

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

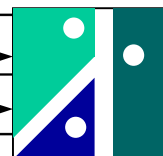
4

5

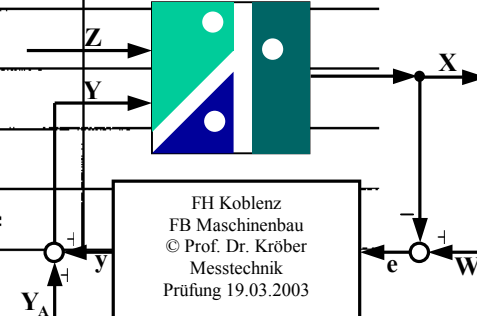
6

Summe

XLösungen



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

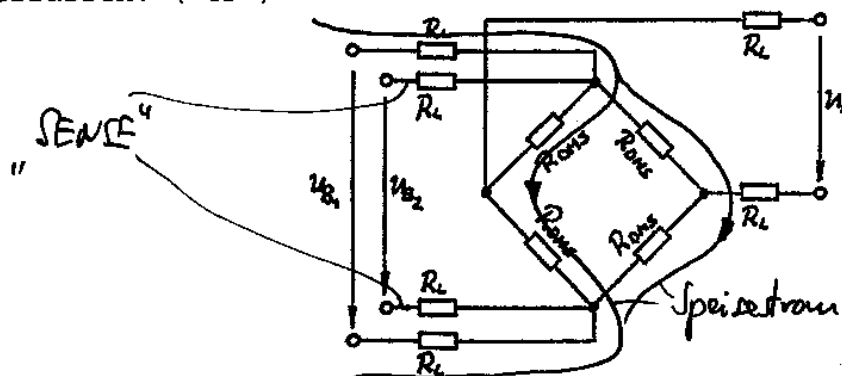


KURZFRAGEN :

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

1 mV/V

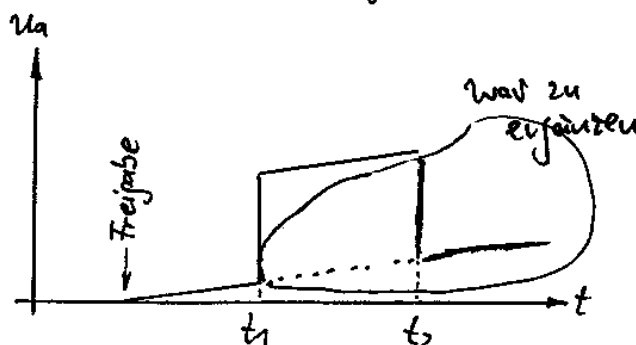
2. Ergänzen Sie bei der abgebildeten 6-Leiterschaltung die Leitungen, wo der Speisestrom durch die Messbrücke fließt und welche Leitungen als "Sense-Leitungen" die tatsächlich an der Brücke anliegende Speisespannung erfassen! (4P)



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)

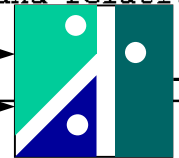


5. Ein Differenzdruckaufnehmer soll die Druckdifferenz bei einem Druckfilter (z.B. Δp ca. 1 bar) als Maß für den Verschmutzungsgrad des Druckfilters (Druckniveau sei ca. 25 bar) messen. Worauf ist bei der Auswahl des Differenzdruckaufnehmers besonders zu achten? (2P)

auf Überlastfähigkeit (wenn z.B. eine Leitung bricht)
hier: zul. stat. Druck ≥ 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 $\pm 1\%$



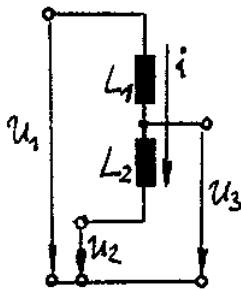
FH Koblenz
 FB Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Messtechnik
 Prüfung 19.03.2003

