

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 :

1. Beim Wechsel der Bewegungsrichtung entsteht durch Hysterese/Reibung eine Wie lautet das fehlende Wort? (1P)

Umkehrspanne

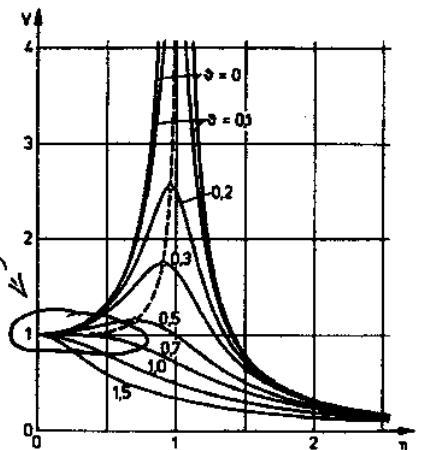
2. Weshalb werden Aufnehmer auf DMS-Basis nicht zum Messen von Schnittkräften im Fertigungsbereich eingesetzt? (2P)

Keine ausreichende Steifigkeit

Welche Aufnehmer werden eingesetzt? (2P)

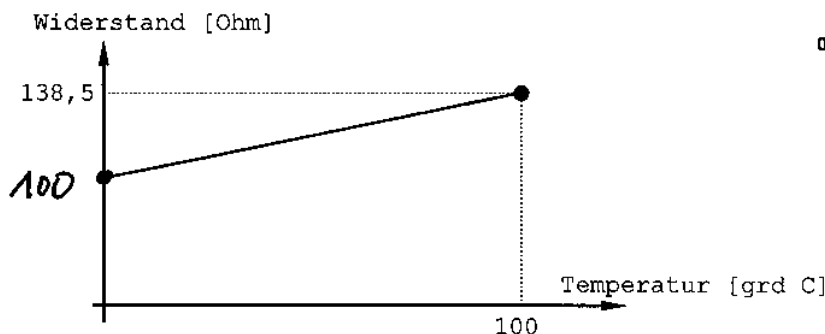
piezoelektrische Aufnehmer

3. Die Abbildung zeigt den Gesamtfrequenzgang eines Schwingungssystems. Kennzeichnen Sie den Frequenzbereich, der für Beschleunigungsaufnehmer relevant ist! (2P)



4. Ergänzen Sie in die Skizze den Widerstandsverlauf eines Pt100 in Abhängigkeit der Temperatur! (2P)

Hinweis: Der Wert bei 100 grd C ist bereits eingetragen.



Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

HS Koblenz
 FB Ingenieurwesen
 FR Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Messtechnik
 Prüfung 22.01.2013

Lösungsweg

5. Bei einem Temperaturmesssystem auf Zweileiterbasis wird über einer Bürde ein Spannungsabfall gemessen. Der Widerstand der Bürde beträgt 500 Ohm. In welchem Zahlenbereich kann der gemessene Spannungsabfall liegen? (3P)

$$\Delta U = I \cdot R = (4 \dots 20 \text{ mA}) \cdot 500 \Omega = 2 \text{ V} \dots 10 \text{ V}$$

6. Mit welchem maximalen Fehler müssen Sie rechnen, wenn ein Druckaufnehmer (Messbereich 50 bar) eine Fehlerklasse von 1.0 hat? (1P)

0,5 bar

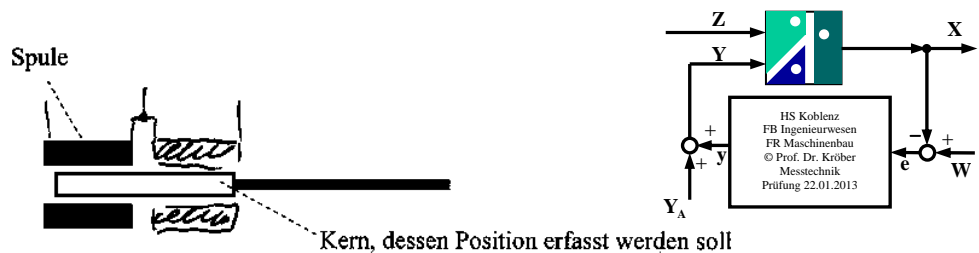
7. Nennen Sie die beiden gängigsten Thermoelementpaarungen! (2P)

