

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 : \_\_\_\_\_

Aufgabe | erreichte Punkte

Fragenteil

1

2

3

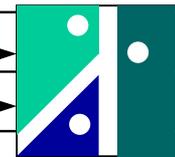
4

5

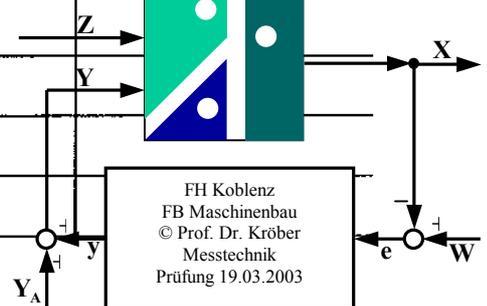
6

Summe

*XLösungen*



FH Koblenz  
 FB Maschinenbau  
 © Prof. Dr. Kröber  
 Messtechnik  
 Prüfung 19.03.2003

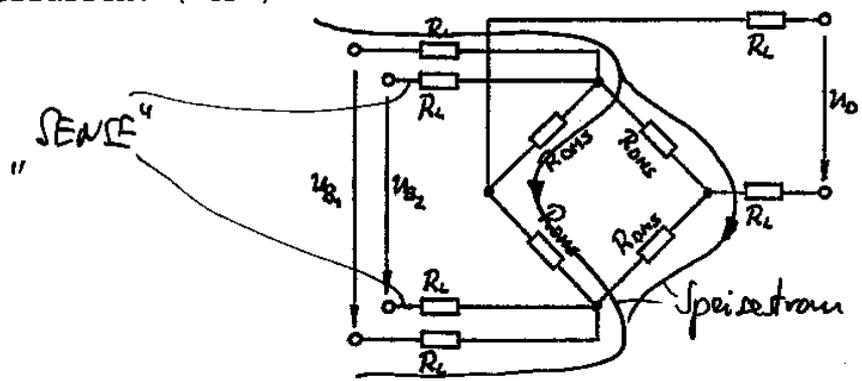


KURZFRAGEN :

1. Wie groß ist die übliche Brückenverstimmung bei der Kalibrierung einer DMS-Messbrücke? ( 1P )

*1 mV/V*

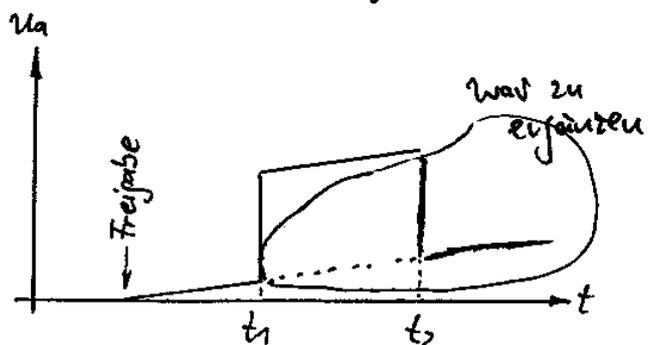
2. Ergänzen Sie bei der abgebildeten 6-Leiterschaltung die Leitungen, wo der Speisestrom durch die Messbrücke fließt und welche Leitungen als "Sense-Leitungen" die tatsächlich an der Brücke anliegende Speisespannung erfassen! ( 4P )



3. Ergänzen Sie die Tabelle mit den fehlenden SI-Basiseinheiten! Bem.: Abkürzungen reichen aus ( 5P )

Lichtstärke	Stoffmenge	Stromstärke	Länge	Zeit	Masse	Temp.
Candela	Mol	A	m	s	kg	K

4. Ein piezoelektrischer Kraftaufnehmer ist an einen Ladungsmessverstärker angeschlossen. Nach der Freigabe (Reset/Operate) wird der Kraftaufnehmer zum Zeitpunkt  $t_1$  mit einer Kraft  $F$  belastet. Zum Zeitpunkt  $t_2$  wird die Kraft wieder weggenommen. Ergänzen Sie den weiteren Verlauf der Anzeige! ( 3P )