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

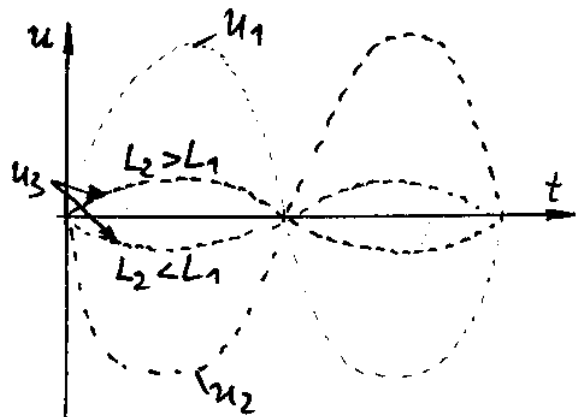
$\pm 45^\circ$ zur Längsachse



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

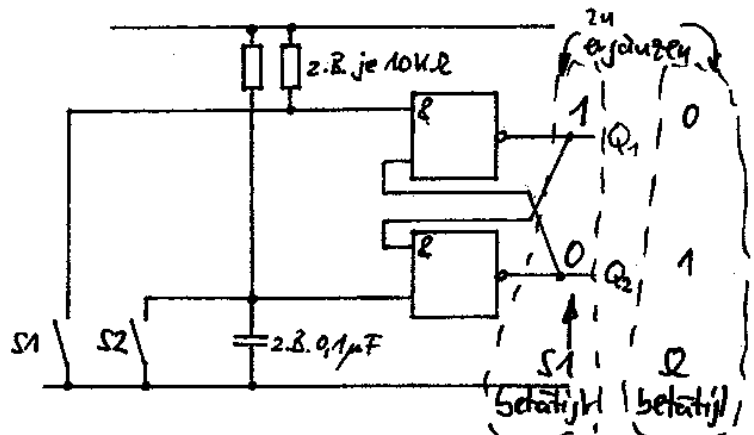
11. Welche Messinformation (Ausgangssignal) liefert ein induktiver Näherungsschalter? (2P)

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nzt

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)

$f > 500$ 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)

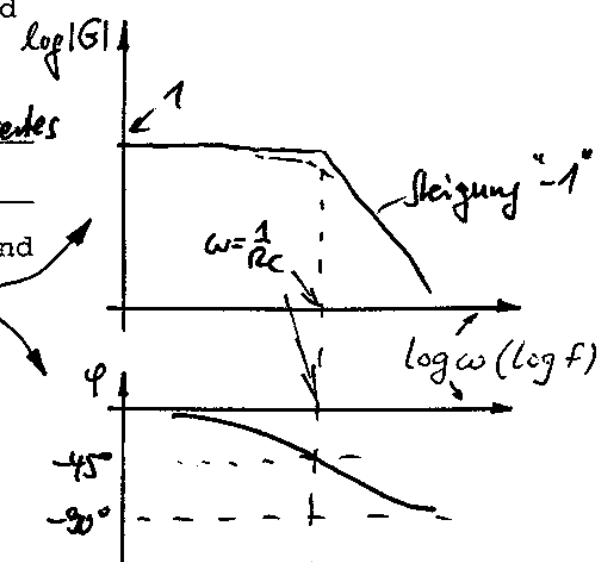
Eingang: analog Ausgang: digital (Low oder High)

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)

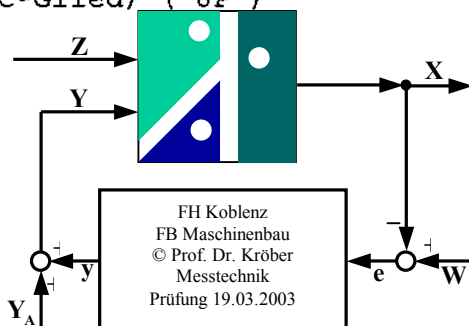
8: $20V/2^8 = 78,1mV$ 12: $20V/2^{12} = 4,88mV$ 16: $20V/2^{16} = 0,305mV$

17. Welche Aufgabe hat der Sample/Hold Verstärker in einem Messwerterfassungssystem? (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:

