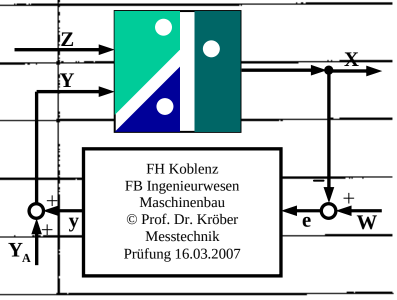
Fachhochschule Koblenz Blatt 1 von 5
FB Ingenieurwesen
Fachrichtung Maschinenbau
Messtechnik WS 06/07
Prof. Dr. W. Kröber

Name ______________________

Matr.-Nr. ____________________

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	



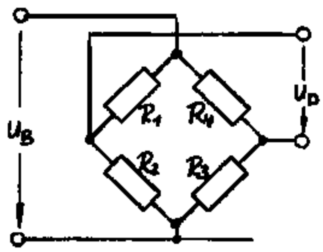
Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

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

Note : ____________________

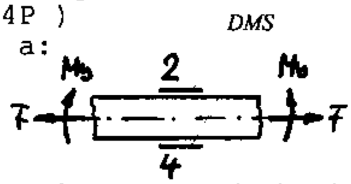
K U R Z F R A G E N :

1. An einem Zugstab greifen gleichzeitig eine Kraft und ein Biegemoment an. Zur Verfügung stehen 2 DMS und 2 passive Widerstände. Welche Widerstände müssen als DMS ausgeführt werden (Ziffern an DMS schreiben!), damit
   a. nur die Zugkraft ins Ergebnis eingehen soll,
   b. alternativ nur das Biegemoment ins Ergebnis eingehen soll?
   (4P)

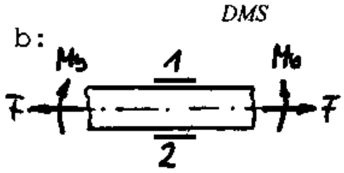


$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4}\left(\frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_3}{R}\right)$$

zu a:



zu b:

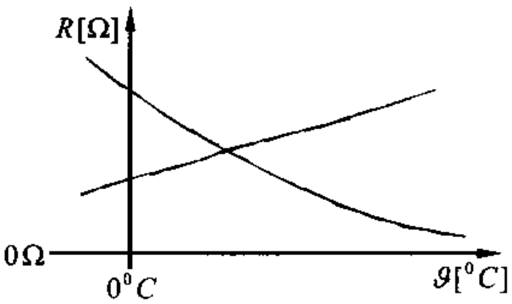


2. Weshalb müssen bei einem Drehmoment die DMS ± 45 Grad zur Längsachse angeordnet sein? (2P)
   unter ±45° zur Längsachse sind die betragsmäßig größten Dehnungen (auch Hauptspannungsrichtungen)

3. Welche Spannung [in N/mm²] erzeugt bei einer Viertelbrücke eine Brückenverstimmung von 1mV/V? (E=210000N/mm², k=2) (2P)
   $\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4}\cdot k\cdot\varepsilon = \frac{1}{4} k \frac{\sigma}{E} \Rightarrow \sigma = \frac{4\cdot u_D/u_B}{k}\cdot E = \frac{4\cdot 10^{-3}}{2}\cdot 210000\,N/mm^2 = 420\,N/mm^2$

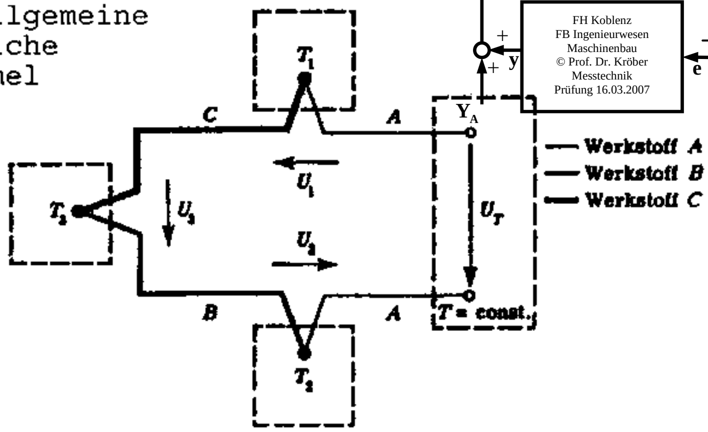
4. Der Widerstand eines Pt100 bei 100°C beträgt 138,5 Ohm. Wie groß ist der Widerstand dann bei 200°C, falls die Kennlinie linear so weiter verläuft (Annahme)? (2P)
   $(100 + 2\cdot 38{,}5)\Omega = 177\Omega$