K-Typ (Ni-Cr-Ni) und J-Typ (Fe-Konstantan)

8. Eine stillstehende Welle wird mit einer Marke versehen. Die Welle dreht mit $f=50$ Hz. Welches Bild ist zu sehen, wenn die Blitzfrequenz 100 Hz beträgt? (2P)

stehendes Bild, Marke 2x zu sehen (gegenüberliegend)

9. Die Skizze zeigt einen Teil eines induktiven Wegaufnehmers (Drosselprinzip). Ergänzen Sie die Skizze (es fehlt etwas)! (3P)



10. Das Eingangssignal eines Multimeters lautet: $u = 3V + 2V \cdot \sin(\omega t)$

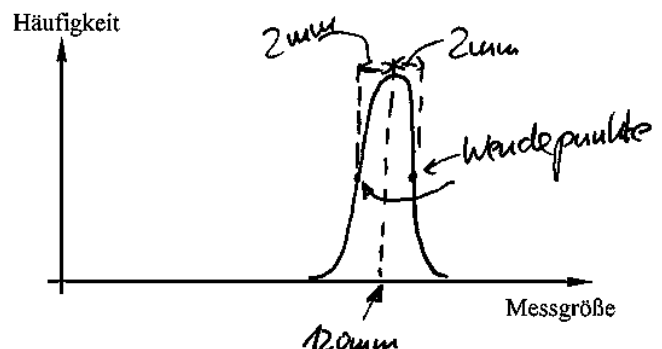
Welchen Wert zeigt es auf der Stellung "VDC" an? 3V

Welchen Wert zeigt es auf der Stellung "VAC" an? $\sqrt{2}V$
(3P)

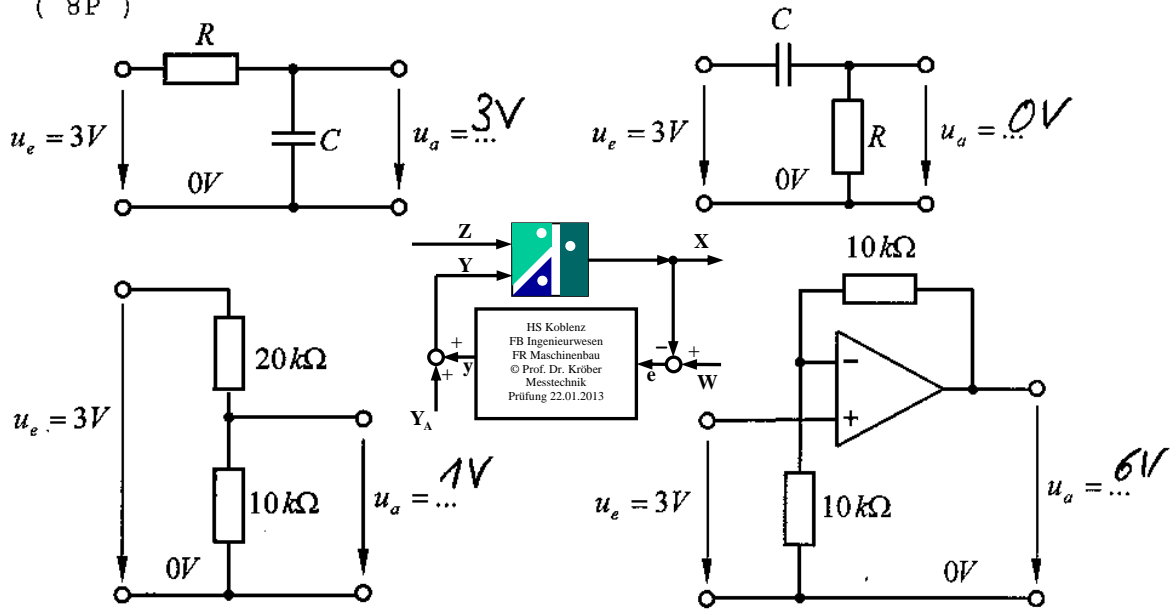
11. Zur Bestimmung der Fläche eines Rechteckes werden die beiden Seiten a und b gemessen. Jede der Seiten habe einen Messfehler von 1%. Wie groß ist der Messfehler der Fläche [in %]? (2P)