5. Ein Differenzdruckaufnehmer soll die Druckdifferenz bei einem Druckfilter (z.B.  $\Delta p$  ca. 1 bar) als Maß für den Verschmutzungsgrad des Druckfilters (Druckniveau sei ca. 25 bar) messen. Worauf ist bei der Auswahl des Differenzdruckaufnehmers besonders zu achten? ( 2P )

auf Überlastfähigkeit (wenn z.B. eine Leitung bricht)  
hier: zul. stat. Druck  $\geq 25$  bar, Messbereich z.B. 2 bar

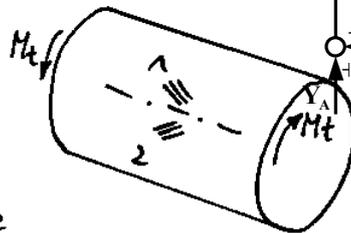
6. Ein Feinmessmanometer mit einem Messbereich von 250 bar besitzt eine Fehlerklasse von 0.1. Wie groß ist der absolute und relative Messfehler, wenn der Druck 25 bar beträgt? ( 3P )

absolut  $\pm 0,25$  bar relativ  $\pm 1\%$



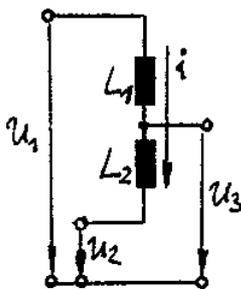
7. Skizzieren Sie, wie bei der Messung eines Drehmomentes die DMS auf der Welle appliziert werden müssen (Halbbrücke)! ( 2P )

$\pm 45^\circ$  zur Längsachse

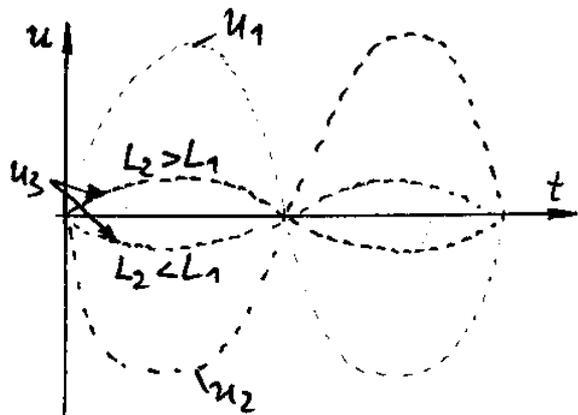


FH Koblenz  
 FB Maschinenbau  
 © Prof. Dr. Kröber  
 Messtechnik  
 Prüfung 19.03.2003

8. Beim Drosselprinzip werden zwei Induktivitäten mit den Spannungen  $u_1 = \hat{u} \sin(\omega t)$  und  $u_2 = -\hat{u} \sin(\omega t)$  gespeist. Ergänzen Sie in der Skizze den Spannungsverlauf von  $u_1$  und  $u_2$ , sowie  $u_3$  für den Fall  $L_2 > L_1$  und für den Fall  $L_2 < L_1$ ! ( 4P )



$$\frac{u_3}{\hat{u}} = \frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \sin \omega t$$



9. Bei der Drehzahlmessung mit einem Stroboskop dreht sich die Welle mit 48 Hz. Welches Bild sieht man, falls die Blitzfrequenz 47 Hz beträgt? ( 2P )

Welle „dreht mit 1 Hz“ in Drehrichtung

- Welches Bild sieht man, falls die Blitzfrequenz 96 Hz beträgt? ( 2P )

stehendes Bild, eine Markierung ist 2x zu sehen (180° versetzt)

10. Sie möchten die Drehzahlschwankungen einer Welle analog mit einem Rechner erfassen. Welches Drehzahlmesssystem ist geeignet? ( 3P )

Gleichspannungstachogenerator

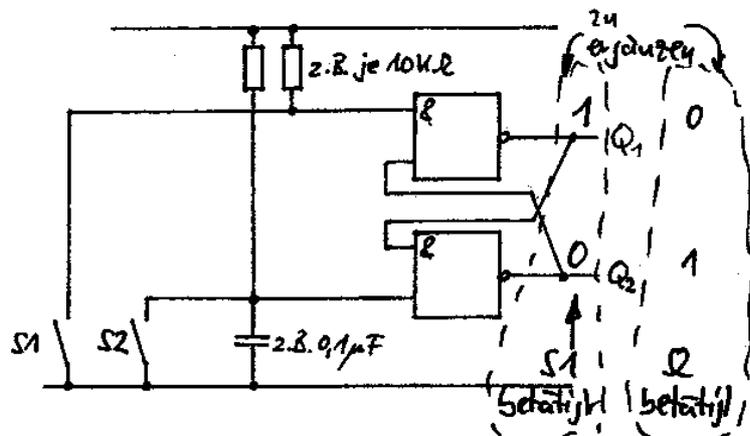
11. Welche Messinformation (Ausgangssignal) liefert ein induktiver Näherungsschalter? ( 2P )