5. Skizzieren Sie qualitativ die Abhängigkeit eines Pt100 und eines NTC's im Bereich von etwa -10°C bis +100°C!
   (2P)



6. In einer Rohrleitung strömt heißes Wasser mit 90°C. Ein Temperatursensor ist an der kühleren Wand befestigt und ragt in das Rohr hinein. Weshalb zeigt der Temperatursensor eine zu niedrige Temperatur an? (2P) Wärmeleitung längs Sensorschaft zur kühlen Wand, wirkt wie Kühlrippe bzw. Kältebrücke

7. Die Abbildung zeigt eine allgemeine Thermoelementanordnung. Welche Annahmen führen zu der Formel $u_T = K_{CB} \cdot (\vartheta - \vartheta_V)$? (3P)



$T_1 = T_2 = \vartheta_V$

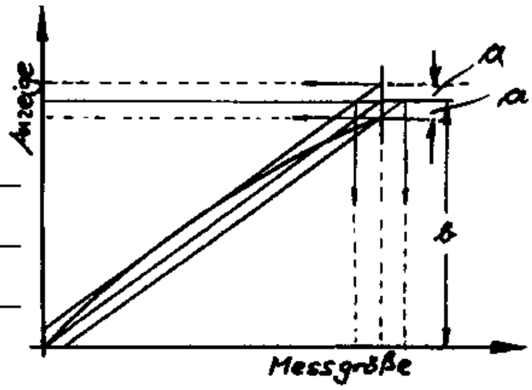
$T_3 = \vartheta$

8. Ein Thermoelement hat eine Empfindlichkeit von 40µV/°C. Der Sensor befindet sich auf einer Temperatur von 100°C. Wie groß ist dann die zu messende Thermospannung? Nehmen Sie für eine noch fehlende Angabe einen plausiblen Wert an! (2P)

Annahme Raumtemp.

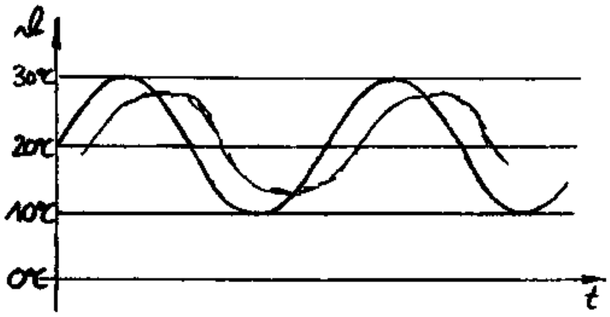
$u_T = K \cdot \Delta\vartheta = 40 \cdot 10^{-6}\, V/°C\, (100°C - 20°C) = 3{,}2\, mV$

9. Erläutern Sie den Weg, wie man von der angegebenen Skizze auf die Fehlerklasse des Messgerätes kommt! (3P)



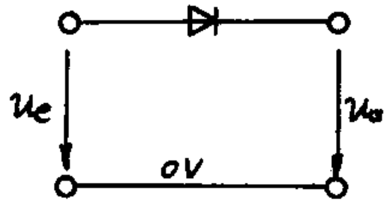
Fehlerklasse [%] = $\frac{a}{b} \cdot 100$[%]

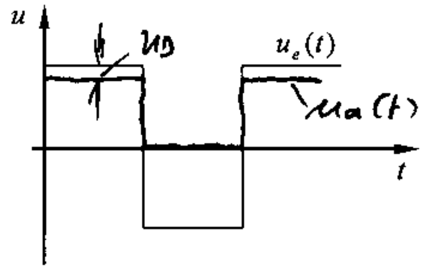
10. In der Skizze ist ein Temperaturverlauf (wahrer Wert) dargestellt. Ergänzen Sie den angezeigten Temperaturverlauf, der sich durch die Verzögerung des Sensors (Zeitkonstante) ergibt! (3P)



