

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. Neben den Einheiten für die Lichtstärke [cd] und der Stoffmenge [mol] gibt es noch 5 weitere SI-Einheiten. Wie lauten diese Einheiten? ( 3P )

A m s kg K

2. Worin liegt der Unterschied zwischen dem Justieren und dem Kalibrieren? ( 3P )

$y = mx + b$   
 Justieren: Nullpunkteinrichtung  
 Kalibrieren: Verstärkung, Steigung z.B. zwischen 2 Punkten

3. Ein Messwert beträgt 40s, der Messfehler sei -1s. Wie groß muss dann der wahre Wert sein? ( 2P )

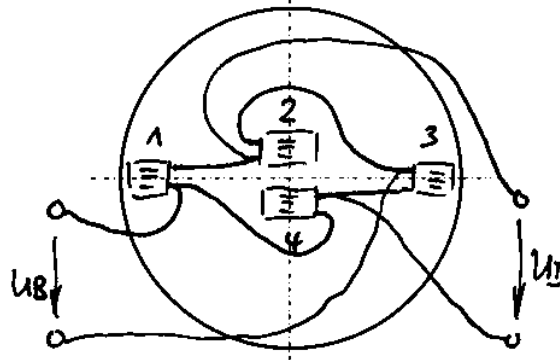
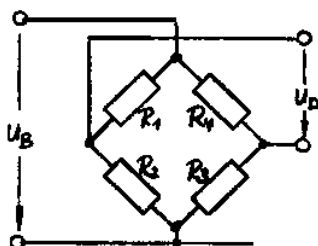
41s

4. Der Absolutdruck vor einer Drossel sei 10 bar, der Druck nach der Drossel sei 9 bar. Somit beträgt der Differenzdruck genau 1 bar. Nun kann bei beiden Absolutdruckaufnehmern eine Messabweichung von  $\pm 0,1$ bar vorliegen. Wie groß ist dann der mögliche relative Fehler des Differenzdruckes in Prozent? ( 2P )

20%

5. Die abgebildete kreisförmige Membran wird von einer Seite mit Druck beaufschlagt. Für den Bau eines Druckaufnehmers stehen 4 Standard-DMS zur Verfügung. Wie müssen diese DMS auf der Membran angeordnet werden? Ergänzen Sie die komplette Verschaltung der Messbrücke ( 6P )

Hinweis:  
 DMS2 und DMS4 für  
 Zugbereich vorsehen!



Standard-DMS:



Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

*+ Lösungen*

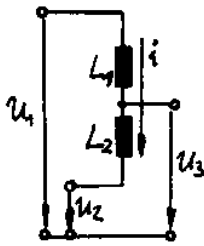
FH Koblenz  
 FB Ingenieurwesen  
 Maschinenbau  
 © Prof. Dr. Kröber  
 Messtechnik  
 Prüfung 29.09.2006

6. Ein induktiver Wegaufnehmer (Drosselprinzip) wird mit einer Wechselspannung gespeist. Skizzieren Sie den Signalverlauf von  $u_3$  in Funktion der Zeit  $t$ , falls:

a)  $L_1 = L_2$

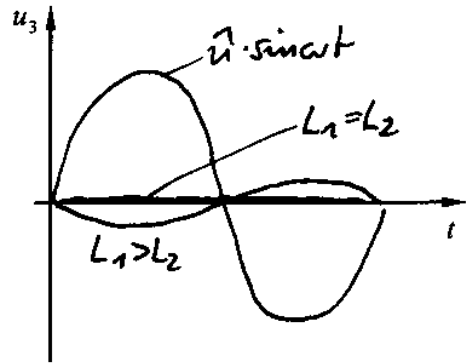
b)  $L_1 > L_2$

( 3P )



$$u_1 = \hat{u} \cdot \sin \omega t ; \quad u_2 = -\hat{u} \cdot \sin \omega t$$

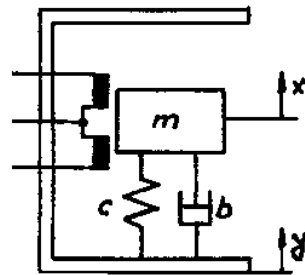
$$\frac{u_3}{\hat{u}} = \frac{L_2 - L_1}{L_1 + L_2} \cdot \sin \omega t$$



7. Bei einem seismischen Wegaufnehmer wird in dem Aufnehmer ein Weg gemessen. Wie lässt sich dieser Weg mit den in der Skizze angegebenen Formelzeichen ausdrücken?

