist die Strömungsgeschwindigkeit? (2P)

$$v = \frac{s}{t} = \frac{0,1 \text{ m}}{0,1 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}$$

2. Wozu werden Sample/Hold Verstärker eingesetzt bzw. wozu sind sie notwendig? (2P)

Analogsignal konstant halten bei A/D Wandlung

3. Wie groß ist der übliche Eingangswiderstand eines Voltmeters? (2P)

10MΩ

4. Wie ändert sich die Messunsicherheit, falls (3P)

- sich die Standardabweichung erhöht? *steigt an ↑*
- sich der Stichprobenumfang erhöht? *sinkt ↓*
- sich die statistische Sicherheit erhöht? *steigt an ↑*

5. Erläutern Sie das Prinzip eines Schwebekörperdurchflussmessers! (2P)

*10/ = Konisches Rohr wird von unten nach oben durchströmt
 größerer Durchfluss → Schwebekörper nimmt höhere Position an*

6. Nennen Sie je ein Beispiel für ein aktives und passives Messverfahren! (2P)

*aktiv: Temperaturmessung Thermoelement
 passiv: Temperaturmessung Pt100*

7. Ein induktiver Druckaufnehmer hat eine Membran, die sich unter Druck verformt. Wie wird diese Verformung gemessen (Skizze)? (3P)



Verformung Membran → Wegmessung

8. Nennen Sie ein Beispiel, wie durch nicht abgeschirmte Kabel Störungen auf das Messsignal übertragen werden können! (2P)

Induktion von Störspannung durch Schalten von Magnetventil

9. Bei einem Stromausgang wird über einer Bürde der Spannungsabfall gemessen. Wie groß ist üblicherweise so ein Bürdenwiderstand? (2P)

150Ω ... 500Ω

10. Ein Verstärker verstärkt das Signal um +20 dB. Wie groß ist dann der Verstärkungsfaktor (Ausgang/Eingang)? (2P)

10

11. Welche physikalische Größe wird mit einem Gleichspannungstachogenerator gemessen? (2P)

Drehzahl

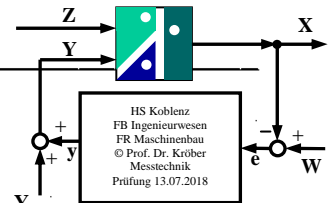
12. Wie ändert sich die Frequenzauflösung Δf einer FFT, wenn die Messzeit verdoppelt wird? (2P)

Δf wird halbiert

13. Skizzieren Sie den Aufbau eines Standard-DMS und kennzeichnen Sie die aktive Messgitterlänge! (3P)



aktive Messgitterlänge



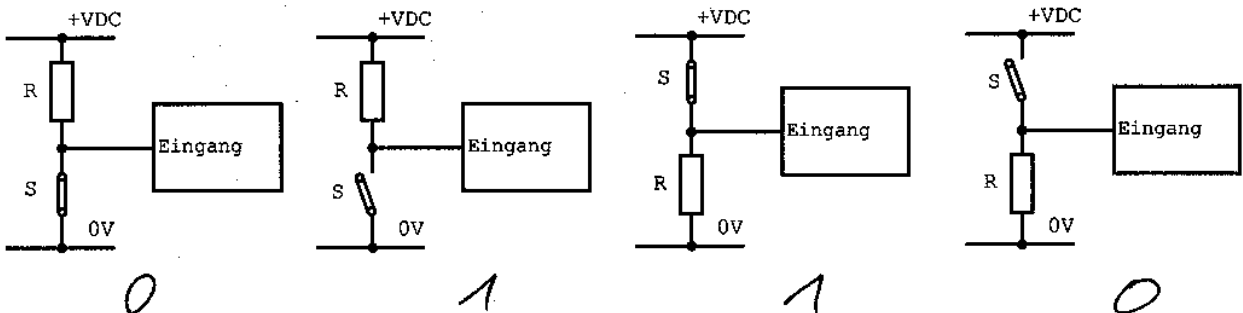
14. Wie groß ist der übliche Widerstand eines DMS? (2P)

120Ω (350Ω)

15. Bei einem Zweidrahtmessumformer ändert sich die physikalische Messgröße von 0% auf 100%. Dadurch ändert sich der Strom. Wie groß ist diese Änderung des Stromes [in mA]? (3P)