11. Welche grundsätzliche Einschränkung/Besonderheit gibt es bei der Druckmessung mit piezoelektrischen Aufnehmern? (2P) Keine statischen (Konstante) Drücke messbar (wegen Drift)

12. Beim Signalverlauf der Eingangsgröße u_e handelt es sich um ein Rechtecksignal. Skizzieren Sie den Verlauf der Ausgangsspannung u_a!
(3P)

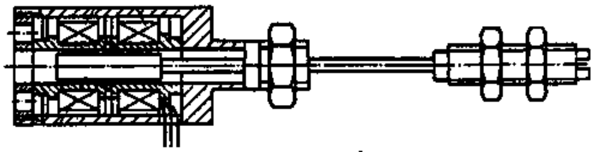




13. Um welchen Aufnehmer handelt es sich?
(Antwortbeispiel: Füllstandssensor mit kapazitivem Signalabgriff)
(2P)

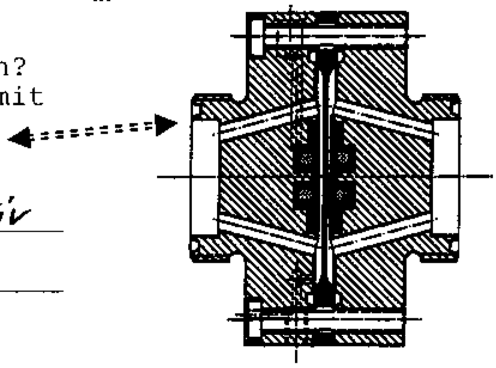
Wegaufnehmer, induktiv

(Drosselprinzip)

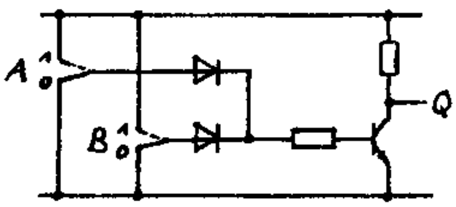


14. Um welchen Aufnehmer handelt es sich?
(Antwortbeispiel: Füllstandssensor mit kapazitivem Signalabgriff)
(2P)

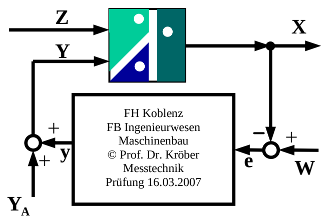
Differenzdruckaufnehmer, induktiv



15. Die Eingänge A und B können jeweils die Zustände 0 und 1 annehmen. Ergänzen Sie die Wahrheitstabelle um das Ausgangssignal Q! (3P)

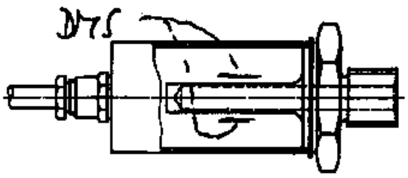


A	B	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

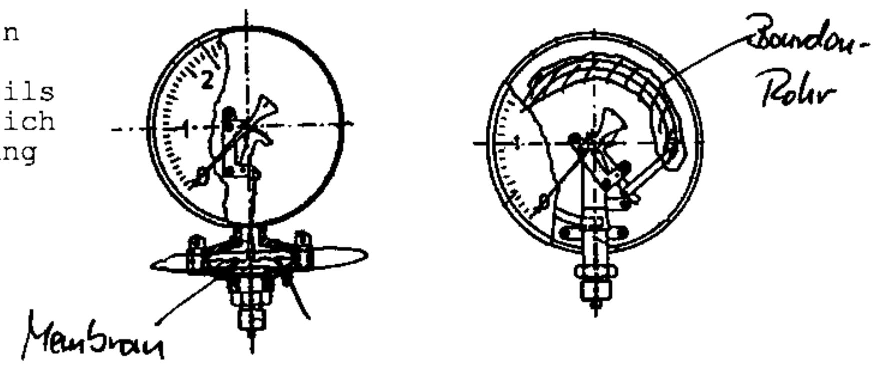


16. Um welchen Aufnehmer handelt es sich in der Abbildung? Wo sind die DMS zu Messwertaufnahme appliziert?
(3P)

Druckaufnehmer



17. Die Abbildungen zeigen zwei Druckmanometer. Kennzeichnen Sie jeweils das Bauelement, das sich bei Druckbeaufschlagung verformt!
(2P)