( 3P )

$$x_{rel} = x - y$$



8. Wie kann man aufgrund der Eigenkreisfrequenz des Feder-Masse-Systems begründen, dass sich für Beschleunigungsaufnehmer eine kleine Baugröße und für seismische Wegaufnehmer eine große Baugröße ergibt?

( 3P )

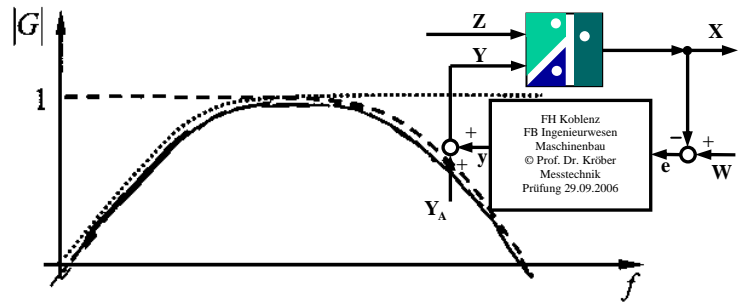
Hilfestellung:  $\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}}$

Bestd.: arbeiten unterkritisch  $\omega < \omega_0$   $\omega_0 t \rightarrow c \uparrow$   $\rightarrow$  mit kleiner Baugr.  
 Seism.: überkritisch  $\omega > \omega_0$   $\omega_0 t \rightarrow c \downarrow$   $\rightarrow$  mit großer Bauvolumen

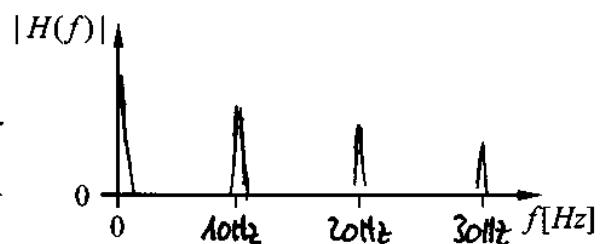
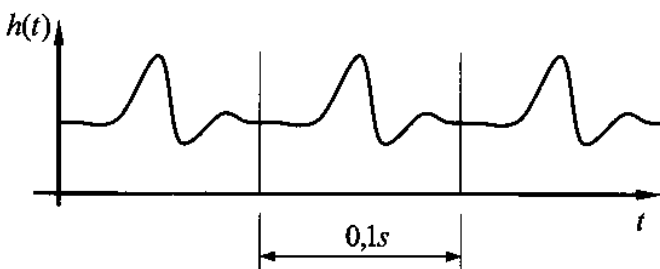
9. In der Abbildung sind die Kennlinien von 2 Filtern eingetragen. Tragen Sie in die Abbildung ein, welche Kennlinie sich ergibt, falls die beiden Übertragungsglieder in Reihe geschaltet werden? Wie lautet das "neu entstandene" Übertragungsglied?

( 4P )

Bandpassfilter



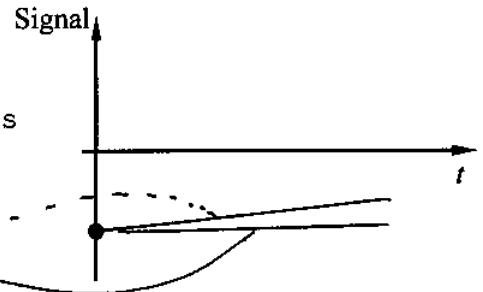
10. Ein Messsignal hat den abgebildeten Signalverlauf  $h(t)$ . Versuchen Sie das dazugehörige Spektrum  $|H(f)|$  so weit wie möglich zu ergänzen! ( 5P )



11. Bei einem 16 bit A/D-Wandler (Wandlerbereich -10V bis +10V) steht das höchstwertigste bit (MSB) für 10V. Wie groß ist die Wertigkeit des bits mit der kleinsten Wertigkeit (LSB)? ( 3P )