2%

12. Eine Messgröße wird mehrfach gemessen. Der Mittelwert beträgt 120 mm, die Standardabweichung sei 2 mm. Skizzieren Sie die Verteilung der einzelnen Werte! In der Skizze sollen der Mittelwert und die Standardabweichung ablesbar bzw. eingetragen sein. (4P)



13. Wie groß sind die Spannungen am Ausgang der 4 abgebildeten Schaltungen (stationärer Zustand = Verhalten für große Zeiten)? (8P)



14. Ein Thermoelement mit einer Thermoempfindlichkeit von $40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ befindet sich auf einer Temperatur von 320°C und wird unmittelbar an ein Voltmeter angeschlossen. Welche Thermoemspannung zeigt es an? Zur Beantwortung dieser Fragestellung fehlt noch eine Angabe. Treffen Sie eine geeignete Annahme! (3P)

$$u = k (\Delta T) = 40 \mu\text{V}/^\circ\text{C} (320^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 12 \text{ mV}$$

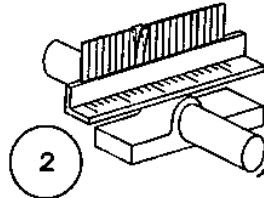
--- Raumtemperatur

15. Geben Sie stichpunktartig an, um welche Aufnehmer es sich handelt (Antwortbeispiel: Kraftaufnehmer, DMS)! (10P)

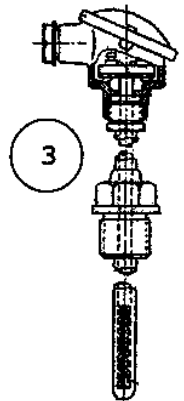
- 1: GRAY-Code, Absolutwegmessung, digital
2: Vibrationsdrehzahlmessung, Resonanz-zunahme
3: Temp.-messung mit Schutzrohr
4: Triangulationsverfahren, Abstandsmessung
5: digitale Drehzahlmessung mit Totzeit, induktive Abtastung



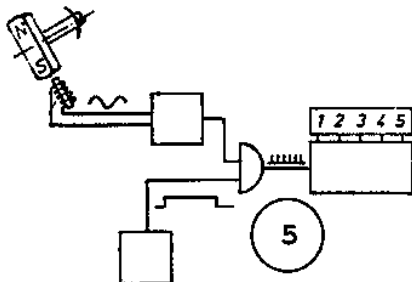
1



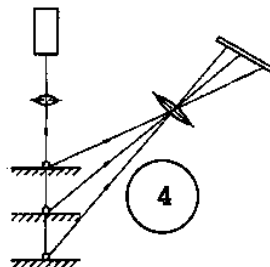
2



3



5

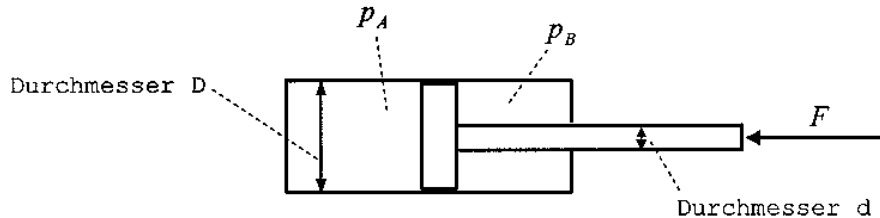


4

R E C H E N T E I L

Aufgabe 1 (9P)

Zur Bestimmung der Kraft F , die an einem Hydraulikzylinder angreift, werden die Drücke p_A und p_B in den beiden Kammern A und B gemessen.