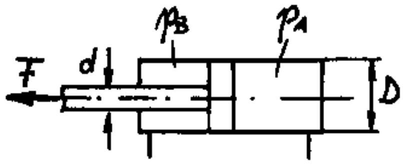


R E C H E N T E I L

Aufgabe 1 (8P)

Zur Bestimmung der äußeren Kraft an einem Hydraulikzylinder werden die Drücke p_A und p_B in den Kammern A und B gemessen. Die Druckaufnehmer haben einen Messbereich von 0-50bar (Fehlerklasse 0.1). Massenkräfte und Reibung werden vernachlässigt.

Die äußere Kraft F lässt sich nach folgender Gleichung bestimmen:



$$F = \frac{\pi}{4} \cdot [p_B \cdot (D^2 - d^2) - p_A \cdot D^2]$$

Geg.: D=20mm; d=8mm; p_A =14bar; p_B=20bar

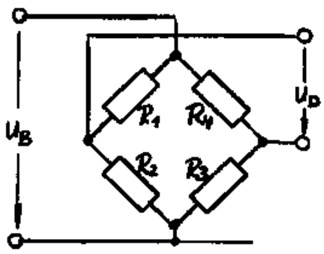
Wie groß ist der relative Fehler $\frac{\Delta F}{F}$ [in %] der Kraft, der sich im ungünstigsten Fall ergibt?

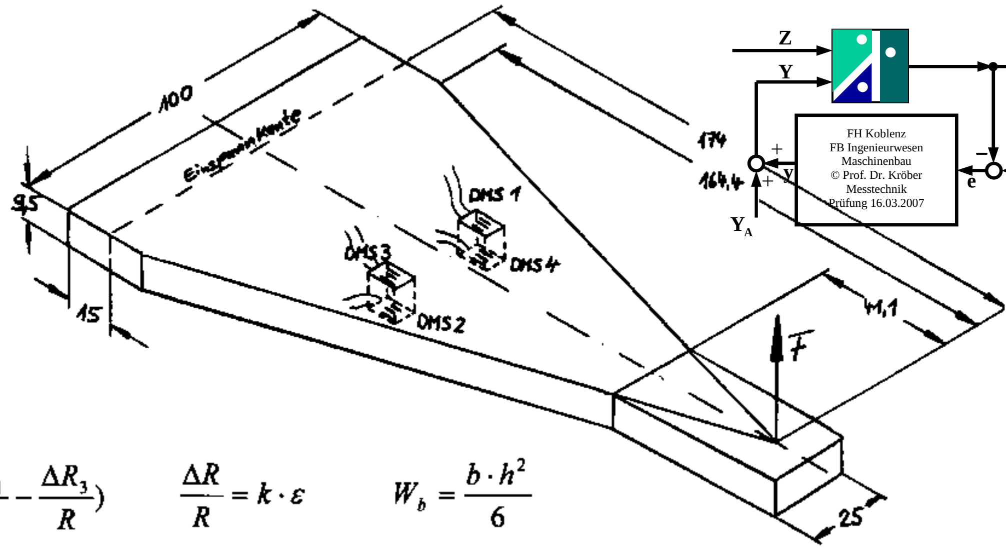
Hinweis: Das Ergebnis kann durch Einsetzen von geeigneten Zahlenwerten numerisch ermittelt werden, d.h. die Anwendung der Fehlerformel ist nicht zwingend erforderlich.

Aufgabe 2 (9P)

Im Messtechnik-Praktikum wird der abgebildete einseitig eingespannte Biegebalken verwendet. Im trapezförmigen Bereich handelt es sich um einen Körper gleicher Biegespannung. Wie groß muss die angreifende Kraft F sein, damit sich eine Brückenverstimmung von $u_D / u_B = 1 mV/V$ ergibt?