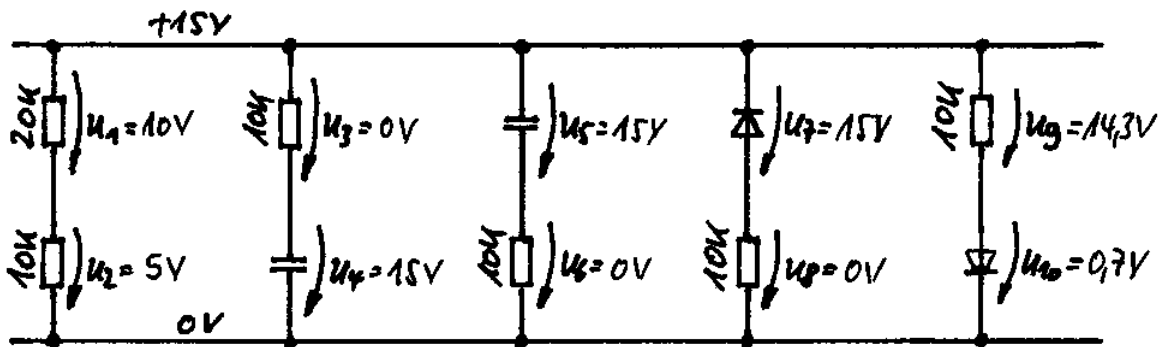
bit 1 :  $20V/2^1$      bit 16 :  $20V/2^{16} = 0,305\mu V$

12. Zur Kraftmessung wird ein piezoelektrischer Kraftaufnehmer eingesetzt. Gemessen wird eine zeitlich konstante Kraft. Die Kraft ist zum Zeitpunkt  $t=0$  negativ. Das Ausgangssignal des Ladungsverstärkers zum Zeitpunkt  $t=0$  ist durch einen Punkt bereits eingetragen. Ergänzen Sie die weiteren Signalverläufe für die folgenden beiden Fälle:



- a. Drift praktisch gleich Null  
b. Drift vorhanden  
( 2P )

13. Tragen Sie in der Abbildung die 10 Spannungen  $u_1$  bis  $u_{10}$  ein, die sich für große Zeiten einstellen! Die Durchlassspannung einer Diode sei 0,7V. ( 5P )



14. Bei welchem Messverfahren spielt die Eispunktkompensation eine Rolle? ( 1P )

Temp.-messung mit Thermoelementen

RECHENTEIL

Aufgabe 1 ( 8P )

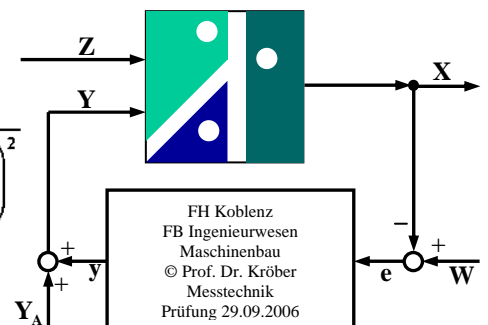
Für die Bestimmung des Volumens eines Zylinders mit dem Durchmesser  $d$  und der Länge  $l$  gilt:

$$V = d^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot l$$

Wie groß ist die relative Standardabweichung des Volumens, falls die relative Standardabweichung des Durchmessers 1% und die relative Standardabweichung der Länge 0,5% beträgt?

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

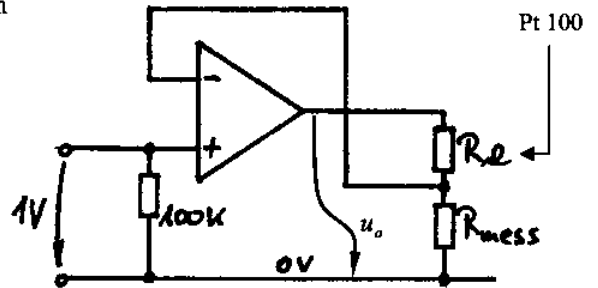
Hilfestellung:  $S_x = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \cdot S_{x_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \cdot S_{x_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n} \cdot S_{x_n}\right)^2}$



Aufgabe 2 ( 8P )

Durch einen Pt100 soll ein Konstantstrom von 1mA fließen.