(4...20mA) → 16mA

16. Durch Betätigen des Kontaktes S (offen oder geschlossen) ändert sich der logische Zustand am Eingang des Folgegerätes. Notieren Sie, welcher Zustand am Eingang jeweils vorliegt (0 oder 1)! (6P)



17. Bei der Messung eines Drehmomentes wird eine DMS-Halbbrücke verwendet. Wie müssen die beiden DMS in Bezug auf die Längsachse der Welle angeordnet werden? (2P)

±45° zur Längsachse

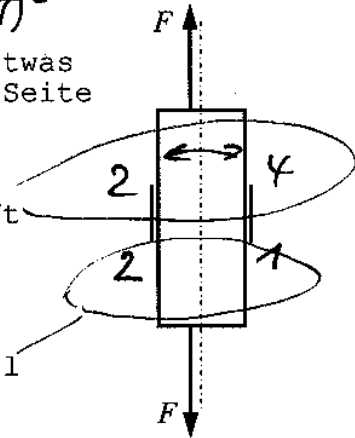


18. Der komplexe Frequenzgang eines Hochpassfilters wird durch die angegebene Gleichung beschrieben. Ergänzen Sie die Gleichung für den Betrag des Frequenzganges! (2P)

$$G = \frac{j\omega T}{1 + j\omega T} \quad \rightarrow \quad |G| = \dots \frac{\omega T}{\sqrt{1 + (\omega T)^2}}$$

19. An dem Probekörper greift eine Längskraft etwas außermittig an. Auf der linken und rechten Seite ist je 1 DMS längs appliziert. (6P)

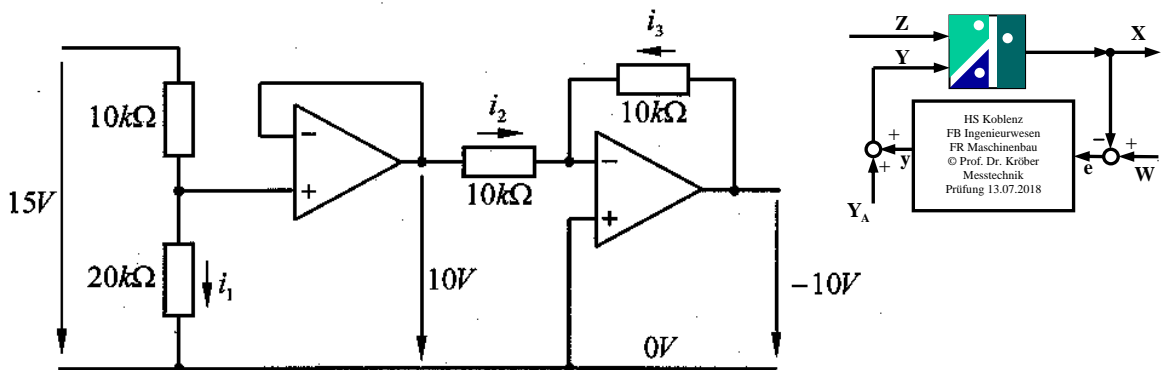
- a. Wie müssen die DMS verschaltet werden (Nummern vergeben!), damit die Längskraft biegekompensiert gemessen werden kann?
 Bem.: maximales positives Ausgangssignal
- b. Wie müssen die DMS verschaltet werden (Nummern vergeben!), damit nur der Anteil des Biegemomentes gemessen wird?
 Bem.: maximales positives Ausgangssignal



RECHENTEIL

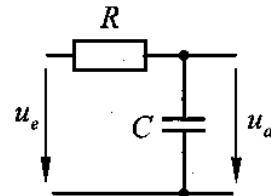
Aufgabe 1 (6P)

Die abgebildete Schaltung gehört seit Jahren zu einem Standardbeispiel der Messtechnik-Vorlesung. Hier sind die relevanten Spannungen bereits angegeben. Bestimmen Sie die drei Ströme i_1 , i_2 und i_3 [in mA]!



Aufgabe 2 (10P)

Von dem abgebildeten RC-Glied soll die Sprungantwort und der Frequenzgang untersucht werden.