Geg.:
E=2,04·10^5 N/mm²
k=1,98





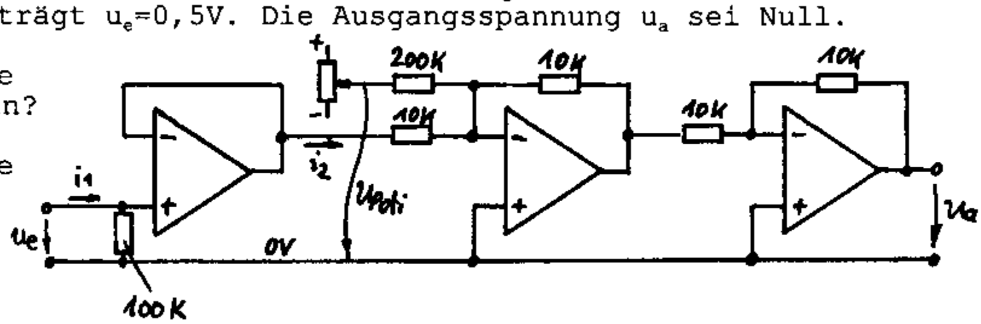
$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4}\left(\frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_3}{R}\right) \qquad \frac{\Delta R}{R} = k \cdot \varepsilon \qquad W_b = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

Aufgabe 3 (8P)

Die Abbildung zeigt einen Messumformer zur Nullpunktkorrektur. Die Eingangsspannung beträgt u_e=0,5V. Die Ausgangsspannung u_a sei Null.

a. Wie groß muss die Spannung u_{Poti} sein?

b. Wie groß sind die Ströme i_1 und i_2?



Aufgabe 4 (4P)

Ein Temperatursensor habe die Form eines Würfels mit der Kantenlänge a. Die Dichte (homogen) sei ρ, die spezifische Wärme sei c. Es wird angenommen, dass alle Oberflächen in gleichem Maße an dem Wärmeübergang beteiligt sind. Die Wärmeübergangszahl sei α.

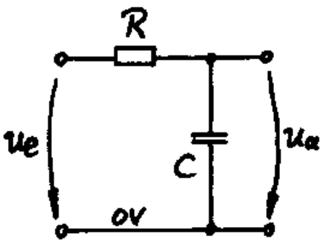
Hilfestellung: $T = \dfrac{m \cdot c}{\alpha \cdot A}$

a. Wie groß ist die Zeitkonstante in Abhängigkeit der gegebenen Größen?
   Ges.: $T = f(a, \alpha, \rho, c)$

b. Wie ändert sich die Zeitkonstante bei Verdoppelung der Kantenlänge a?

Aufgabe 5 (6P)

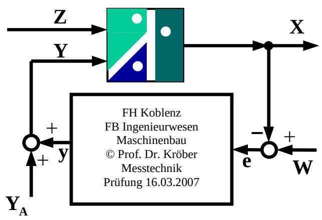
Bei dem abgebildeten Tiefpass beträgt das Amplitudenverhältnis -30dB. (sinusförmiges Messsignal). Die Zeitkonstante des RC-Gliedes sei T=10ms. Wie groß muss dann die Frequenz des Messsignals sein?



Hilfestellungen:

$$|G|_{dB} = 20 \cdot \lg|G|$$

$$\underline{G} = \frac{\underline{u}_a}{\underline{u}_e} = \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

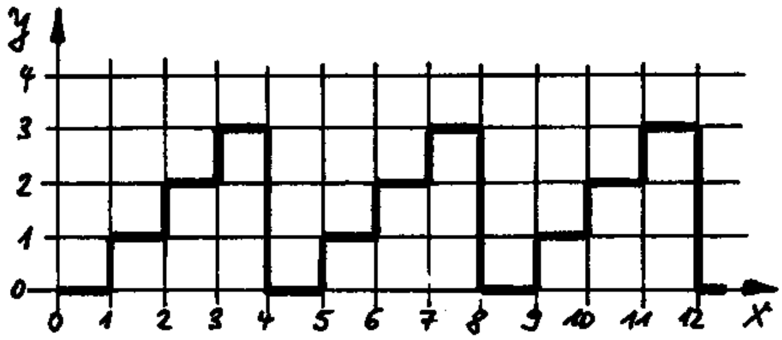


Aufgabe 6 (7P)

Bestimmen Sie den Koeffizienten b_1 des abgebildeten Signals!