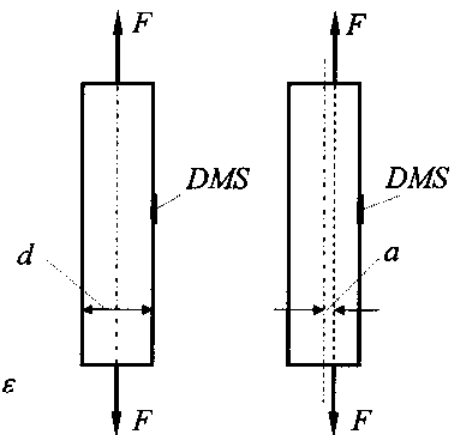
- Wie groß muss dazu bei der gegebenen Anordnung  $R_{mess}$  sein?
- Wie groß ist die Ausgangsspannung  $u_a$  des Operationsverstärkers, falls die zu messende Temperatur  $50^\circ C$  beträgt?



Pt100:  $R_\theta = R_0(1 + \alpha_{Pt} \theta)$      $\alpha_{Pt} = 3,85 \cdot 10^{-3} K^{-1}$

Aufgabe 3 ( 8P )

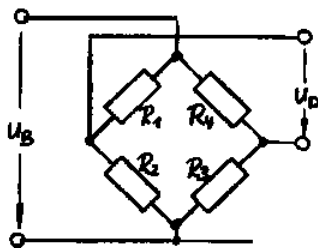
Bei einem Zugversuch wird außen mit einem DMS (Viertelbrücke) die Dehnung gemessen. Der Durchmesser des Zugstabes sei  $d$ . Wenn die Zugkraft nicht genau in der Längsachse angreift, wird sich die gemessene Dehnung durch das überlagerte Biegemoment ändern.



Relativer Fehler:  $\frac{\Delta \epsilon}{\epsilon} = \frac{\epsilon_{Ist} - \epsilon_{Soll}}{\epsilon_{Soll}} \cdot 100 [\%]$

- Wie groß ist der relative Messfehler  $\Delta \epsilon / \epsilon$  in Abhängigkeit des Fluchtfehlers  $a/d$ ?
- Wie groß darf der Fluchtfehler  $a$  sein, falls der relative Fehler 1% betragen darf und der Zugstab einen Durchmesser von  $d=10mm$  aufweist?

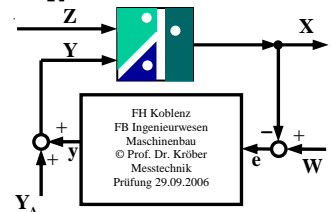
Hilfestellungen:



$$W_b = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

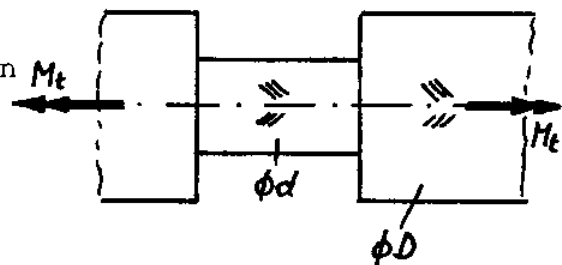
$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \left( \frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_3}{R} \right)$$

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \epsilon$$



Aufgabe 4 ( 7P )

Mit der abgesetzten Welle wird das Torsionsmoment  $M_t$  gemessen. Bestimmen Sie den formelmäßigen Zusammenhang zwischen der Brückenverformung und dem Torsionsmoment!

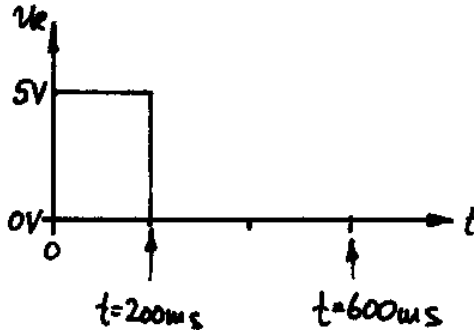
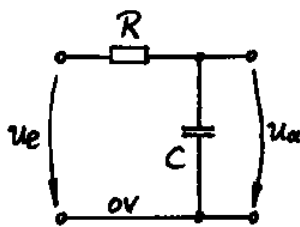


Geg.:  $k, d, D, G$     Ges.:  $\frac{u_D}{u_B} = \dots \cdot M_t$

Hinweise:  $\epsilon_{DMS} = \frac{\tau}{2G}$      $W_p = \frac{\pi}{16} d^3$  bzw.  $W_p = \frac{\pi}{16} D^3$