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

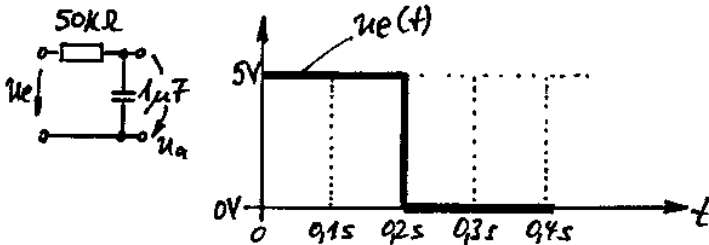
Zeigen Sie, wie man von diesen Ansätzen auf die Formulierung (Aufspaltung) des geometrischen Anteils sowie des Gefügeanteils kommt!

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 $u_a = 5V$.



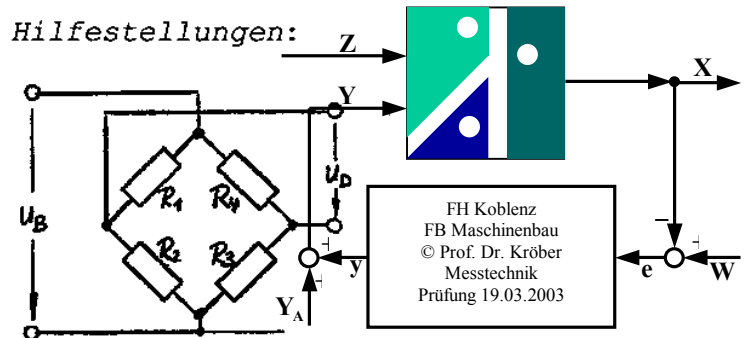
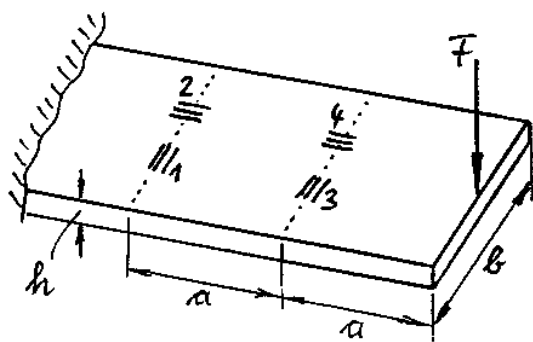
$$\frac{\text{momentane Differenz}}{\text{Anfangsdifferenz}} = e^{-\frac{t}{T}}$$

$$T = R \cdot C$$

Aufgabe 3 (12 P)

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

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

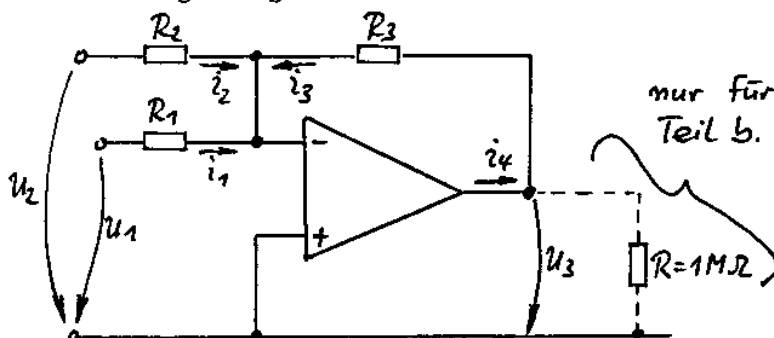


$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_3}{R} \right)$$

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

Aufgabe 4 (14 P)

Die Schaltung zeigt einen Summationsverstärker.



