

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

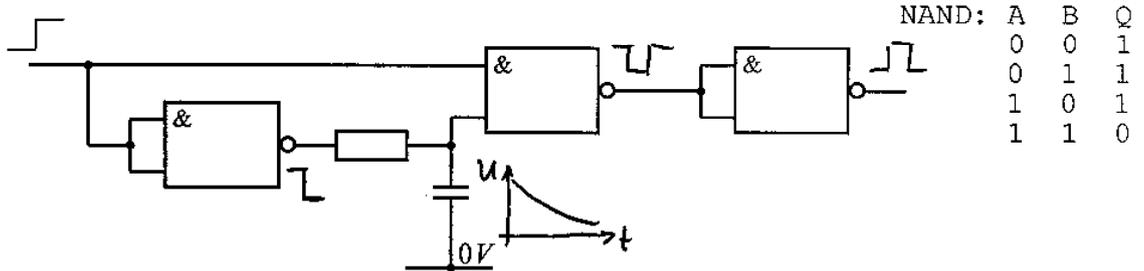
- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
  - Schreib- und Zeichengerät
  - Taschenrechner

Note : \_\_\_\_\_

**KURZFRAGEN :**

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	<i>+ Lösungsweg</i>
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

1. Bei der digitalen Drehzahlmessung wird ein Monovibrator eingesetzt. In Abbildung ist die Realisierung mit NAND-Gliedern dargestellt. Ergänzen Sie an jedem Ausgang/Eingang der NAND-Glieder den Signalverlauf, wenn am Eingang eine steigende Flanke vorliegt! ( 6P )



2. Ordnen Sie die folgenden Kriterien "durch Ankreuzen" dem Ausschlagverfahren bzw. Kompensationsverfahren zu ! ( 4P )

	Ausschlagverfahren	Kompensationsverfahren
Kreisstruktur		X
Kettenstruktur	X	
Rückwirkung möglich	X	
Häufigere Anwendung	X	
Stabilitätsprobleme		X

3. Der Messbereich eines Temperaturmesssystems geht von 100 bis 200°C. Der auf die Messspanne bezogene Fehler liegt bei 0,5%. Wie groß ist der mögliche Temperaturmessfehler [in °C]? ( 2P )

*(±) 0,5°C*

4. Wie unterscheiden sich die Einheiten des Mittelwertes und der Standardabweichung einer Messgröße? ( 2P )

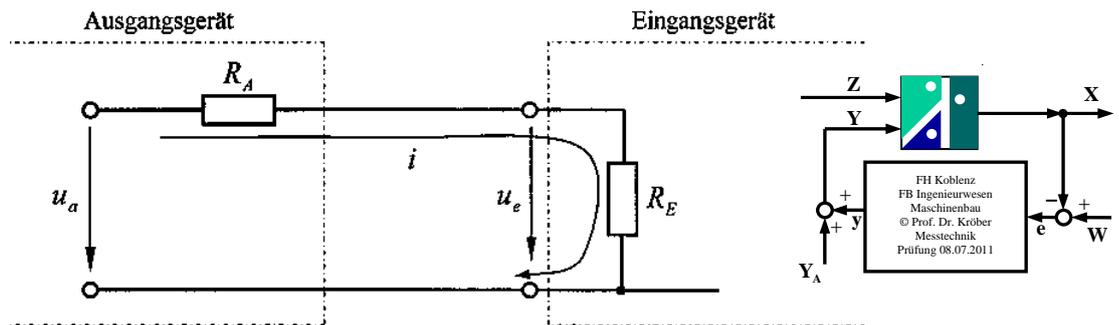
*Kein Unterschied*

5. Der Luftwiderstand eines Fahrzeuges kann durch die angegebene Gleichung beschrieben werden. Wie groß ist der mögliche relative Fehler von  $F_{Luft}$ , wenn jede der 4 Einflussgrößen in der Formel einen relativen Fehler von 1 % besitzt? ( 3P )

$$F_{Luft} = c_w \cdot A \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2$$