Metall vorhanden/nicht vorhanden  $\rightarrow$  digital

12. Wie lauten die Zustände an den Ausgängen der beiden NAND-Glieder, falls S1 oder alternativ S2 betätigt wird? ( 4P )

erj. NAND:

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



13. Wie können induktive Beschleunigungsaufnehmer kalibriert werden? ( 2P )

Kippen um  $180^\circ \rightarrow$  Änderung  $= 2g$

14. Ein Messsignal wird mit 1000 Hz abgetastet. Welche Frequenzanteile dürfen dann im Messsignal keinesfalls vorhanden sein? ( 2P )

$f > 500 \text{ Hz}$

Wie lautet die Bezeichnung des Filters, der die unerwünschten Frequenzanteile unterdrückt? ( 2P )

Anti Aliasing Filter (Tiefpass)

15. Welche Signalform hat das Eingangssignal und das Ausgangssignal eines Komparators? ( 2P )

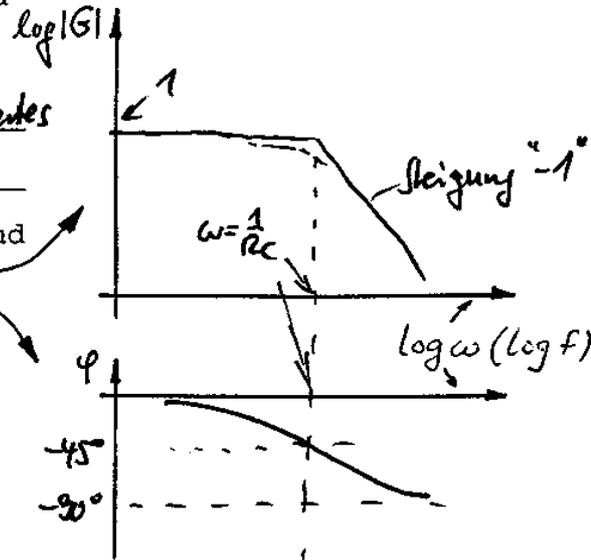
Eingang: analog Ausgang: digital (Low oder High)

16. Zur Kaufentscheidung steht wahlweise ein Messerfassungssystem mit 8 bit, 12 bit oder 16 bit zur Verfügung. Wie groß ist die jeweilige Auflösung in mV, falls der Signalbereich stets -10V bis +10 V beträgt? ( 3P )

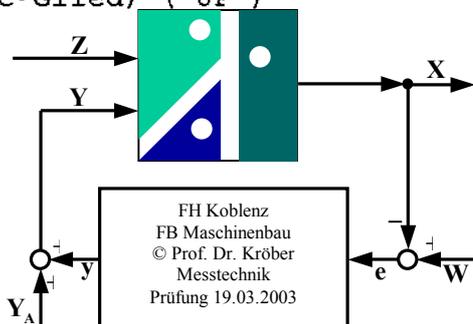
8:  $20V/2^8 = 78,1 \text{ mV}$     12:  $20V/2^{12} = 4,88 \text{ mV}$     16:  $20V/2^{16} = 0,305 \text{ mV}$

17. Welche Aufgabe hat der Sample/Hold Verstärker in einem Messwertfassungssystem? ( 2P )

Konstanthaltung des analogen Messwertes während A/D Wandlung



18. Skizzieren Sie den Frequenzgang und den Phasenwinkel eines Tiefpassfilters 1. Ordnung! (RC-Glied) ( 6P )



19. Wie groß ist der übliche Eingangswiderstand eines Amperemeters?  
( 1P )

Ohmbereich z.B.: 0,1 Ω ; 2 Ω

20. Worin liegt der Unterschied bei der Signaldarstellung auf einem Oszilloskop beim Wechsel der Schalterstellung AC/DC? ( 3P )