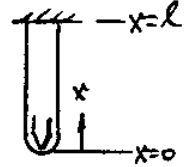
geg: $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$
 $R_2 = 20 \text{ k}\Omega$
 $R_3 = 30 \text{ k}\Omega$
 $u_1 = 1 \text{ V}$
 $u_3 = 3 \text{ V}$

- 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°C an, die Wandtemperatur sei 60°C .
 Weitere Daten: $\lambda=50\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$; $\alpha=50\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{k})$

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

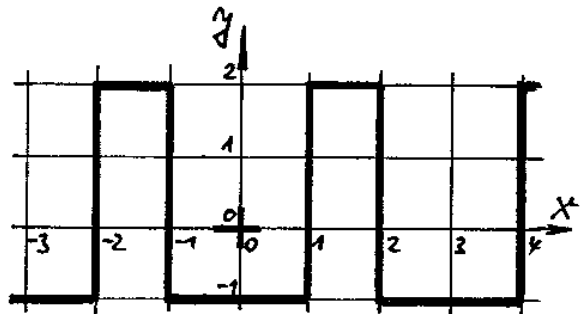


Aufgabe 6 (13 P)

Von dem abgebildeten Messsignal ist der Koeffizient a_1 zu bestimmen.

Hinweis:

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



Hilfestellung:

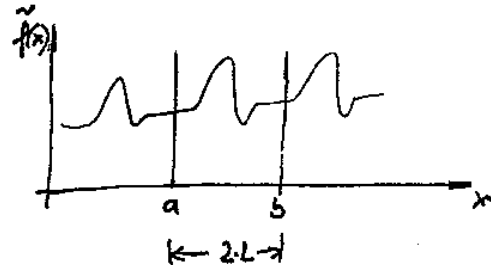
Sei $\tilde{f}(x)$ eine periodische Funktion der Periode $2L$, dann läßt sich $\tilde{f}(x)$ durch eine Reihenentwicklung approximieren:

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

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)

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

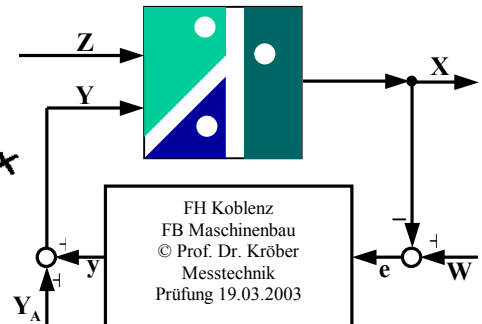
$$a_1 = \frac{1}{3/2} \int_{-1}^{+1} (-1) \cos\left(1 \frac{\pi}{3/2} x\right) dx + \frac{1}{3/2} \int_1^2 (2) \cos\left(1 \frac{\pi}{3/2} x\right) dx$$

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

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

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

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



Lösungen Prüfung Messtechnik 19.03.03 / Blatt 1

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

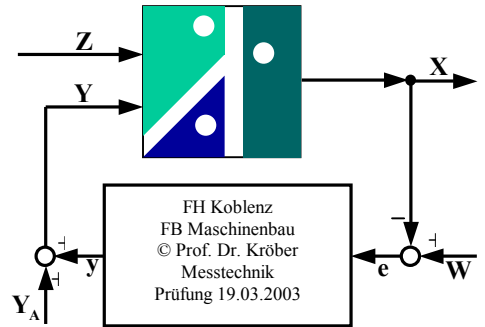
$$\frac{dA}{dD} = \frac{\pi}{4} 2D$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Lösungen Prüfung Messtechnik 19.03.03 / Blatt 2

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

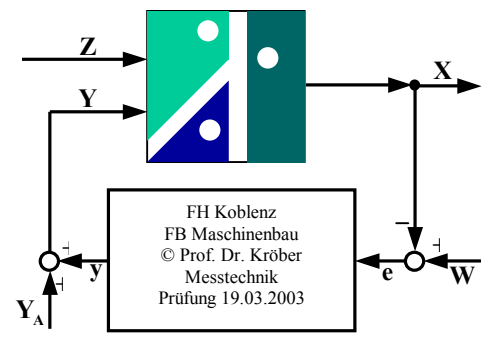
$$\frac{\sinh(x=0) - \cosh} {\sinh - \cosh} = \frac{1 \leftarrow \cosh(0)}{\cosh(ml)}$$

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

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

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

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



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