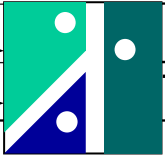


Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

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

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	+ Lösungspunkte
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

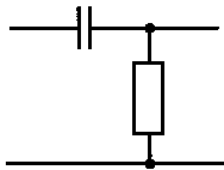


FH Koblenz  
 FB Ingenieurwesen  
 Maschinenbau  
 © Prof. Dr. Kröber  
 Messtechnik  
 Prüfung 03.07.2012

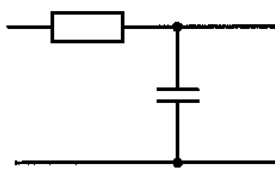
Note : \_\_\_\_\_

**KURZFRAGEN :**

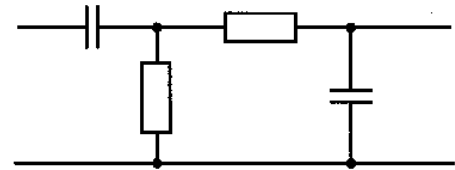
1. Welche Übertragungsverhalten besitzen die drei abgebildeten Schaltungen? ( 6P )



Highpass



Tiefpass



Bandpass

2. Nennen Sie zu jeder der in Fragestellung 1 abgebildeten Schaltungen zwei Beispiele für die Anwendung! ( 6P )

Voltmeter auf AC-Stellung

Störsignale ausfiltern

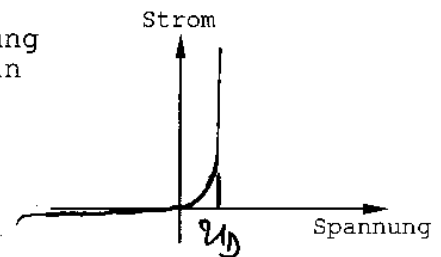
Akustik

IR-Bewegungsmelder

Anti Aliasing Filter

Trägerfrequenzverstärker

3. Ergänzen Sie in der nebenstehenden Abbildung die Kennlinie einer Diode. Wo findet man in der Abbildung die Durchlassspannung (Eintragen!)? ( 4P )



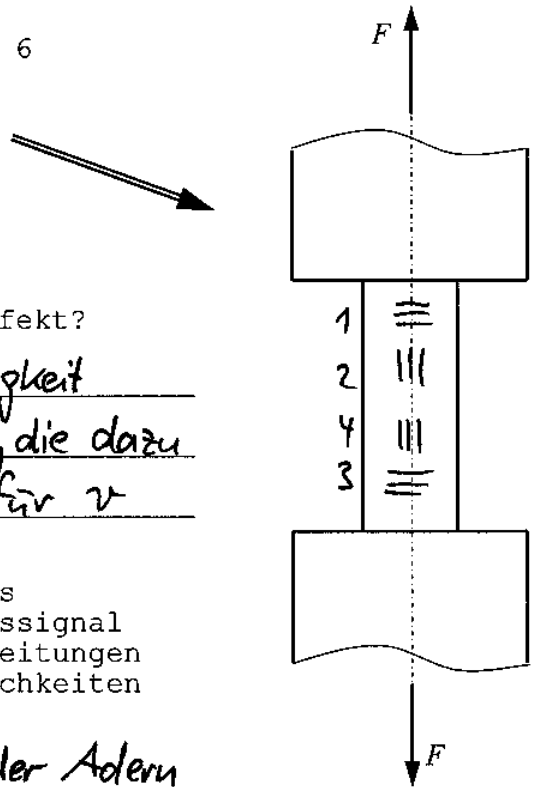
4. In welchen Zeitabständen wird bei einer Digitalanzeige eines Messgerätes der Anzeigewert aktualisiert (ca.)? ( 2P )

ca. 0,2s

5. Wie sind Aufnehmer zur Messung von Erdbebenschwingungen hinsichtlich ihrer Eigenfrequenz abgestimmt? Wo liegt der nutzbare Frequenzbereich? ( 2P )

große Masse, weiche Feder Betrieb überkritisch (f > 0,2...0,5 Hz)