DC: Darstellung in Originalform (so wie es ist)

AC: ohne Konstantanteil (Hochpassfilter aktiviert)

21. Ein Pt100 hat bei 100°C einen Widerstand von 138,5 Ω. Wie groß ist der Widerstand bei 20°C ? ( 3P )

$0,8 \cdot 100 \Omega + 0,2 \cdot 138,5 \Omega = 107,7 \Omega$

22. Welches Thermopaar würden Sie für den Einsatz bei ca. 700°C vorschlagen? ( 2P )

K-Typ (Ni-Cr-Ni)

23. Durch welche beiden Effekte/Ansätze kann man den Messfehler abschätzen/beschreiben, der bei der Messung der Umgebungstemperatur bei Sonneneinstrahlung entsteht? ( 3P )

Strahlungsleistung = durch Konvektion abzugeben, treibende Temp.-differenz für Konvektion ist der Messfehler

24. Wozu werden Temperaturfarbstifte eingesetzt? Wie ist das Messergebnis abzulesen? ( 2P )

zum Überstreichen von Max.-werten zu prüfen (→ invariabler Farbumschlag)

RECHENTEIL

Aufgabe 1 (10 P)

Zur Beschreibung des elektrischen Widerstandes können folgende Ansätze verwendet werden:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad ; \quad \frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta l}{l} - \frac{\Delta A}{A}$$

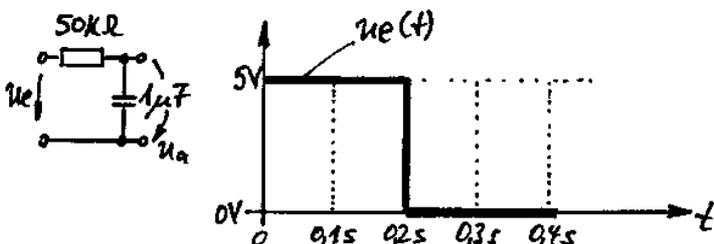
Zeigen Sie, wie man von diesen Ansätzen auf die Formulierung (Aufspaltung) des geometrischen Anteils sowie des Gefügeanteils kommt!

Ziel: 
$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta l}{l} \cdot \left[ (1+2\nu) + \frac{\rho}{\frac{\Delta l}{l}} \right]$$

Hilfestellungen: 
$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad ; \quad \frac{\Delta D}{D} = -\nu \cdot \frac{\Delta l}{l}$$

Aufgabe 2 ( 8 P )

Auf den abgebildeten passiven Tiefpass wirkt die skizzierte Eingangsspannung. Wie groß ist die Ausgangsspannung zur Zeit  $t=0,4s$ ?  
 Bem.: Zum Zeitpunkt  $t=0$  beträgt die Ausgangsspannung  $u_a = 5V$ .



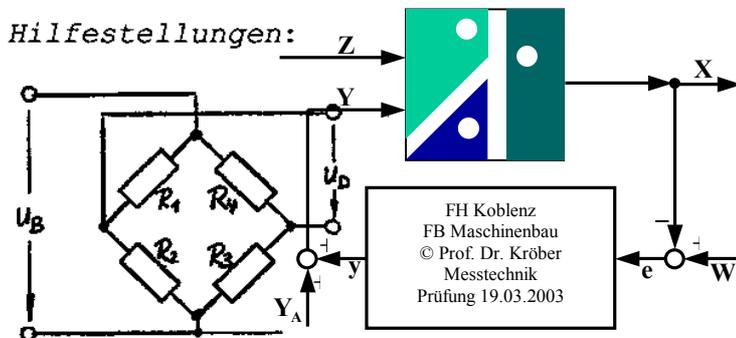
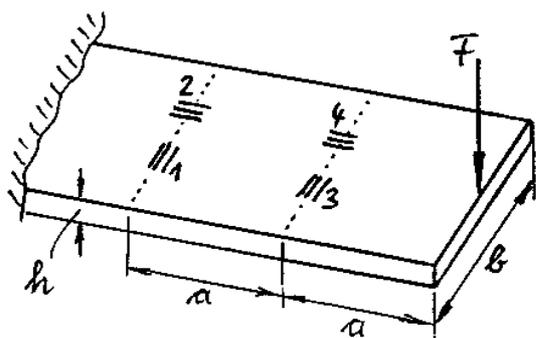
$$\frac{\text{momentane Differenz}}{\text{Anfangsdifferenz}} = e^{-\frac{t}{T}}$$

$$T = R \cdot C$$

Aufgabe 3 (12 P)