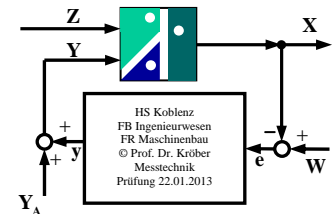
Formel zur Berechnung der Kraft F :
$$F = p_A \cdot D^2 \cdot \frac{\pi}{4} - p_B \cdot (D^2 - d^2) \cdot \frac{\pi}{4}$$

Folgende Messdaten liegen vor: $p_A = 20 \text{ bar}$; $p_B = 10 \text{ bar}$

Geometrie: $D = 25 \text{ mm}$; $d = 8 \text{ mm}$

Wie groß ist der mögliche absolute Fehler der Kraft ΔF in [N], wenn die relativen Fehler der Drücke jeweils $\pm 1\%$ betragen (also z.B. $p_A = 20 \text{ bar} \pm 1\%$)? Die Rechnung soll mit der Fehlerformel durchgeführt werden.

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



Aufgabe 2 (8P)

Ein Oszilloskop hat auf der Schalterstellung "AC" eine Eingangsbeschaltung wie ein Hochpassfilter.

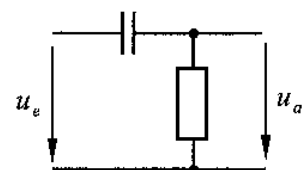
Bei dem Analogoszilloskop, welches im Mess- und Regelungstechniklaborraum verwendet wird, lauten die Daten für R und C:

$R = 1 \text{ M}\Omega$; $C = 30 \text{ nF}$.

Der Betrag des Frequenzganges lässt sich beschreiben durch:

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

Hochpass:

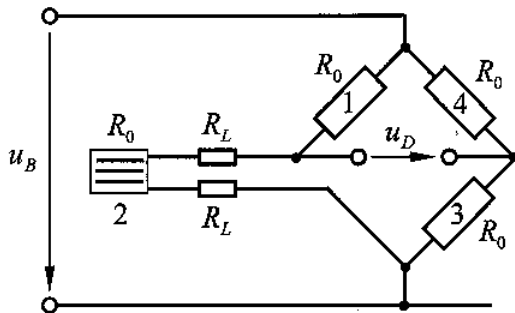


- Wie groß ist das Amplitudenverhältnis bei einem Signal von $f = 50 \text{ Hz}$?
- Bei welcher Frequenz beträgt das Amplitudenverhältnis $|G|=0,5$?

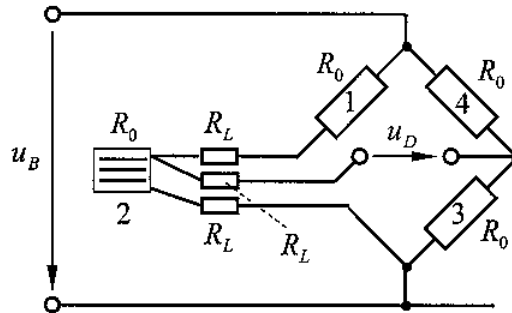
Aufgabe 3 (9P)

Die Abbildungen zeigen eine Viertelbrückenschaltung in Zweileiterschaltung (Fall A) und Dreileiterschaltung (Fall B). Die Widerstände der einzelnen DMS betragen jeweils $R_0 = 120 \text{ Ohm}$. Die Leitungswiderstände betragen jeweils $R_L = 1,2 \text{ Ohm}$.