6. Ordnen Sie 4 DMS auf dem Zugstab so an, dass ein maximales positives Ausgangssignal entsteht (Ziffern eintragen!!) ( 3P )



7. Wozu wird ein Hitzdrahtanemometer eingesetzt? Worauf beruht der Messeffekt? ( 2P )

Messung Strömungsgeschwindigkeit  
Hitzdraht auf konstante Temp. halten, die dazu erforderliche Heizleistung ist Maß für v

8. Bei der Übertragung eines Messsignals (Signalbereich  $\pm 10$  V) treten im Messsignal durch direkt benachbarte Starkstromleitungen Störungen auf. Nennen Sie zwei Möglichkeiten zur Abhilfe! ( 3P )

Abschirmung, Verdrillung der Adern  
größerer räumlicher Abstand

9. Weshalb entsteht bei der Differenzdruckmessung mit 2 Absolutdruckmessgeräten ein großer relativer Fehler auf? ( 2P )

Zwei nahezu gleich große Messgrößen werden subtrahiert, Differenz klein, steht im Nenner, rel. Fehler groß

10. Weshalb ist die korrelative Durchflussmessung bei homogenen Stoffströmungen nicht anwendbar? ( 2P )

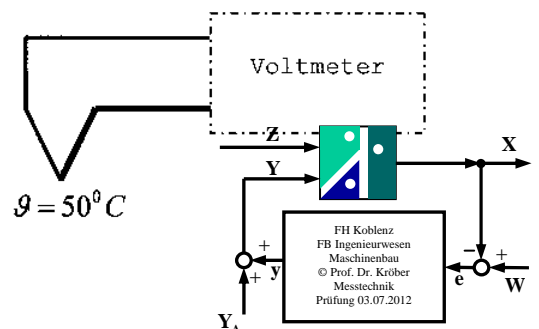
gemessen wird wie sich Inhomogenitäten weiter bewegen

11. Wie groß ist der Strom, mit dem ein Operationsverstärker üblicherweise belastet werden darf? ( 2P )

$|i| \leq 5 \mu A$

12. Bei der abgebildeten Temperaturmessung mit einem Thermoelement sei die Umgebungstemperatur  $20^\circ C$ . Die Thermoempfindlichkeit sei  $40 \mu V/K$ . Welche Spannung zeigt das Voltmeter an? ( 4P )