Hilfestellung:

$$\int \sin(ax)dx = -\frac{1}{a}\cos(ax) + C$$



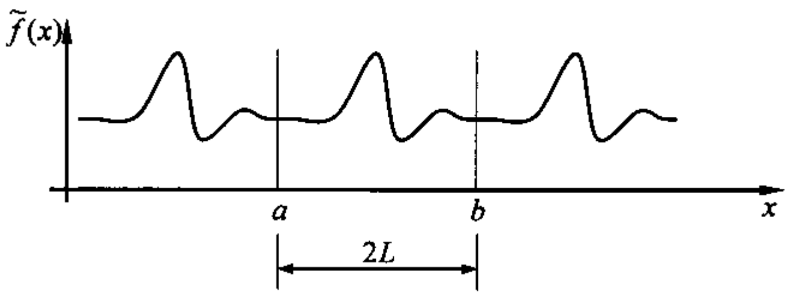
Hinweis:
Sei $\tilde{f}(x)$ eine periodische Funktion der Periode $2L$, dann lässt sich $\tilde{f}(x)$ durch folgende Reihenentwicklung approximieren:

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

wobei:

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

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



Lösungen Prüfung Messtechnik vom 16.03.07 / Blatt 1

zu 1) $F = \frac{\pi}{4}\left[p_B(D^2-d^2) - p_A D^2\right] = \frac{\pi}{4}\left[20\cdot10^5(0{,}02^2-0{,}008^2) - 14\cdot10^5\cdot0{,}02^2\right]N$

$= 87{,}9646\,N$ (mehr Nachkommastellen wegen Fehlerrechnung)

abs. Messfehler Druckaufnehmer $\Delta p = 50\,bar\cdot\frac{0{,}1}{100} = 0{,}05\,bar$

$p_B = 20\,bar + 0{,}05\,bar = 20{,}05\,bar$; $p_A = 14\,bar - 0{,}05\,bar = 13{,}95\,bar$

$F_{neu} = \frac{\pi}{4}\left(20{,}05\cdot10^5(0{,}02^2-0{,}008^2) - 13{,}95\cdot10^5\cdot0{,}02^2\right)N = 90{,}8549\,N$

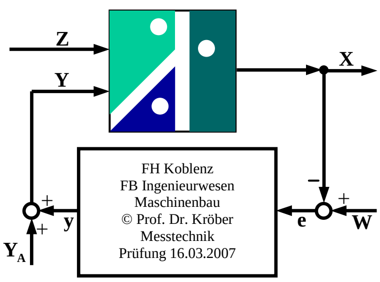
$$\underline{\frac{\Delta F}{F}\cdot100[\%]} = \frac{90{,}8549-87{,}9646}{87{,}9646}\cdot100\,\% = \underline{\underline{3{,}29\%}}$$

zu 2) $\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4}\left(\frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_3}{R}\right)$; $\frac{\Delta R_2}{R} = \frac{\Delta R_4}{R} = -\frac{\Delta R_1}{R} = -\frac{\Delta R_3}{R} = \frac{\Delta R}{R}$

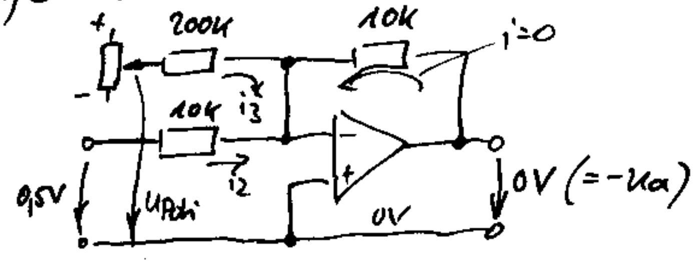
$= \frac{1}{4}\cdot4\cdot\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta R}{R} = k\cdot\varepsilon = k\frac{\sigma}{E}$; $\sigma = \frac{M_b}{W_b} = \frac{F\cdot a}{\frac{b\cdot h^2}{6}} = \frac{6Fa}{bh^2}$