Fall A:



Fall B:

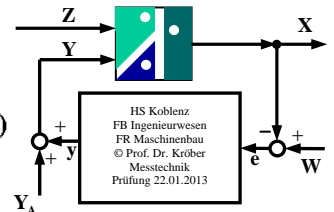


Bestimmen Sie die Brückenverstimmung (zahlenmäßig) für beide Fälle und zwar mit der exakten Brückenformel und mit der linearisierten Brückenformel!

Hilfestellungen:

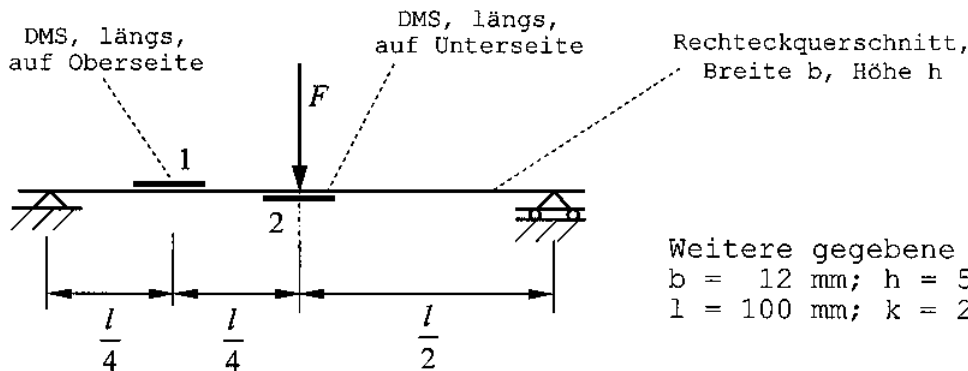
$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{R_2 \cdot R_4 - R_1 \cdot R_3}{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4)}$$

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



Aufgabe 4 (10P)

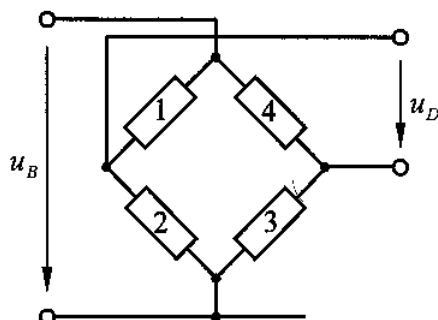
Auf dem abgebildeten Biegebalken aus einem keramischen Werkstoff sind zwei DMS angeordnet. Der Biegebalken wird mittig mit einer Kraft $F = 40 \text{ N}$ belastet. Dabei wird eine Brückenverstimmung von $u_D/u_B = 0,05 \text{ mV/V}$ gemessen. Annahme: Die DMS seien klein gegenüber der Länge l .



Weitere gegebene Daten:
 $b = 12 \text{ mm}$; $h = 5 \text{ mm}$
 $l = 100 \text{ mm}$; $k = 2$

Bestimmen Sie den E-Modul des keramischen Werkstoffes (zahlenmäßige Lösung)!

Hilfestellungen:



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

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \varepsilon \quad W_b = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

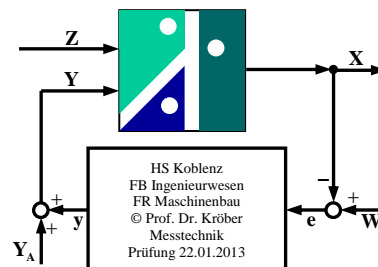
Aufgabe 5 (7P)

Ein Temperatursensor verhält sich wie ein System 1. Ordnung und besitzt eine Halbwertszeit von $t_{50\%} = 15$ Sekunden. Im Folgenden wird ein Aufheizvorgang untersucht. Zur Zeit $t=0$ sei die Temperatur des Sensors $\vartheta = 5^{\circ}C$. Würde man den Sensor für sehr große Zeiten in der neuen Umgebung belassen, würde sich eine Anzeige von $\vartheta = 95^{\circ}C$ ergeben.

a. Nach welcher Zeit beträgt die Anzeige $50^{\circ}C$?

b. Nach welcher Zeit beträgt die Anzeige $90^{\circ}C$?