$40 \cdot 10^{-6} \cdot (50 - 20) V = 1,2 mV$

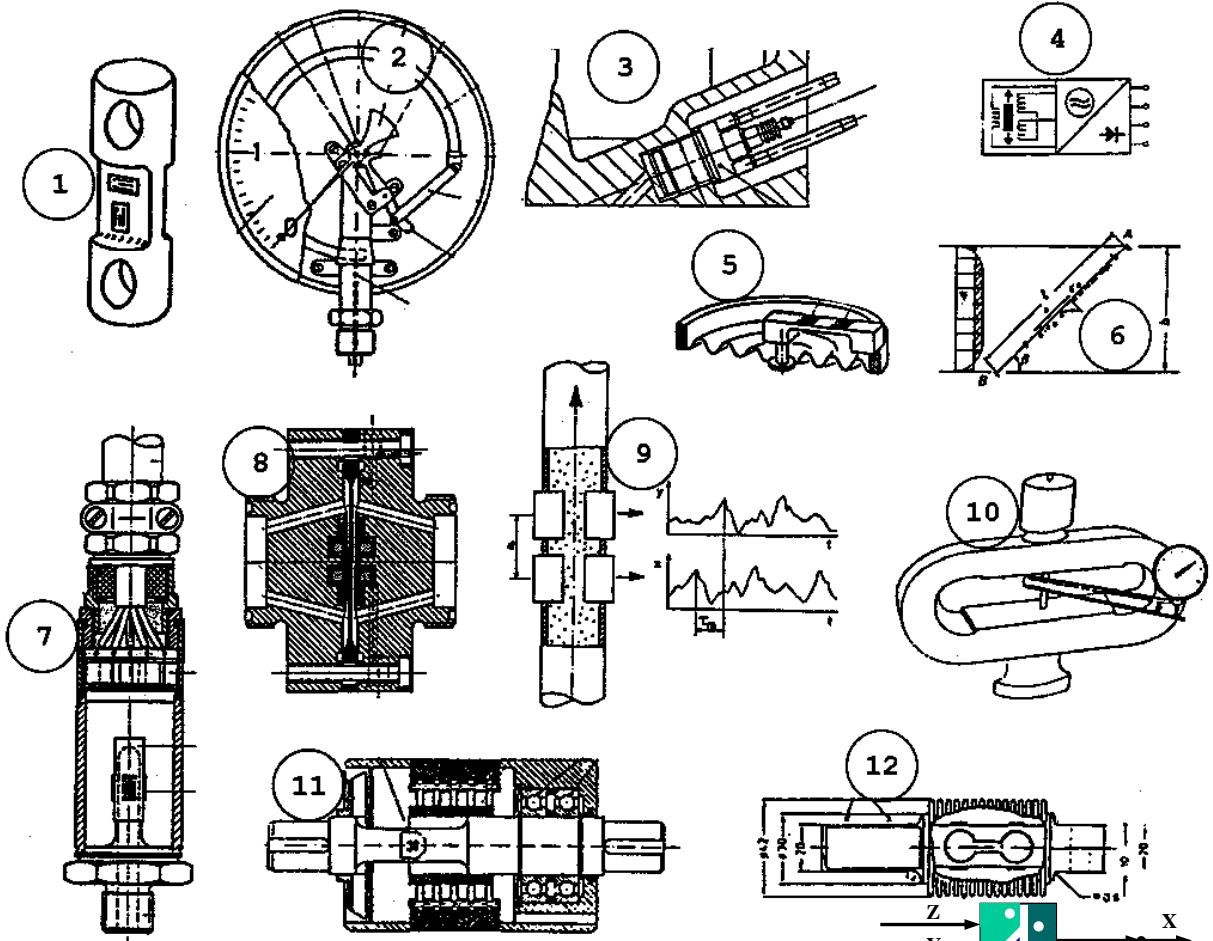


13. Wie viele verschiedene Messwerte (Möglichkeiten) gibt es als Ausgangssignal bei einem 12 bit A/D-Wandler? ( 2P )

$2^{12} = 4096$

14. Geben Sie stichpunktartig an, um welche Aufnehmer es sich handelt (Antwortbeispiel: Füllstandsmessung, Ultraschall)! ( 12P )

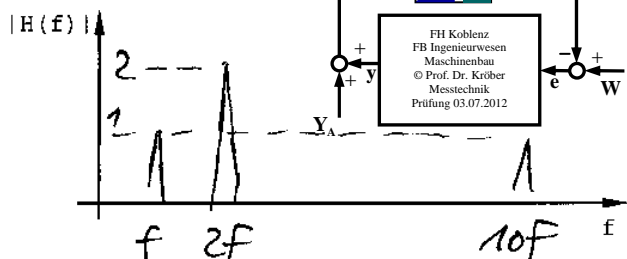
- |  |  |
|--|--|
| 1: <u>große Kräfte, DMS</u>              | 7: <u>DMS Druckaufnehmer, Hochdruck</u>      |
| 2: <u>Bourdon Manometer, Druck</u>       | 8: <u>induk. Differenzdruckaufnehmer</u>     |
| 3: <u>piezoelekt. Druckmessung</u>       | 9: <u>Strömungsgerdw., Korrelationsverf.</u> |
| 4: <u>LVDT, indukt. Wegmessung</u>       | 10: <u>Kraftmessbügel, Kraftmessung</u>      |
| 5: <u>Druckmembran, Biegebalken, DMS</u> | 11: <u>Drehmoment, DMS + Schleifringe</u>    |
| 6: <u>Ultraschalldurchflussmessung</u>   | 12: <u>Wägezelle, Kraftmessung, DMS</u>      |