5%

6. Die Abbildung zeigt den grundsätzlichen Aufbau bei der Signalübertragung zwischen zwei Geräten in einer Messkette. Beim Eingangsgerät handelt es sich um ein handelsübliches Voltmeter. Welche Zahlenwerte haben dabei  $R_A$  und  $R_E$  (tatsächliche Werte) und welche Zahlenwerte werden idealisiert angenommen? ( 6P )



tatsächliche Werte:  $R_A = 10 \Omega$        $R_E = 10 M\Omega$

idealisiert:  $R_A \rightarrow 0$        $R_E \rightarrow \infty$

7. Wozu wird ein Peltierelement eingesetzt? Welches ist die wesentliche "Eingangs- und Ausgangsgröße"? Es ist die Umkehrung von/des . . . ( 4P )

Kühlzwecken, E = elektr. Energie; A = (Wärme +) Kälte  
Umkehrung Seebeck-Effekt (Thermoelement)

8. Das Messsystem USB6008 besitzt einen Analogausgang von 0 bis 5 Volt. Die Auflösung beträgt 12 bit. Wie groß ist dann die Auflösung [in mV]? ( 2P )

$$\underline{5V / 2^{12} = 1,22 mV}$$

9. Das Messsystem USB6008 besitzt einen Analogeingang von -10 bis +10 Volt. Die Auflösung beträgt 12 bit. Wie groß ist dann die Auflösung [in mV]? ( 2P )

$$\underline{20V / 2^{12} = 4,88 mV}$$

10. Das Messsystem USB6008 besitzt eine maximale Abtastfrequenz von 10kHz. Wie hoch darf dann die zu messende Signalfrequenz maximal sein? ( 2P )

5 kHz

11. Weshalb werden DMS-Kraftaufnehmer nicht für Schnittkraftmessungen eingesetzt? ( 2P )

Keine ausreichende Steifigkeit

12. Welche Aufnehmer werden für Schnittkraftmessungen eingesetzt? Worin besteht der Nachteil des Messverfahrens? ( 4P )

piezoelektrische Aufnehmer

Nachteil: Keine statischen Messungen möglich (Drift)

13. Erläutern Sie die Funktionalität eines Stroboskops zur Drehzahlmessung! ( 3P )

Kurzer Blitz in gleicher Frequenz wie rotierende Welle → stehendes Bild

14. Ein (einziges) Thermoelement wird direkt an ein Voltmeter angeschlossen (Raumtemperatur sei 20°C). Die Temperatur an der Messspitze des Thermoelementes sei 0°C (Eiswasser). "Schätzen" Sie die angezeigte Thermospannung! ( 3P )

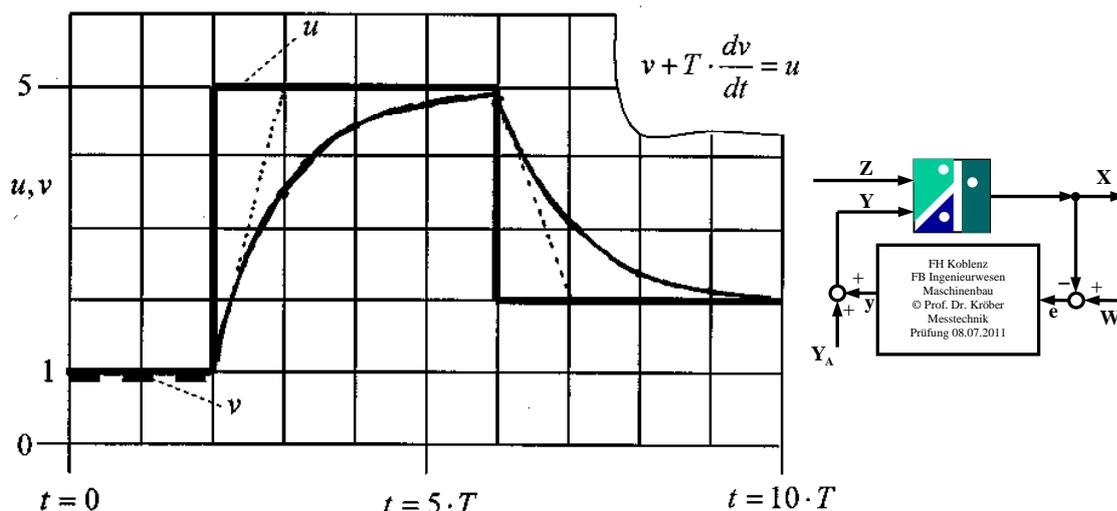
ca 1mV (40  $\frac{\mu V}{^\circ C} \cdot 20^\circ C = 0,8mV$ )