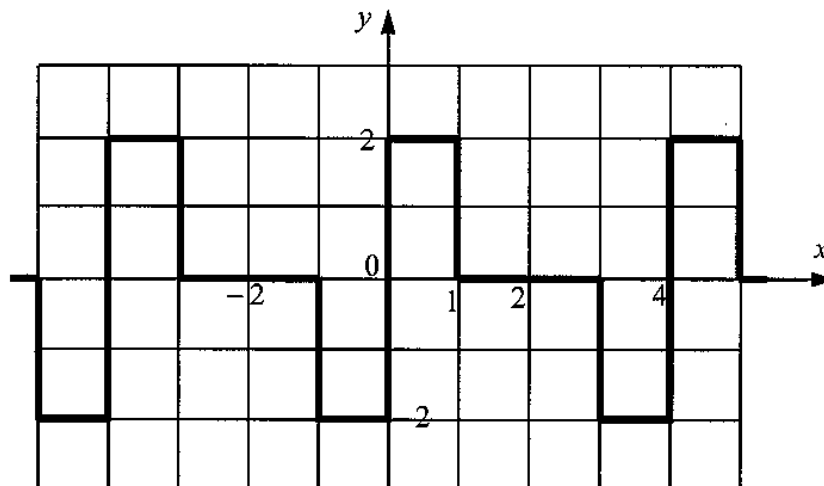
Hilfestellung:
$$\frac{\text{momentane Differenz}}{\text{Anfangsdifferenz}} = \frac{\vartheta - \vartheta_{\infty}}{\vartheta_0 - \vartheta_{\infty}} = e^{-\frac{t}{T}}$$



Aufgabe 6 (7P)

Von dem abgebildeten Signalverlauf sind die Koeffizienten a_1 , b_1 und A_1 (exakte Lösung) zu bestimmen.

Bemerkung:
Der gesamte Lösungsweg muss ersichtlich sein.
Keine Integration "nur im Taschenrechner"!



Hilfestellungen:

$$\int \sin(ax) dx = -\frac{1}{a} \cos(ax) + C \quad \int \cos(ax) dx = +\frac{1}{a} \sin(ax) + C \quad A_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2}$$

Hinweis:

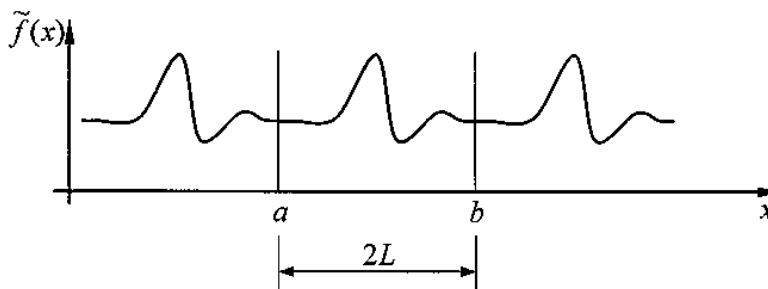
Sei $\tilde{f}(x)$ eine periodische Funktion der Periode $2L$, dann lässt sich $\tilde{f}(x)$ durch folgende Reihenentwicklung approximieren:

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

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 22.01.13 Blatt 1

$$\begin{aligned}
 \text{zu 1)} \quad \Delta F &= \left| \frac{\partial F}{\partial p_A} \cdot \Delta p_A \right| + \left| \frac{\partial F}{\partial p_B} \cdot \Delta p_B \right| = \left| D^2 \cdot \frac{\pi}{4} \Delta p_A \right| + \left| -(D^2 - d^2) \frac{\pi}{4} \Delta p_B \right| \\
 &= D^2 \frac{\pi}{4} \Delta p_A + (D^2 - d^2) \frac{\pi}{4} \Delta p_B \\
 &= \left(0,025^2 \frac{\pi}{4} \cdot 20 \cdot 10^5 \cdot 0,01 + (0,025^2 - 0,008^2) \frac{\pi}{4} \cdot 10 \cdot 10^5 \cdot 0,01 \right) N
 \end{aligned}$$