Gegebene Zahlenwerte: $R = 100\text{k}\Omega$, $C = 10\mu\text{F}$

- a. Die Spannung am Eingang ist längere Zeit gleich Null. Dann wirkt zum Zeitpunkt $t=0$ am Eingang eine Sprungfunktion. Nach wieviel Sekunden ist Spannung am Ausgang halb so groß wie die Spannung am Eingang?
- b. Nun wirkt am Eingang für längere Zeit eine sinusförmige Eingangsgröße. Bei welcher Frequenz [in Hz] ist die Ausgangsamplitude halb so groß wie die Eingangsamplitude?

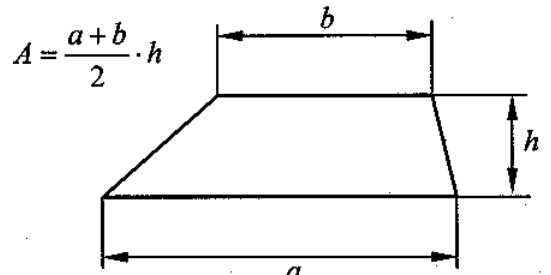
Hilfestellungen:

$$\frac{\text{momentane Differenz}}{\text{Anfangsdifferenz}} = e^{-\frac{\text{Zeit}}{\text{Zeitkonstante}}}$$

$$|G| = \frac{\hat{u}_a}{\hat{u}_e} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}$$

Aufgabe 3 (10P)

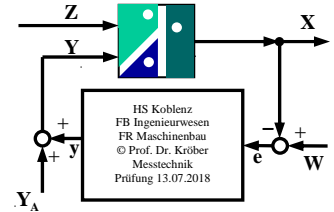
Die Fläche eines Trapezes berechnet sich nach der angegebenen Formel. Die Längen a, b und die Höhe h seien fehlerbehaftet.



- a. Bestimmen Sie zunächst einen formelmäßigen Zusammenhang/Ausdruck zur Berechnung des absoluten Fehlers ΔA der Fläche A!

Ziel: $\Delta A = f(a, b, h, \Delta a, \Delta b, \Delta h) = \dots \cdot \Delta a + \dots \cdot \Delta b + \dots \cdot \Delta h$

Hilfestellung: $\Delta y = \left| \frac{\partial f}{\partial x_1} \cdot \Delta x_1 \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial x_2} \cdot \Delta x_2 \right| + \dots + \left| \frac{\partial f}{\partial x_n} \cdot \Delta x_n \right|$



- b. Berechnen Sie den absoluten Fehler ΔA [in cm²], die Fläche A [in cm²] und den relativen Fehler $\frac{\Delta A}{A}$ [in %]! In Fragestellung b. ist nur die numerische Lösung gefordert.

Zahlenwerte (nur für Fragestellung b.):

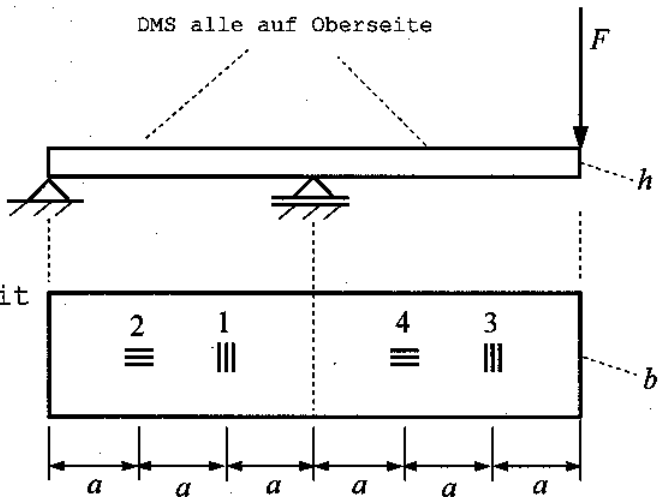
a = 5 cm, b = 3 cm, h = 2 cm, relative Fehler a, b, h stets 1%

Aufgabe 4 (8P)

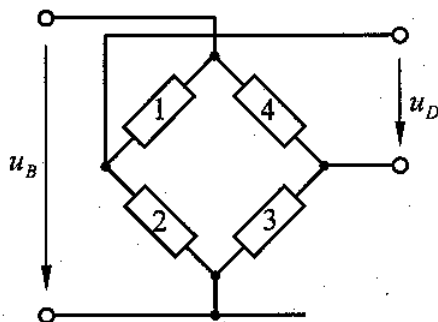
Auf dem abgebildeten Biegebalken sind 4 DMS appliziert.