Auf dem abgebildeten Biegebalken sind 4 DMS appliziert. Bestimmen Sie eine Gleichung zwischen der Brückenverstimmung und der Kraft  $F$ !

Ziel:  $\frac{u_D}{u_B} = \dots \cdot F$

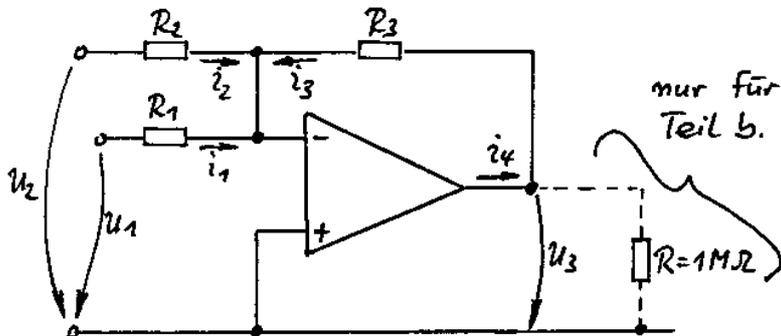


$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \left( \frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_3}{R} \right)$$

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \epsilon ; \quad \epsilon_{\text{quer}} = -\nu \epsilon_{\text{längs}} ; \quad W_b = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

Aufgabe 4 (14 P)

Die Schaltung zeigt einen Summationsverstärker.



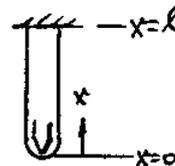
geg:  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$   
 $R_2 = 20 \text{ k}\Omega$   
 $R_3 = 30 \text{ k}\Omega$   
 $u_1 = 1 \text{ V}$   
 $u_3 = 3 \text{ V}$

- Bestimmen Sie die Spannung  $u_2$  und die Ströme  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $i_3$  und  $i_4$ !
- In diesem Fall wird an die Schaltung ein Oszilloskop angeschlossen (ist gestrichelt angedeutet). Der Eingangswiderstand des Oszilloskops sei  $1 \text{ M}\Omega$ . Wie groß ist in diesem Fall die Spannung  $u_2$  und wie groß sind die Ströme  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $i_3$  und  $i_4$ ?

Aufgabe 5 (13 P)

Ein Temperaturfühler hat eine Länge von 100mm (Rohrform:  $d_a=5\text{mm}$ ;  $d_i=3\text{mm}$ ). Er ragt in ein Medium, dessen tatsächliche Temperatur bestimmt werden soll. Der Temperaturfühler (Messelement ist ganz vorne) zeigt eine Temperatur von  $80^\circ\text{C}$  an, die Wandtemperatur sei  $60^\circ\text{C}$ .  
 Weitere Daten:  $\lambda=50\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$ ;  $\alpha=50\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{k})$

$$\frac{\vartheta(x) - \vartheta_\infty}{\vartheta_w - \vartheta_\infty} = \frac{\cosh(mx)}{\cosh(mL)} \quad ; \quad m^2 = \frac{\alpha \cdot U}{\lambda \cdot A} \quad ; \quad \cosh(x) = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$$

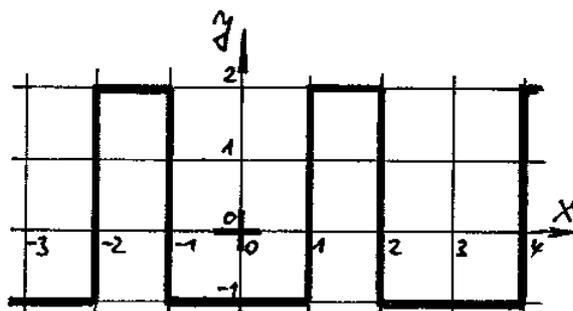


Aufgabe 6 (13 P)

Von dem abgebildeten Messsignal ist der Koeffizient  $a_1$  zu bestimmen.