$$\underline{\underline{\Delta F = 14,223614 \approx 14,22 \text{ N}}}$$

$$\text{zu 2)} \quad \underline{\underline{|G| = \frac{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 10^6 \cdot 30 \cdot 10^{-9}}{\sqrt{1 + (2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 10^6 \cdot 30 \cdot 10^{-9})^2}} = 0,99442 \approx 0,994}}}$$

$$|G| = \frac{x}{\sqrt{1+x^2}} \Rightarrow |G|^2(1+x^2) = x^2$$

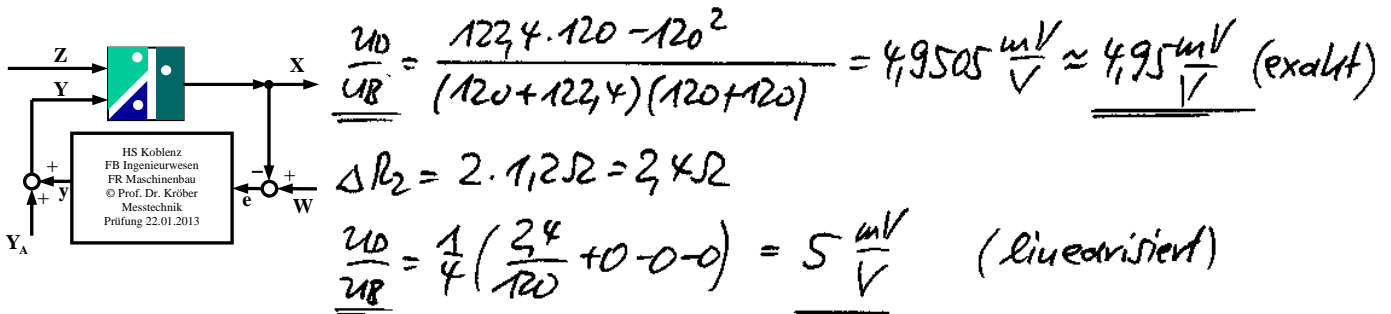
$$|G|^2 = x^2 - |G|^2 x^2 = x^2(1 - |G|^2)$$

$$x = \frac{|G|}{\sqrt{1 - |G|^2}} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot R \cdot C$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C} \cdot \frac{|G|}{\sqrt{1 - |G|^2}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 10^6 \cdot 30 \cdot 10^{-9}} \cdot \frac{0,95}{\sqrt{1 - 0,95^2}} \text{ Hz}$$

$$\underline{\underline{= 3,06 \text{ Hz}}}$$

$$\text{zu 3) FALL A: } R_2 = (120 + 2 \cdot 112) \Omega = 122,4 \Omega$$



$$\underline{\underline{\frac{U_D}{U_B} = \frac{122,4 \cdot 120 - 120^2}{(120 + 122,4)(120 + 120)} = 4,9505 \frac{\text{mV}}{\text{V}} \approx 4,95 \frac{\text{mV}}{\text{V}} \text{ (exakt)}}}$$

$$\Delta R_2 = 2 \cdot 112 \Omega = 224 \Omega$$

$$\underline{\underline{\frac{U_D}{U_B} = \frac{1}{4} \left(\frac{224}{120} + 0 - 0 - 0 \right) = 5 \frac{\text{mV}}{\text{V}} \text{ (linearisiert)}}}$$