- a. Ermitteln Sie zunächst alle vier Dehnungen in Abhängigkeit der gegebenen Größen!
 b. Wie groß ist die Brückenverstimmung u_D/u_B in Abhängigkeit der gegebenen Größen!

Geg.: F, a, b, h, E, k, ν



Verschiedene Hilfestellungen:



$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_3}{R} \right)$$

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \varepsilon$$

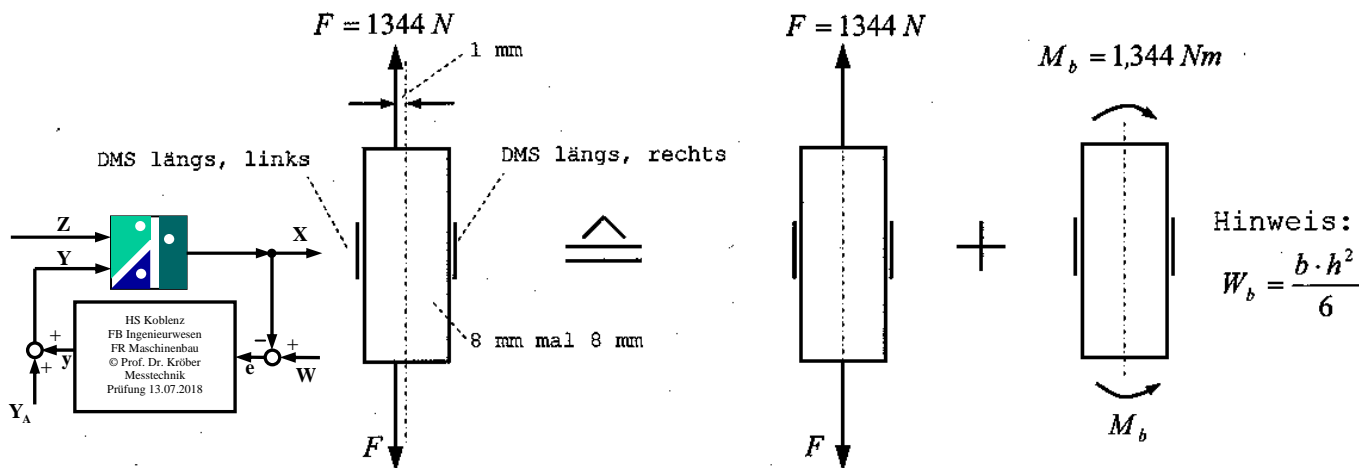
$$W_b = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$\varepsilon_{\text{quer}} = -\nu \cdot \varepsilon_{\text{long}}$$

Aufgabe 5 (8P)

Bei der Zugkraftmessung hat ein mögliches überlagertes Biegemoment einen erheblichen Einfluss auf die Dehnungen im Bereich der DMS. Dies soll hier an einem quadratischen Profil untersucht werden.

Weiter gegeben: $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

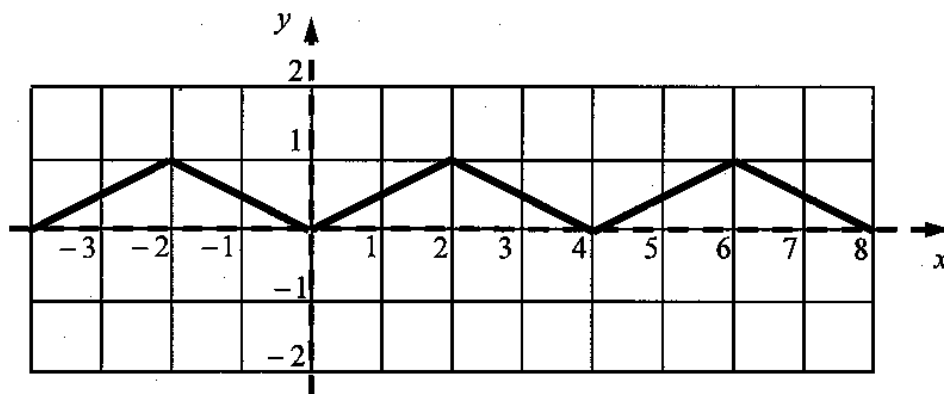


Bestimmen Sie die Dehnungen ϵ_{links} und ϵ_{rechts} [in $\mu\text{m/m}$] (für die linke Abbildung)!