Hinweis:

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



Hilfestellung:

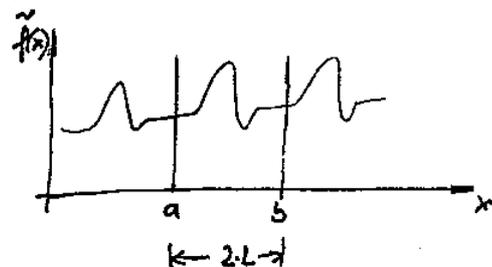
Sei  $\tilde{f}(x)$  eine periodische Funktion der Periode  $2L$ , dann läßt sich  $\tilde{f}(x)$  durch eine Reihenentwicklung approximieren:

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

wobei

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

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



Lösung zu 6)

$$a = -1; \quad b = +2; \quad L = 3/2$$

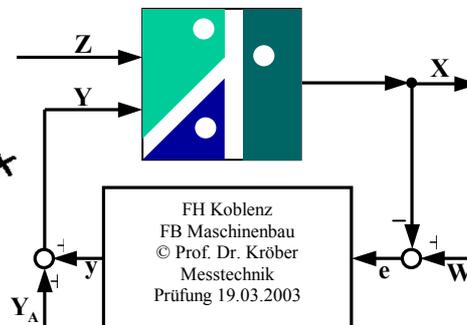
$$a_1 = \frac{1}{3/2} \int_{-1}^{+1} (-1) \cos\left(1 \frac{\pi}{3/2} x\right) dx + \frac{1}{3/2} \int_1^2 (2) \cos\left(1 \frac{\pi}{3/2} x\right) dx$$

$$= -\frac{2}{3} \int_{-1}^{+1} \cos\left(\frac{2\pi}{3} x\right) dx + \frac{4}{3} \int_1^2 \cos\left(\frac{2\pi}{3} x\right) dx$$

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

$$= -\frac{1}{\pi} \left[ \sin\left(\frac{2\pi}{3}\right) - \sin\left(-\frac{2\pi}{3}\right) \right] + \frac{2}{\pi} \left[ \sin\left(\frac{4\pi}{3}\right) - \sin\left(\frac{2\pi}{3}\right) \right]$$

$$\underline{\underline{a_1 = -\frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{2}\sqrt{3} + \frac{1}{2}\sqrt{3} \right] + \frac{2}{\pi} \left[ -\frac{1}{2}\sqrt{3} - \frac{1}{2}\sqrt{3} \right] = \dots = -\frac{3\sqrt{3}}{\pi} \approx -1,654}}$$



Lösungen Prüfung Messtechnik 19.03.03 / Blatt 1

zu 1)  $A = \frac{\pi}{4} D^2$

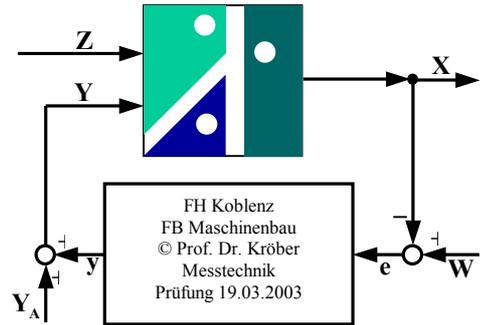
$$\frac{dA}{dD} = \frac{\pi}{4} 2D$$

$$dA = \frac{\pi}{2} D \cdot dD \quad | \quad \frac{1}{A}$$

$$\frac{dA}{A} = \frac{\pi \cdot D}{2 \cdot \frac{\pi D^2}{4}} \cdot dD = 2 \frac{dD}{D} \quad ; \quad \frac{\Delta A}{A} = 2 \frac{\Delta D}{D}$$

eingesetzt:

$$\underline{\underline{\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta S}{S} + \frac{\Delta l}{l} - (2(-\nu \frac{\Delta l}{l})) = \frac{\Delta l}{l} [(1+2\nu) + \frac{\Delta S/S}{\Delta l/l]}}$$