15. Wie viel Euro kostet ein NTC-Messwiderstand und alternativ ein Pt100-Messwiderstand? ( 3P )

Anm: Größenordnung muss stimmen

30 €      50 Cent

16. Bei einem Messelement mit Verzögerung 1. Ordnung liegt der dargestellte Verlauf der Eingangsgröße vor. Als "Anfangsbedingung" ist der Verlauf der Ausgangsgröße im "ersten Zeitabschnitt" angegeben. Ergänzen Sie den Verlauf der Ausgangsgröße! ( 6P )



RECHENTEIL

Aufgabe 1 ( 7P )

Zur Bestimmung der Seitenlänge der Hypotenuse c eines rechtwinkligen Dreieckes werden die beiden Seiten a und b gemessen.

Hilfestellungen:  $c = \sqrt{a^2 + b^2}$  ;  $S_x = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \cdot S_{x_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \cdot S_{x_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n} \cdot S_{x_n}\right)^2}$

Gegeben sind folgende Daten:

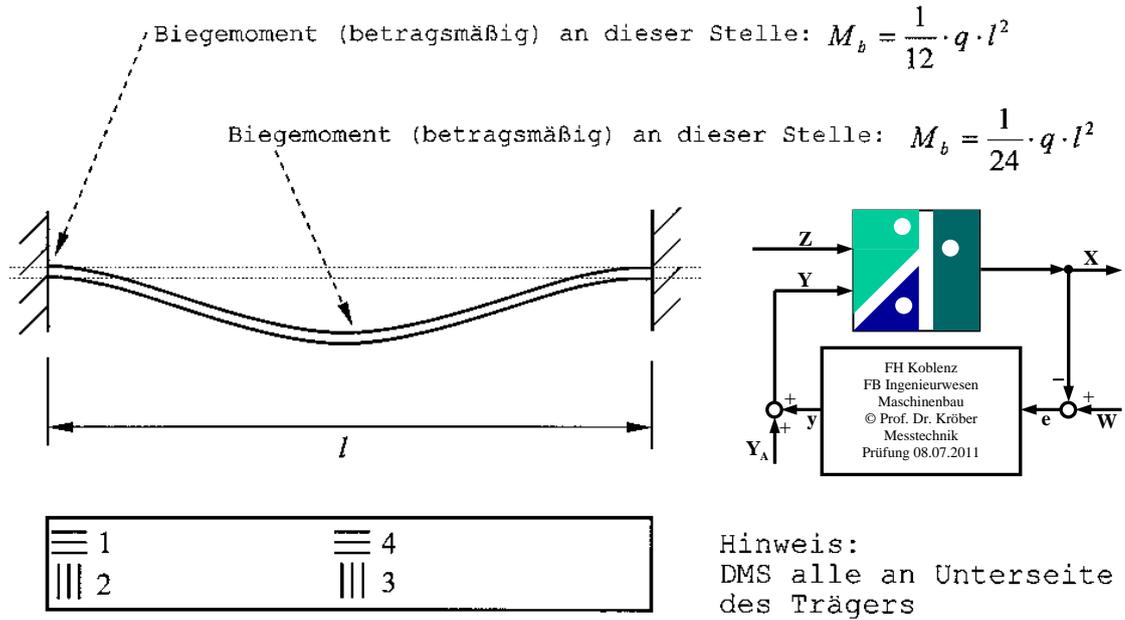
$\bar{a} = 30 \text{ cm}; S_a = 0,5 \text{ cm}; \bar{b} = 40 \text{ cm}; S_b = 0,3 \text{ cm}$

Bestimmen Sie die Standardabweichung  $S_c$  der Länge c [in cm]!