15. Skizzieren Sie das Spektrum von folgendem Messsignal:

$$u(t) = 1 \cdot \sin(\omega t) - 2 \cdot \sin(2\omega t) + 1 \cdot \sin(10\omega t)$$

( 3P )



16. Mit welcher Spannung wird eine DMS-Messbrücke üblicherweise eingespeist? ( 2P )

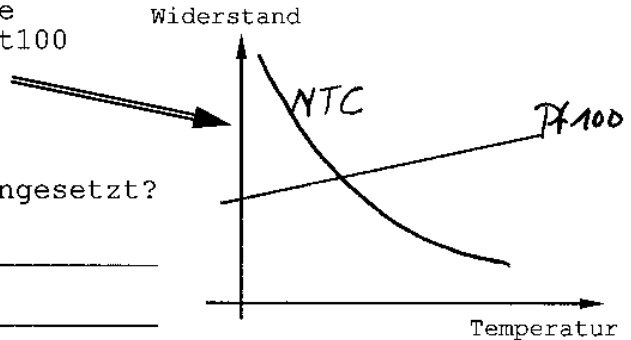
5V (10V)

17. Wie wird bei einem inkrementellen Wegmesssystem die Richtungserkennung realisiert? ( 2P )

zwei Sensoren A+B um 90° versetzt

eine Richtung → A zuerst ; andere Richtung → B zuerst

18. Tragen Sie in die Abbildung die Temperaturabhängigkeit eines Pt100 und eines NTC's ein (prinzipieller Verlauf)! ( 4P )

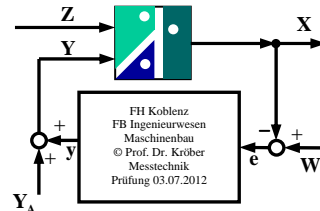


19. Wozu wird ein Ovalradzähler eingesetzt? ( 2P )

Durchflussmessung von Flüssigkeiten

RECHENTEIL

Aufgabe 1 ( 14P )



Das Volumen eines Zylinders ist durch den Durchmesser und die Länge eindeutig festgelegt.

Formel zur Berechnung des Volumens:  $V = d^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot l$

In dem hier vorliegenden Fall sind das Volumen und der Durchmesser des Zylinders gegeben. Daraus lässt sich die Länge des Zylinders bestimmen.

a. Der relative Fehler des Volumens wird mit einem Fehler von 1 % (±) angegeben, der relative Fehler des Durchmessers beträgt 0,5 % (±). Bestimmen Sie den relativen Fehler der Länge l!

Geg.:  $\frac{\Delta V}{V} = 1\%$  ;  $\frac{\Delta d}{d} = 0,5\%$       Ges.:  $\frac{\Delta l}{l}$

b. Die relative Standardabweichung des Volumens wird mit 1 % angegeben, die relative Standardabweichung des Durchmessers beträgt 0,5 %.

Geg:  $\frac{S_V}{V} = 1\%$  ;  $\frac{S_d}{d} = 0,5\%$       Ges.:  $\frac{S_l}{l}$

Hilfestellungen:

$$\Delta y = \left| \frac{\partial f}{\partial x_1} \cdot \Delta x_1 \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial x_2} \cdot \Delta x_2 \right| + \dots + \left| \frac{\partial f}{\partial x_n} \cdot \Delta x_n \right| \quad S_x = \sqrt{\left( \frac{\partial f}{\partial x_1} \cdot S_{x_1} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial x_2} \cdot S_{x_2} \right)^2 + \dots + \left( \frac{\partial f}{\partial x_n} \cdot S_{x_n} \right)^2}$$

Aufgabe 2 ( 12P )

Im Messtechnik-Labor wird ein Wasserbehälter auf 70°C aufgeheizt. Dies sei die Ausgangstemperatur zum Zeitpunkt t=0 und der Ausgangspunkt für die weiteren Betrachtungen. Die Umgebungstemperatur beträgt stets 20°C. Infolge der vorhandenen Wärmeverluste sinkt die Temperatur des Wasserbehälters bereits nach 30 Sekunden auf einen Wert von 69°C.