zu 2)  $T = R \cdot C = 50 \cdot 10^3 \Omega \cdot 10^{-6} F = 0,05 s$

$$\frac{\text{momentan}}{\text{Anfang}} = \frac{x}{5V} = e^{-\frac{0,25}{0,05s}} \Rightarrow x = u_a \Big|_{t=0,4s} = \underline{\underline{0,092 V}}$$

zu 3)  $\epsilon_4 = \frac{\sigma_4}{\epsilon} = \frac{F \cdot a}{E \cdot W_b} ; \epsilon_2 = \frac{2 \cdot F \cdot a}{E \cdot W_b}$

$$\epsilon_3 = -\nu \epsilon_4 = -\nu \frac{F \cdot a}{E \cdot W_b} ; \epsilon_1 = -\nu \epsilon_2 = -\nu \frac{2 F a}{E W_b}$$

$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \cdot K (\epsilon_2 + \epsilon_4 - \epsilon_1 - \epsilon_3)$$

$$= \frac{K}{4} \left[ \frac{2 F a}{E W_b} + \frac{F a}{E W_b} - (-\nu \frac{2 F a}{E W_b}) - (-\nu \frac{F a}{E W_b}) \right]$$

$$= \frac{K \cdot F \cdot a}{4 E W_b} [2 + 1 + 2\nu + \nu] = \frac{3 K \cdot a}{4 E W_b} (1 + \nu) F ; W_b = \frac{B \cdot l^2}{6}$$

$$\underline{\underline{\frac{u_D}{u_B} = \frac{9 \cdot K \cdot a}{2 \cdot E \cdot B \cdot l^2} (1 + \nu) F}}$$

# Lösungen Prüfung Messtechnik 19.03.03 / Blatt 2

zu 4, a)  $i_1 + i_2 + i_3 = 0$

$$\frac{u_1}{R_1} + \frac{u_2}{R_2} + \frac{u_3}{R_3} = 0$$

$$u_2 = R_2 \left( -\frac{u_1}{R_1} - \frac{u_3}{R_3} \right)$$

$$= 20 \left( -\frac{1}{10} - \frac{3}{30} \right) V = \underline{\underline{-4V}}$$

$$\underline{i_1} = \frac{u_1}{R_1} = \frac{1V}{10k\Omega} = \underline{\underline{0,1mA}}$$

$$\underline{i_2} = \frac{u_2}{R_2} = \frac{-4V}{20k\Omega} = \underline{\underline{-0,2mA}}$$

$$\underline{i_3} = \frac{u_3}{R_3} = \frac{3V}{30k\Omega} = \underline{\underline{0,1mA}} \quad (\text{Bem.: } \sum i_i = 0)$$

$$\underline{i_4} = i_3 = \underline{\underline{0,1mA}}$$

b)  $u_2, i_1, i_2, i_3$  wie bei a)

$$\underline{i_4} = i_3 + \frac{u_3}{1M\Omega} = 0,1mA + \frac{3V}{10^6\Omega} = \underline{\underline{0,103mA}}$$

zu 5)  $m^2 = \frac{\alpha \cdot U}{\lambda \cdot A} = \frac{50 \cdot \pi \cdot 0,005}{50 \cdot \frac{\pi}{4} (0,005^2 - 0,003^2)} m^{-2} = 1250 m^{-2}; m = 35,36 m^{-1}$

$$\cosh(ml) = \cosh(35,36 \cdot 0,1) = 17,17 \quad ; \quad \cosh(0) = 1$$

$$\frac{\sinh(x=0) - \sinh(\dots)}{\sinh(\dots) - \sinh(\dots)} = \frac{1 \leftarrow \cosh(0)}{\cosh(ml)}$$

$$\cosh(ml) \cdot \sinh(x=0) - \cosh(ml) \cdot \sinh(\dots) = \sinh(\dots) - \sinh(\dots)$$

$$\cosh(ml) \cdot \sinh(x=0) - \sinh(\dots) = \sinh(\dots) (\cosh(ml) - 1)$$

$$\sinh(\dots) = \frac{\cosh(ml) \cdot \sinh(x=0) - \sinh(\dots)}{\cosh(ml) - 1}$$

$$= \frac{17,17 \cdot 80^\circ C - 60^\circ C}{17,17 - 1} = \underline{\underline{81,24^\circ C}}$$