Aufgabe 2 ( 11P )

Zur Durchführung von Dehnungsmessungen an einem Brückenbauwerk sollen an einem beidseitig eingespannten Träger ( $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$  ;  $\nu = 0,3$ ) Voruntersuchungen durchgeführt werden. Dabei geht es hier primär um den Einfluss des Eigengewichtes auf die Brückenverformung. Die Flächenlast des Trägers sei  $q = 39 \text{ N/m}$ . Die Spannweite  $l$  sei  $l = 3 \text{ m}$ . Die DMS ( $k = 2$ ) sind alle an der Unterseite des Trägers appliziert und idealisiert genau dort, wo das angegebene Biegemoment vorliegt. Bei dem Träger handelt es sich um einen Flachstahl der Breite  $b = 50 \text{ mm}$  und der Höhe  $h = 10 \text{ mm}$ .

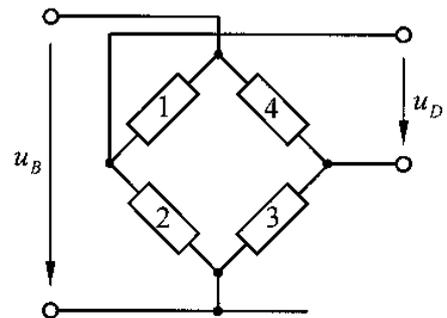
Geg.:  $q, l, b, h, E, \nu, k$



Hilfestellungen:

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

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \varepsilon \quad \varepsilon_{quer} = -\nu \cdot \varepsilon_{längs} \quad W_b = \frac{b \cdot h^2}{6}$$



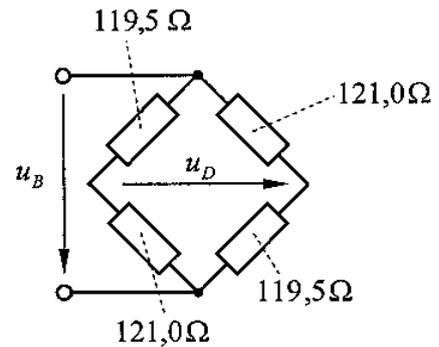
- Bestimmen Sie zunächst formelmäßig die Dehnungen an den vier DMS-Positionen!
- Wie groß ist die Brückenverformung (formelmäßige und numerische Lösung)?

Ziel:  $\frac{u_D}{u_B} = f(q, l, b, h, E, \nu, k) = ?$

Aufgabe 3 ( 7P )

Bei der angegebenen Messbrücke liegen die angegebenen Widerstandswerte vor. Die Nennwiderstand beträgt  $120 \Omega$ .

- Bestimmen Sie die Brückenverstimmung mit der exakten Formel!
- Bestimmen Sie die Brückenverstimmung mit der linearisierten Formel!
- Wie groß ist der Linearisierungsfehler [in %]?