- a. Bestimmen Sie die Halbwertszeit!
- b. Zu welchem Zeitpunkt ist die Temperatur auf 30°C abgesunken?

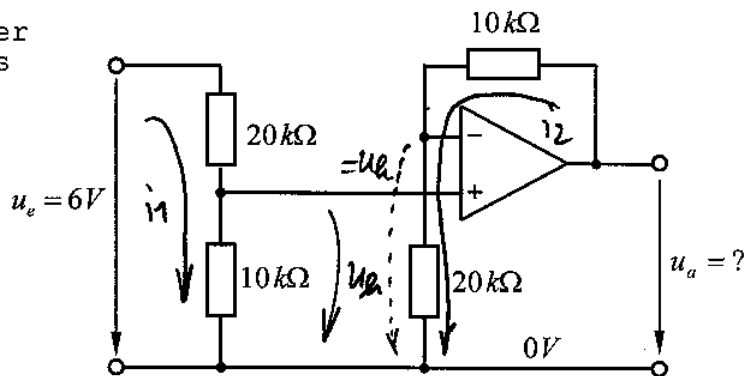
Hilfestellung:

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

Aufgabe 3 ( 9P )

Der abgebildete Messumformer besteht im Wesentlichen aus einem Spannungsteiler und einem nichtinvertierenden Verstärker.

Bestimmen Sie die Ausgangsspannung  $u_a$ !

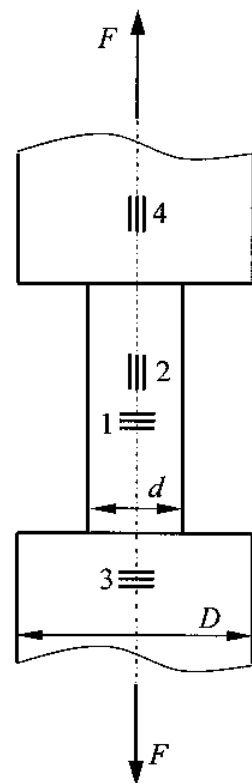
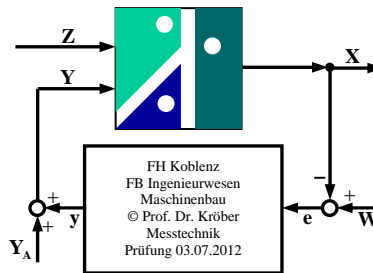
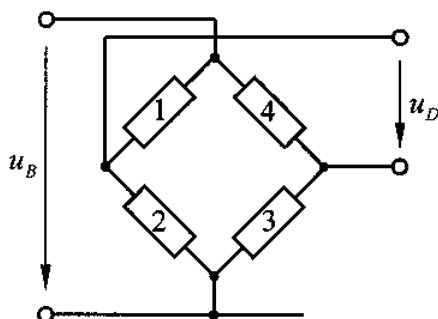


Aufgabe 4 ( 10P )

Auf einem Zugstab sind 4 DMS appliziert. Bestimmen Sie zunächst die Dehnungen ( $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$ ) und dann die Brückenverformung  $u_D/u_B$  in Abhängigkeit der gegebenen Größen!