$\frac{u_D}{u_B} = \frac{k}{E}\,\frac{6\cdot F\cdot a}{bh^2} \Rightarrow F = \frac{\frac{u_D}{u_B}\cdot E\cdot b\cdot h^2}{6\cdot k\cdot a}$

$$\underline{\underline{F}} = \frac{10^{-3}\cdot204000\cdot25\cdot9{,}5^2}{6\cdot1{,}98\cdot41{,}1}N = \underline{\underline{942{,}7\,N}}$$



zu 3,a) Detail:



Strombilanz: $\frac{0{,}5V}{10k} + \frac{U_{Poti}}{200k} + 0 = 0 \Rightarrow U_{Poti} = -0{,}5V\,\frac{200k}{10k}$

$$\underline{\underline{= -10\,V}}$$

zu 3,b) $\underline{\underline{i_1}} = \frac{0{,}5V}{100k\Omega} = \underline{\underline{0{,}005\,mA}}$

$\underline{\underline{i_2}} = \frac{0{,}5V}{10k\Omega} = \underline{\underline{0{,}05\,mA}}$

Lösungen Prüfung Messtechnik vom 16.03.07 / Blatt 2

m4) $\underline{\underline{T}} = \frac{m c}{\alpha \cdot A} = \frac{\rho a^3 \cdot c}{\alpha \cdot \underbrace{6a^2}_{A}} = \underline{\underline{\frac{\rho c a}{6\alpha}}}$

$T \sim a$ a verdoppelt → T verdoppelt sich auch

m5) $|G|_{dB} = 20 \cdot \lg|G| \Rightarrow |G| = 10^{\frac{|G|_{dB}}{20}} = 10^{\frac{-30}{20}} = 10^{-1,5} = 0,0316$

$$|G| = \frac{\hat{u}_a}{\hat{u}_e} = \frac{1}{\sqrt{1+(\omega \underbrace{RC}_{T})^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+(2\pi \cdot f \cdot T)^2}}$$

$$1+(2\pi f \cdot T)^2 = \frac{1}{|G|^2}$$

$$\underline{\underline{f}} = \frac{1}{2\pi \cdot T}\sqrt{\frac{1}{|G|^2}-1} = \frac{1}{2\pi \cdot 0,01}\sqrt{\frac{1}{0,0316^2}-1}\ \text{Hz} = \underline{\underline{503,0\ \text{Hz}}}$$

m6) $2L = b - a = 4 - 0 = 4 \Rightarrow L = 2$

$$b_1 = \frac{1}{2}\int_1^2 1 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2}x\right)dx + \frac{1}{2}\int_2^3 2 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2}x\right)dx + \frac{1}{2}\int_3^4 3\sin\left(\frac{\pi}{2}x\right)dx$$

$$= \frac{1}{2}\int_1^2 \sin\left(\frac{\pi}{2}x\right)dx + \int_2^3 \sin\left(\frac{\pi}{2}x\right)dx + \frac{3}{2}\int_3^4 \sin\left(\frac{\pi}{2}x\right)dx$$

$$= \frac{1}{2}\left[-\frac{2}{\pi}\cos\left(\frac{\pi}{2}x\right)\right]_1^2 + \left[-\frac{2}{\pi}\cos\left(\frac{\pi}{2}x\right)\right]_2^3 + \frac{3}{2}\left[-\frac{2}{\pi}\cos\left(\frac{\pi}{2}x\right)\right]_3^4$$

$$= \frac{1}{2}\left[-\frac{2}{\pi}\underbrace{\cos(\pi)}_{-1} + \frac{2}{\pi}\underbrace{\cos\left(\frac{\pi}{2}\right)}_{0}\right] + \left[-\frac{2}{\pi}\underbrace{\cos\left(\frac{3}{2}\pi\right)}_{0} + \frac{2}{\pi}\underbrace{\cos\left(\frac{3}{2}\pi\right)}_{-1}\right] + \frac{3}{2}\left[-\frac{2}{\pi}\underbrace{\cos(2\pi)}_{1} + \frac{2}{\pi}\underbrace{\cos\left(\frac{3}{2}\pi\right)}_{0}\right]$$

$$= \frac{1}{\pi} - \frac{2}{\pi} - \frac{3}{\pi}$$

$$\underline{\underline{b_1}} = -\frac{4}{\pi} \approx \underline{\underline{-1,273}}$$