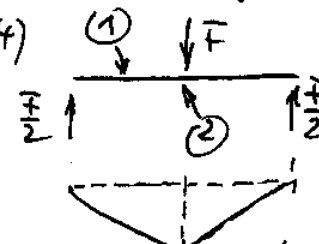
$$\text{FALL B: } R_1 = (120 + 112) \Omega = 121,2 \Omega; R_2 = (120 + 112) \Omega = 121,2 \Omega$$

$$\underline{\underline{\frac{U_D}{U_B} = \frac{121,2 \cdot 120 - 121,2 \cdot 120}{(121,2 + 121,2)(120 + 120)} = 0 \text{ (exakt)}}}$$

$$\Delta R_1 = 112 \Omega; \Delta R_2 = 112 \Omega$$

$$\underline{\underline{\frac{U_D}{U_B} = \frac{1}{4} \left(\frac{112}{120} + 0 - \frac{112}{120} - 0 \right) = 0 \text{ (Linearisiert)}}}$$

Prüfung Messtechnik 22.01.13 Blatt 2

214)  $M_2 = \frac{F}{2} \cdot \frac{l}{2} = \frac{1}{4} F \cdot l$
 $M_1 = \frac{F}{2} \cdot \frac{l}{4} = \frac{1}{8} F \cdot l$

$$\epsilon_2 = \frac{M_2}{E I b l^2} = \frac{\frac{1}{4} F \cdot l}{E b l^2} = \frac{3 \cdot F \cdot l}{2 E b l^2}; \epsilon_1 = -\frac{1}{2} \epsilon_2 = -\frac{3 F l}{4 E b l^2}$$

$$\frac{u_0}{l_B} = \frac{k}{4} (\epsilon_2 - \epsilon_1) = \frac{k}{4} \left(\frac{3 F l}{2 E b l^2} - \left(-\frac{3 F l}{4 E b l^2} \right) \right) = \frac{k \cdot 3 \cdot F l}{4 E b l^2} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} \right)$$

$$\frac{u_0}{l_B} = \frac{9 \cdot k \cdot F \cdot l}{16 \cdot E \cdot b \cdot l^2} \Rightarrow E = \frac{9 \cdot k \cdot F \cdot l}{16 \frac{u_0}{l_B} \cdot b \cdot l^2} = \frac{9 \cdot 2 \cdot 40 \cdot 100}{16 \cdot 0,05 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 5^2} \frac{N}{mm^2} = \underline{\underline{300000 \frac{N}{mm^2}}}$$

215) Methode „schwarzes Hinsehen“: $t = t_{50\%} = 15s$

$$b) \frac{1}{2} = e^{-t/T} \Rightarrow 2 = e^{t/T} \Rightarrow \ln 2 = \frac{t}{T} \Rightarrow T = \frac{t}{\ln 2} = \frac{15s}{\ln 2} = \underline{\underline{21,645}}$$

$$\frac{m_{\text{auf}}}{m_{\text{ab}}} = \frac{5}{90} = e^{-t/T} \Rightarrow \frac{90}{5} = e^{t/T} \Rightarrow \ln 18 = \frac{t}{T}$$

$$\underline{\underline{t = T \cdot \ln 18 = 21,645 \cdot \ln 18 = 62,55s}}$$

216) Funktion umgekehrt $\Rightarrow a_1 = 0$

$$2L = b - a \Rightarrow L = 2$$

$$b_1 = \frac{1}{2} \int_{-1}^0 (-2) \sin\left(\frac{\pi}{2} x\right) dx + \frac{1}{2} \int_0^1 2 \sin\left(\frac{\pi}{2} x\right) dx$$

$$= - \int_{-1}^0 \sin\left(\frac{\pi}{2} x\right) dx + \int_0^1 \sin\left(\frac{\pi}{2} x\right) dx = - \left[-\frac{2}{\pi} \cos\left(\frac{\pi}{2} x\right) \right]_{-1}^0 + \left[-\frac{2}{\pi} \cos\left(\frac{\pi}{2} x\right) \right]_0^1$$

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

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

$$\underline{\underline{A_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2} = \sqrt{0^2 + \left(\frac{4}{\pi}\right)^2} = \frac{4}{\pi} \approx 1,273}}$$