Geg.:  $F, d, D, k, \nu, E$

Hilfestellungen:



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

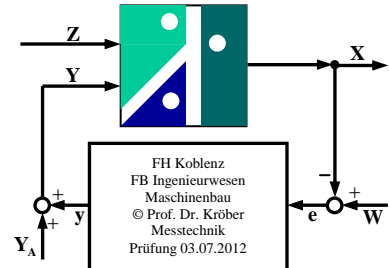
$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \varepsilon \quad \varepsilon_{\text{quer}} = -\nu \cdot \varepsilon_{\text{längs}}$$

Aufgabe 5 ( 10P )

Auf einer Welle wird eine Halbbrücke zur Bestimmung der Torsionsspannung bzw. des Drehmomentes eingesetzt. Der Durchmesser der Welle beträgt 12 mm, der k-Faktor der DMS sei  $k = 2$  und der Schubmodul beträgt  $80000 \text{ N/mm}^2$ . Bei der Shunt-Kalibrierung ( $1 \text{ mV/V}$ ) beträgt das Ausgangssignal  $5,0 \text{ Volt}$ . Bei einem praktischen Lastfall beträgt das Ausgangssignal  $3,0 \text{ Volt}$ . Wie groß ist die Schubspannung und wie groß ist das vorliegende Torsionsmoment?

Hilfestellungen:

$$\frac{\Delta R}{R_0} = k \cdot \varepsilon_{DMS} \quad \varepsilon_{DMS} = \frac{\tau}{2 \cdot G} \quad W_P = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

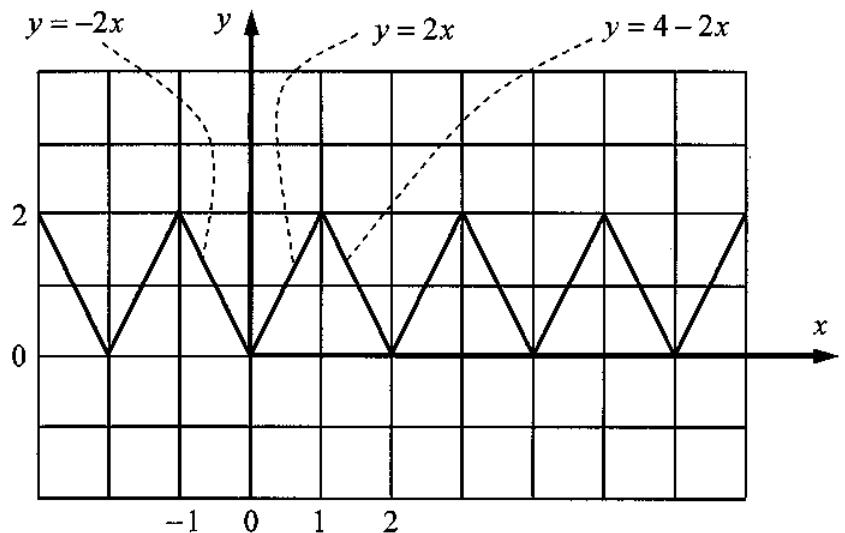


Aufgabe 6 ( 10P )

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

Bemerkung 1:  
Es sind mehr Hilfestellungen als erforderlich angegeben.

Bemerkung 2:  
Der gesamte Lösungsweg muss ersichtlich sein. Keine Integration "nur im Taschenrechner"!



Hilfestellungen:

$$\int \sin(ax) dx = -\frac{1}{a} \cos(ax) + C \quad \int x \sin(ax) dx = -\frac{x}{a} \cos(ax) + \frac{1}{a^2} \sin(ax) + C \quad A_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2}$$

$$\int \cos(ax) dx = +\frac{1}{a} \sin(ax) + C \quad \int x \cos(ax) dx = +\frac{x}{a} \sin(ax) + \frac{1}{a^2} \cos(ax) + C$$

Hinweis:

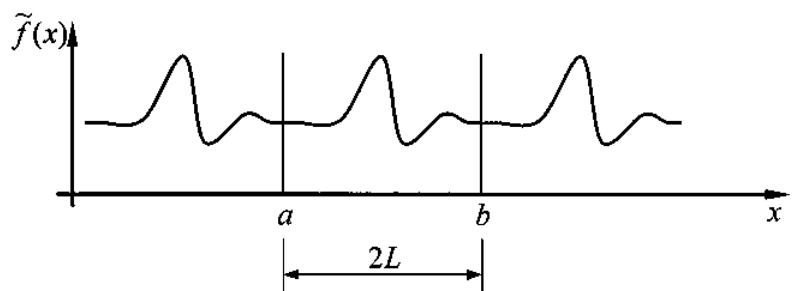
Sei  $\tilde{f}(x)$  eine periodische Funktion der Periode  $2L$ , dann lässt sich  $\tilde{f}(x)$  durch folgende Reihenentwicklung approximieren:

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

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 03.07.12 / Blatt 1

zu 1, a)  $V = d^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot l \Rightarrow l = \frac{4V}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot V}{\pi} d^{-2}$

$\frac{\partial l}{\partial V} = \frac{4}{\pi d^2}$  ;  $\frac{\partial l}{\partial d} = \frac{4V}{\pi} (-2) d^{-3} = -\frac{8V}{\pi d^3}$

$\Delta l = \left| \frac{\partial l}{\partial V} \cdot \Delta V \right| + \left| \frac{\partial l}{\partial d} \cdot \Delta d \right| = \frac{4}{\pi d^2} \Delta V + \frac{8V}{\pi d^3} \Delta d \quad | \cdot \frac{1}{l}$

$\frac{\Delta l}{l} = \underbrace{\left( \frac{4}{\pi d^2 l} \right)}_{=1} \Delta V + \underbrace{\left( \frac{8 \cdot V}{\pi l d^3} \right)}_{=2} \frac{\Delta d}{d} = \frac{\Delta V}{V} + 2 \frac{\Delta d}{d} = 1\% + 2 \cdot 0,5\% = 2\%$

b)  $S_l = \sqrt{\left( \frac{4}{d^2 \cdot \pi} S_V \right)^2 + \left( \frac{8V}{\pi d^3} S_d \right)^2} \cdot \frac{1}{l}$

$\frac{S_l}{l} = \sqrt{\left( \frac{4}{d^2 \cdot \pi l} S_V \right)^2 + \left( \frac{8 \cdot V}{\pi d^3 l} S_d \right)^2} = \sqrt{\left( \frac{S_V}{V} \right)^2 + 4 \left( \frac{S_d}{d} \right)^2} = \sqrt{1\%^2 + 4(0,5\%)^2} = \sqrt{2\%} \approx 1,41\%$

zu 2)  $\frac{u_{\text{aus}}}{u_{\text{in}}} = e^{-t/\tau} \Rightarrow \frac{49}{50} = e^{-t/\tau} \Rightarrow \tau = \frac{t}{\ln \frac{50}{49}} = \frac{305}{\ln \frac{50}{49}} = 14855$

$\frac{1}{2} = e^{-t/\tau} \Rightarrow t = \tau \cdot \ln 2 = 14855 \cdot \ln 2 = 10295 = t_{50\%}$

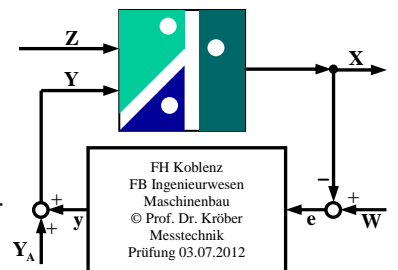
$\frac{u_{\text{aus}}}{u_{\text{in}}} = \frac{10}{50} = e^{-t/\tau} \Rightarrow t = \tau \cdot \ln 5 = 14855 \cdot \ln 5 = 23905$

zu 3)  $i_1 = \frac{u_e}{30k\Omega} = \frac{u_e}{10k\Omega} \Rightarrow u_e = \frac{1}{3} u_e = \frac{1}{3} \cdot 6V = 2V$

$i_2 = \frac{u_e}{20k\Omega} = \frac{u_e}{30k\Omega} \Rightarrow u_e = 1,5 \cdot u_e = 1,5 \cdot 2V = 3V$

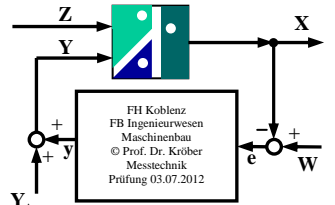
zu 4, a)  $\underline{E_2} = \frac{F}{EA} = \frac{4 \cdot F}{E \pi d^2}$  ;  $\underline{E_4} = \frac{4 \cdot F}{E \pi d^2}$