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

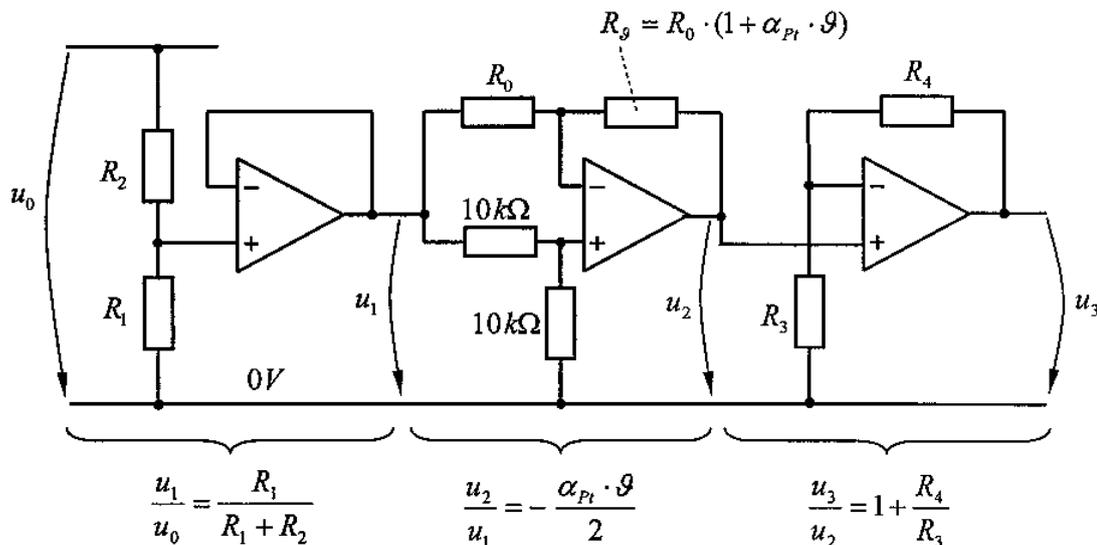
Aufgabe 4 ( 12P )

Die Abbildung zeigt einen Messumformer zur Temperaturmessung mit einem Pt100. Die Schaltung teilt sich auf in 3 Teile.

Linker Teil: Durch eine geeignete Wahl von  $u_0$ ,  $R_1$  und  $R_2$  wird eine konstante Spannung von  $u_1 = -0,2 \text{ V}$  erzeugt.

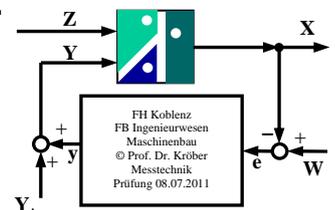
Mittlerer Teil: Messumformer R/U

Rechter Teil: Die Verstärkung kann so gewählt werden, dass bei  $0^\circ\text{C}$  ein Ausgangssignal von  $u_3 = 0 \text{ V}$  entsteht und bei  $100^\circ\text{C}$  ein "bestimmter glatter Zahlenwert" (in c. zu berechnen).



Ferner gegeben:  $R_0 = 100 \Omega$ ,  $\alpha_{Pt} = 3,85 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

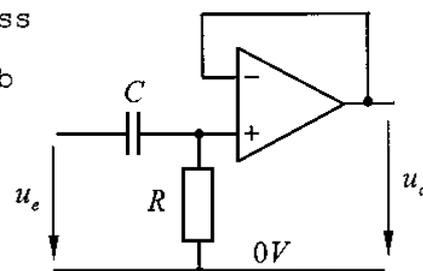
- Es sei  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  und  $R_2 = 74 \text{ k}\Omega$ . Wie groß muss  $u_0$  sein ( $u_1 = -0,2 \text{ V}$ )? (Frage zum linken Teil der Aufgabe)
- Wie groß ist die Spannung  $u_2$ , wenn die Temperatur des Pt100 genau  $100^\circ\text{C}$  beträgt? (Frage zum mittleren Teil der Aufgabe)
- Es sei  $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$  und  $R_4 = 24,974 \text{ k}\Omega$ . Wie groß ist die Spannung  $u_3$ , wenn die Temperatur des Pt100 genau  $100^\circ\text{C}$  beträgt? (Frage zum rechten Teil der Aufgabe)
- Wie groß ist der Strom [in mA] durch den Pt100? (Frage zum mittleren Teil der Aufgabe)



Aufgabe 5 ( 8P )

Ein Hochpassfilter soll so ausgelegt werden, dass bei einer Frequenz von  $f = 10 \text{ Hz}$  das Signal um 30 % abgemindert wird. Der Wert für C wird vorab auf  $C = 1 \mu\text{F}$  festgelegt.