Aufgabe 6 (8P)

Bei dem abgebildeten Signalverlauf handelt es sich um eine gerade Funktion. Bestimmen Sie a_1 und A_1 !

Bemerkungen:
Der gesamte Lösungsweg muss ersichtlich sein. Keine Integration "nur im Taschenrechner"! Gesucht ist die exakte Lösung.



Hilfestellungen:

$$\int x \cos(ax) dx = \frac{x}{a} \sin(ax) + \frac{1}{a^2} \cos(ax) + C \quad A_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2}$$

Hinweis:

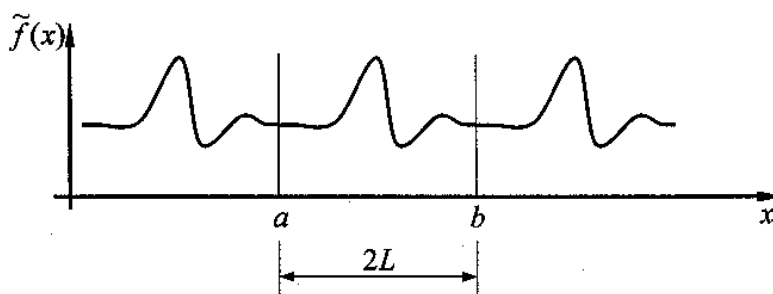
Sei $\tilde{f}(x)$ eine periodische Funktion der Periode $2L$, dann lässt sich $\tilde{f}(x)$ durch folgende Reihenentwicklung approximieren:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^n a_i \cos\left(i \frac{\pi}{L} x\right) + \sum_{i=1}^n b_i \sin\left(i \frac{\pi}{L} x\right)$$

wobei:

$$a_i = \frac{1}{L} \int_a^b \tilde{f}(x) \cos\left(i \frac{\pi}{L} x\right) dx$$

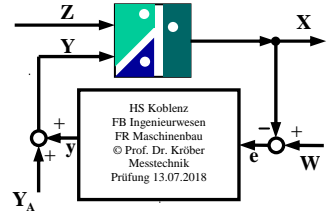
$$b_i = \frac{1}{L} \int_a^b \tilde{f}(x) \sin\left(i \frac{\pi}{L} x\right) dx$$



Prüfung Messtechnik 13.07.2018

zu 1) $i_1 = \frac{15V}{30k\Omega} = 0,5 \mu A$ $i_2 = \frac{10V}{10k\Omega} = 1 \mu A$

$i_2 + i_3 = 0 \Rightarrow i_3 = -i_2 = -1 \mu A$



zu 2, a) $\frac{man}{Auf} = e^{-t/T} = \frac{1}{2}$

$2 = e^{t/T} \Rightarrow t = T \cdot \ln 2 = 100 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-6} s \cdot \ln 2$
 $= 9693 s$

b) $\frac{u_a}{u_e} = \frac{1}{2} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} \Rightarrow 4 = 1 + (\omega RC)^2 \Rightarrow \sqrt{3} = \omega RC$

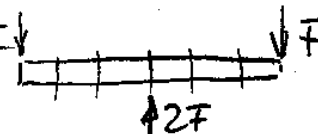
$f = \frac{\sqrt{3}}{2\pi \cdot R \cdot C} = \frac{\sqrt{3}}{2\pi \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} Hz = 9276 Hz$

zu 3, a) $\Delta A = \frac{\partial A}{\partial a} \Delta a + \frac{\partial A}{\partial b} \Delta b + \frac{\partial A}{\partial h} \Delta h = \frac{h}{2} \Delta a + \frac{h}{2} \Delta b + \frac{a+b}{2} \Delta h$

b) $\Delta A = \frac{2 \text{ cm}}{2} \cdot 5 \text{ cm} \cdot 901 + \frac{2 \text{ cm}}{2} \cdot 3 \text{ cm} \cdot 901 + \frac{(5+3) \text{ cm}}{2} \cdot 2 \text{ cm} \cdot 901$
 $= 916 \text{ cm}^2$

$A = \frac{a+b}{2} \cdot h = \frac{5+3}{2} \cdot 2 \text{ cm}^2 = 8 \text{ cm}^2$

$\frac{\Delta A}{A} = \frac{916}{8} \cdot 100\% = 2\%$

zu 4, a)  $E_2 = \frac{\sigma_2}{E} = \frac{M_2}{E I_{W0}} = \frac{F a}{E b l^2 / 6} = \frac{6 F a}{E b l^2}$