$\underline{E_1} = -V \frac{4 \cdot F}{E \pi d^2}$  ;  $\underline{E_3} = -V \frac{4 \cdot F}{E \pi d^2}$



Prüfung Messtechnik 03.07.12 | Blatt 2

$$\begin{aligned}
 2u4,5) \frac{u_D}{u_B} &= \frac{K}{4} (\epsilon_2 + \epsilon_4 - \epsilon_1 - \epsilon_3) = \frac{K}{4} \left( \frac{4 \cdot F}{E \pi d^2} + \frac{4 \cdot F}{E \pi D^2} - (-\nu \frac{4 \cdot F}{E \pi d^2}) - (-\nu \frac{4 \cdot F}{E \pi D^2}) \right) \\
 &= \frac{4 \cdot K \cdot F}{4 E \cdot \pi} \left( \frac{1}{d^2} + \frac{1}{D^2} + \frac{\nu}{d^2} + \frac{\nu}{D^2} \right) = \frac{K \cdot F}{4 E \pi} \left[ \frac{1}{d^2} (1 + \nu) + \frac{1}{D^2} (1 + \nu) \right] \\
 &= \frac{K (1 + \nu)}{\pi \cdot E} \left( \frac{1}{d^2} + \frac{1}{D^2} \right) \cdot F
 \end{aligned}$$



$$2u5) \left. \begin{aligned} 1 \frac{\text{mV}}{\text{V}} &\hat{=} 5,0 \text{V} \\ x &\hat{=} 3,0 \text{V} \end{aligned} \right\} x = 1 \frac{\text{mV}}{\text{V}} \cdot \frac{3,0 \text{V}}{5,0 \text{V}} = 0,6 \frac{\text{mV}}{\text{V}} = \frac{u_D}{u_B}$$

$$\text{Halbbücke: } \frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{2} K \cdot \epsilon_{DMS} \Rightarrow \epsilon_{DMS} = \frac{2 \cdot \frac{u_D}{u_B}}{K} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3}}{2} = 600 \frac{\mu\text{m}}{\text{m}}$$

$$\underline{\underline{\tau}} = 2 \cdot G \cdot \epsilon_{DMS} = 2 \cdot 80000 \cdot 600 \cdot 10^{-6} \text{ N/mm}^2 = \underline{\underline{96 \text{ N/mm}^2}}$$

$$\tau = \frac{M_t}{W_p} \Rightarrow \underline{\underline{M_t}} = \tau \cdot W_p = 96 \cdot \frac{\pi \cdot R^3}{16} \text{ Nmm} = \underline{\underline{32,57 \text{ Nmm}}}$$

$$2u6) \text{ gerade Funktion} \rightarrow b_1 = 0$$

$$2L = 2 \Rightarrow L = 1$$

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

↑ gerade Funktion

$$= 2 \int_{-1}^{+1} 2x \cos(\pi x) dx$$

$$= 4 \int_0^1 x \cos(\pi x) dx = 4 \left[ \frac{x}{\pi} \sin(\pi x) + \frac{1}{\pi^2} \cos(\pi x) \right]_0^1$$

$$= 4 \left[ \frac{1}{\pi} \cos(\pi) + \frac{1}{\pi^2} \cos(\pi) - 0 - \frac{1}{\pi^2} \cos(0) \right] = 4 \left[ -\frac{1}{\pi^2} - \frac{1}{\pi^2} \right]$$

$$\underline{\underline{a_1}} = -\frac{8}{\pi^2} \approx -0,8106$$

$$\underline{\underline{A_1}} = \sqrt{a_1^2 + b_1^2} = \sqrt{a_1^2 + 0^2} = |a_1| = \left| -\frac{8}{\pi^2} \right| = \underline{\underline{\frac{8}{\pi^2}}}$$