- Wie groß muss dann der Wert für R sein?
- Wie groß ist dann das Amplitudenverhältnis [in dB] bei einer Frequenz von  $f = 50 \text{ Hz}$ ?

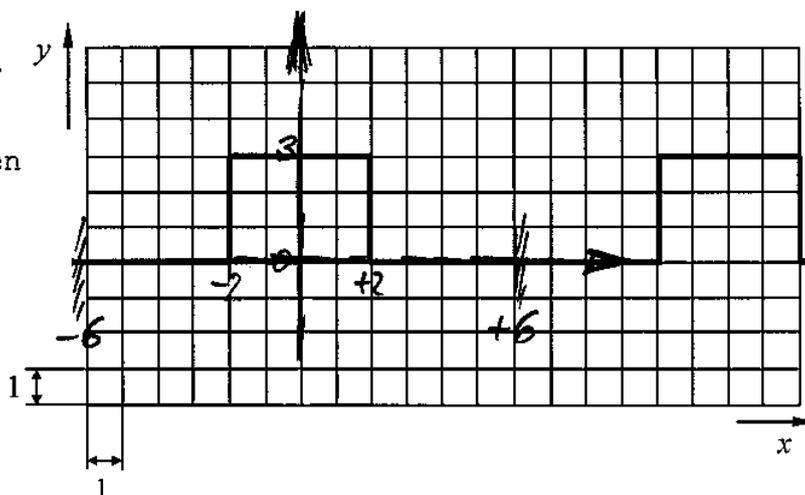


Hilfestellungen:  $G = \frac{u_a}{u_e} = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}$   $|G|_{dB} = 20 \cdot \lg |G|$

Aufgabe 6 ( 9P )

Der abgebildete periodische Signalverlauf wurde mit einem Digitaloszilloskop aufgenommen. Unglücklicherweise ist dabei sowohl horizontal als auch vertikal der Nullpunkt verschoben. Für die hier anstehende Ermittlung des Schwingungsanteils der Grundschwingung ist dies jedoch unerheblich.

Legen Sie das Koordinatensystem so, dass Sie mit wenig Aufwand den Grundschwingungsanteil bestimmen können. Wie groß ist der Koeffizient  $A_1$  (exakte Lösung)?



Bem.: 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:

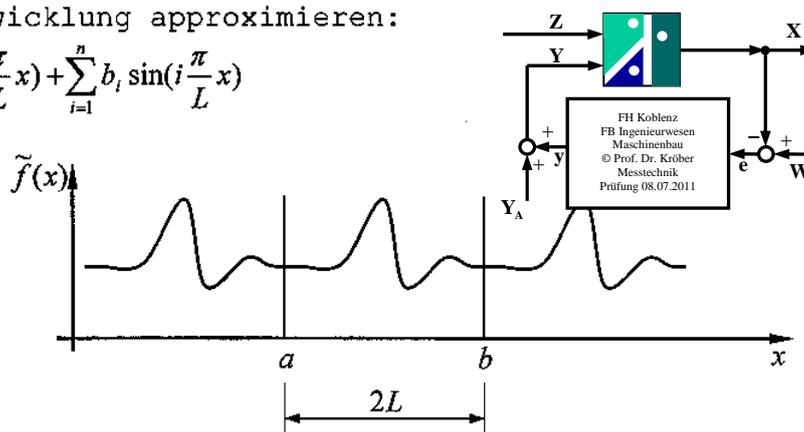
Sei  $\tilde{f}(x)$  eine periodische Funktion der Periode  $2L$ , dann lässt sich  $\tilde{f}(x)$  durch folgende Reihenentwicklung approximieren:

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

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 vom 08.07.11 / Blatt 1

$$m1) S_c = \sqrt{\left(\frac{\partial c}{\partial a} S_a\right)^2 + \left(\frac{\partial c}{\partial b} S_b\right)^2}$$

$$\frac{\partial c}{\partial a} = \frac{1}{2\sqrt{\dots}} \cdot 2a = \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}} = \frac{a}{c} \quad ; \quad \frac{\partial c}{\partial b} = \frac{1}{2\sqrt{\dots}} \cdot 2b = \frac{b}{c}$$

$$S_c = \sqrt{\left(\frac{a}{c} S_a\right)^2 + \left(\frac{b}{c} S_b\right)^2} \quad c = \sqrt{a^2+b^2} = \sqrt{30^2+40^2} \text{ cm} = 50 \text{ cm}$$

$$\underline{S_c} = \sqrt{\left(\frac{30}{50} \cdot 0,5\right)^2 + \left(\frac{40}{50} \cdot 0,7\right)^2} \text{ cm} = \underline{0,3842 \text{ cm}}$$

m2, a)  $\epsilon_y > 0$ :

$$\underline{\epsilon_y} = \frac{\sigma_y}{E} = \frac{M_y}{E W_b} = \frac{\frac{1}{24} q \cdot l^2}{E \frac{B l^2}{6}} = \frac{q \cdot l^2}{4 E B l^2} ; \quad \underline{\epsilon_z} = -\nu \cdot \epsilon_y = -\nu \frac{q \cdot l^2}{4 E B l^2}$$

$\epsilon_x < 0$ :

$$\underline{\epsilon_x} = -\frac{\frac{1}{12} q \cdot l^2}{E \frac{B l^2}{6}} = -\frac{q \cdot l^2}{2 E B l^2} ; \quad \underline{\epsilon_z} = -\nu \cdot \epsilon_x = +\nu \frac{q \cdot l^2}{2 E B l^2}$$

$$b) \frac{u_D}{u_B} = \frac{k}{4} (\epsilon_x + \epsilon_y - \epsilon_x - \epsilon_z) = \frac{k}{4} \left( \nu \frac{q l^2}{2 E B l^2} + \frac{q l^2}{4 E B l^2} - \left(-\frac{q l^2}{2 E B l^2}\right) - \left(-\nu \frac{q l^2}{4 E B l^2}\right) \right)$$

$$= \frac{k q l^2}{4 E B l^2} \left( \frac{\nu}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{2} + \frac{\nu}{4} \right) = \frac{k q l^2}{4 E B l^2} \left( \frac{3}{4} \nu + \frac{3}{4} \right)$$

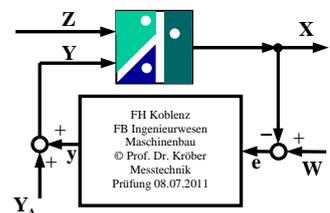
$$= \frac{3 \cdot k (1+\nu) q \cdot l^2}{16 E B l^2}$$

$$\underline{\frac{u_D}{u_B}} = \frac{3 \cdot 2 \cdot (1+0,3) \cdot 39 \cdot 3^2}{16 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,05 \cdot 0,01^2} = 1,6296 \cdot 10^{-4} = 0,16296 \frac{\text{mV}}{\text{V}} \approx \underline{0,163 \frac{\text{mV}}{\text{V}}}$$

$$m3, a) \underline{\frac{u_D}{u_B}} = \frac{R_2 \cdot R_4 - R_1 \cdot R_3}{(R_1+R_2)(R_3+R_4)} = \frac{121 \cdot 121 - 119,5 \cdot 119,5}{(119,5+121)(119,5+121)} = \underline{6,2370 \frac{\text{mV}}{\text{V}}}$$

$$b) \underline{\frac{u_D}{u_B}} = \frac{1}{4} \left( \frac{1}{120} + \frac{1}{120} - \frac{-0,1}{120} - \frac{-0,1}{120} \right) = \underline{6,2500 \frac{\text{mV}}{\text{V}}}$$

$$c) \underline{\frac{6,25 - 6,237}{6,237} \cdot 100 [\%]} = \underline{+0,208 \%}$$