$E_1 = -\nu \cdot 2 E_2 = -\nu \frac{12 F a}{E b l^2}$

$E_4 = 2 E_2 = \frac{12 F a}{E b l^2}$ $E_3 = -\nu \cdot \frac{1}{2} E_4 = -\nu \frac{6 F a}{E b l^2}$

Prüfung Messtechnik 13.07.2018

$$\begin{aligned}
 \text{zu 4, b)} \quad \frac{u_D}{u_B} &= \frac{K}{4} (\epsilon_2 + \epsilon_4 - \epsilon_1 - \epsilon_3) \\
 &= \frac{K}{4} \left(\frac{6Fa}{EBb^2} + \frac{12Fa}{EBb^2} - \left(-\nu \frac{12Fa}{EBb^2}\right) - \left(-\nu \frac{6Fa}{EBb^2}\right) \right) \\
 &= \frac{K}{4} \frac{6Fa}{EBb^2} \underbrace{(1+2+2\nu+\nu)}_{3(1+\nu)} = \frac{9 \cdot K \cdot a (1+\nu)}{2EBb^2} F
 \end{aligned}$$

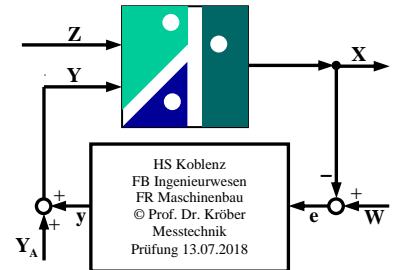
$$\begin{aligned}
 \text{zu 5) Zug/Druck: } \epsilon_{\text{Zug}} = \epsilon_{\text{Druck}} &= \frac{F}{EA} = \frac{F}{Ed^2} = \frac{1344 \cdot 10^6}{21 \cdot 10^5 \cdot 8^2} \frac{\mu\text{m}}{\text{m}} \\
 &= +100 \frac{\mu\text{m}}{\text{m}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biegunf: } \epsilon_{\text{Zug}} &= \frac{M_b}{EW_b} = \frac{M_b}{E \frac{\pi d^2}{6}} \\
 &= \frac{6M_b}{Ed^3} = \frac{6 \cdot 1344 \cdot 7000 \cdot 10^6 \frac{\mu\text{m}}{\text{m}}}{21 \cdot 10^5 \cdot 8^3} \\
 &= 75 \frac{\mu\text{m}}{\text{m}}
 \end{aligned}$$

zusammen:

$$\epsilon_{\text{Zug}} = (100 + 75) \frac{\mu\text{m}}{\text{m}} = 175 \frac{\mu\text{m}}{\text{m}}$$

$$\epsilon_{\text{Druck}} = (100 - 75) \frac{\mu\text{m}}{\text{m}} = 25 \frac{\mu\text{m}}{\text{m}}$$



$$\text{zu 6) } 2L = 4 \Rightarrow L = 2$$

$$a_n = \frac{1}{2} \cdot 2 \int_0^2 \frac{1}{2} x \cos\left(1 \frac{\pi}{2} x\right) dx = \frac{1}{2} \int_0^2 x \cos\left(\frac{\pi}{2} x\right) dx$$

.....mal 2, daher entfällt Intervall $-2 \leq x \leq 0$

$$= \frac{1}{2} \left[\frac{x}{\pi/2} \sin\left(\frac{\pi}{2} x\right) + \frac{1}{(\pi/2)^2} \cos\left(\frac{\pi}{2} x\right) \right]_0^2$$

$$= \frac{1}{2} \left[\frac{2}{\pi/2} \underbrace{\sin(\pi)}_0 + \frac{1}{(\pi/2)^2} \underbrace{\cos(\pi)}_{-1} - 0 - \frac{1}{(\pi/2)^2} \underbrace{\cos(0)}_1 \right]$$

$$a_1 = \frac{1}{2} \left[-\left(\frac{2^2}{\pi^2}\right) - \left(\frac{2^2}{\pi^2}\right) \right] = -\frac{4}{\pi^2} \approx -0,4053$$

$$b_1 = 0: \quad \underline{\underline{A_1 = |a_1| = \frac{4}{\pi^2} \approx 0,4053}}$$