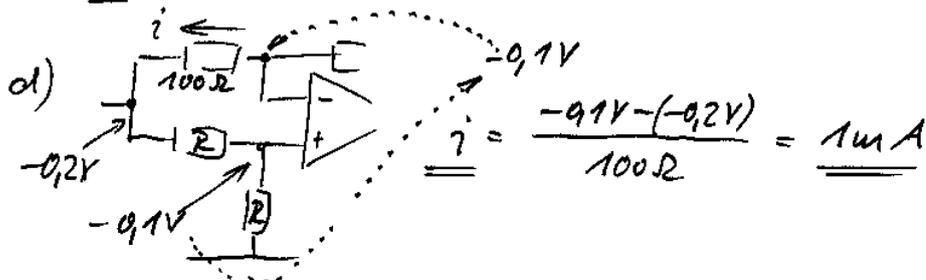


Prüfung Messtechnik vom 08.07.11 Bl. 2

zu 4.a)  $\underline{u_0} = u_1 \frac{R_1 + R_2}{R_1} = (-0,2V) \frac{1+7k}{1} = \underline{\underline{-15V}}$

b)  $\underline{u_2} = - \frac{R_F \cdot R}{2} \cdot u_1 = - \frac{3,85 \cdot 10^{-3} \cdot 100}{2} (-0,2V) = \underline{\underline{0,0385V}}$

c)  $\underline{u_3} = (1 + \frac{R_F}{R_3}) u_2 = (1 + \frac{24,97k}{1}) \cdot 0,0385V = \underline{\underline{0,999998V \approx 1,0V}}$

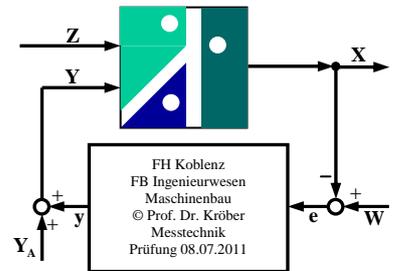


zu 5.a)  $|G| = \frac{\omega RC}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} = 0,7 \Rightarrow (\omega RC)^2 = |G|^2 (1 + (\omega RC)^2)$   
 $(\omega RC)^2 [1 - |G|^2] = |G|^2$

$\omega RC = \frac{|G|}{\sqrt{1 - |G|^2}} \Rightarrow R = \frac{1}{\omega C} \cdot \frac{|G|}{\sqrt{1 - |G|^2}} = \frac{1}{2\pi \cdot 10 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{0,7}{\sqrt{1 - 0,7^2}} \Omega$   
 $\underline{\underline{= 15,60 k\Omega}}$

b)  $|G| = \frac{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 15600 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{1 + (2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 15600 \cdot 10^{-6})^2}} = 0,9798$

$\underline{\underline{|G|_{dB} = 20 \cdot \lg 0,9798 \text{ dB} = -0,177 \text{ dB}}}$



zu 6)  $b - a = 2L = 12 \Rightarrow L = 6$

Funktion gerade  $\rightarrow b_1 = 0$

$a_1 = A_1 = \frac{1}{6} \int_{-2}^{+2} 3 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{6}x\right) dx = \frac{1}{6} \cdot 3 \cdot \frac{6}{\pi} \left[ \sin\left(\frac{\pi}{6}x\right) \right]_{-2}^{+2}$

$\underline{\underline{= \frac{3}{\pi} \left[ \sin\left(\frac{\pi}{6} \cdot 2\right) - \sin\left(\frac{\pi}{6} \cdot (-2)\right) \right] = \frac{3}{\pi} \sqrt{3} \approx 1,65k}}$