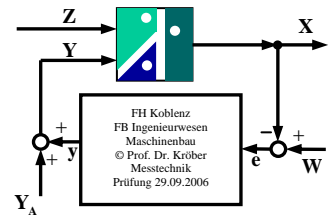
Aufgabe 5 ( 7P )

Die Zeitkonstante des abgebildeten RC-Gliedes beträgt  $T=0,2s$ . An dem RC-Glied liegt am Eingang für lange Zeit eine Eingangsspannung von  $u_e=0V$  an. Zur Zeit  $t=0$  geht die Eingangsspannung für 200ms auf  $u_e=5V$  und danach wieder auf Null. Wie groß ist die Ausgangsspannung zum Zeitpunkt  $t=600ms$ ?



Hinweis:

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



Aufgabe 6 ( 7P )

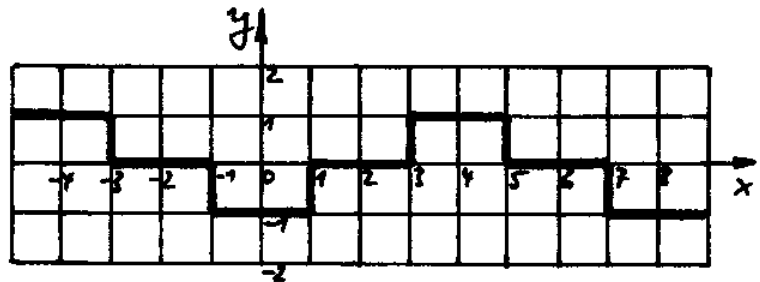
Bestimmen Sie von dem abgebildeten Messsignal die Werte für  $a_1$ ,  $b_1$  und  $A_1$ !

Hilfestellungen:

$$A_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2}$$

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

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



Hinweis:

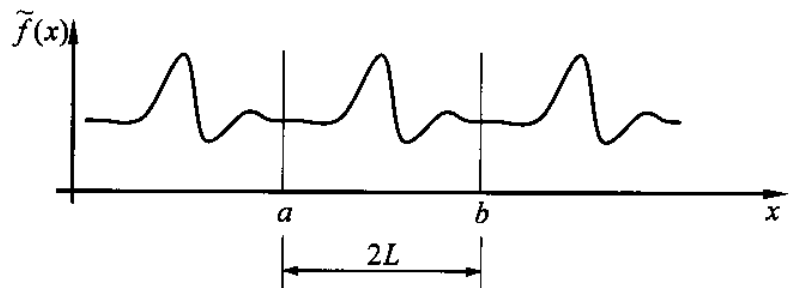
Sei  $\tilde{f}(x)$  eine periodische Funktion der Periode  $2L$ , dann lässt sich  $\tilde{f}(x)$  durch folgende Reihenentwicklung approximieren:

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

wobei:

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

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



Prüfung Messtechnik vom 29.09.06 (Blatt 1)

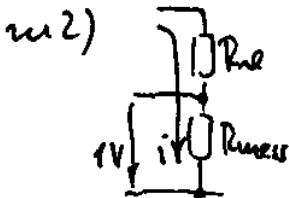
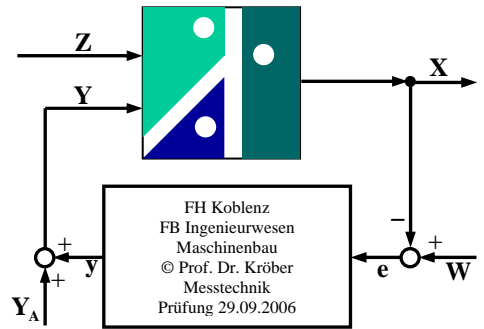
m1)  $V = d^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot l$

$\frac{\partial V}{\partial d} = 2 \cdot d \cdot \frac{\pi}{4} \cdot l$  ;  $\frac{\partial V}{\partial l} = d^2 \cdot \frac{\pi}{4}$

$S_V = \sqrt{(2d \frac{\pi}{4} \cdot l \cdot \Delta d)^2 + (d^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \Delta l)^2} \cdot \frac{1}{V}$

$\frac{S_V}{V} = \sqrt{\left(\frac{2d \frac{\pi}{4} \cdot l \cdot \Delta d}{d^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot l}\right)^2 + \left(\frac{d^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \Delta l}{d^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot l}\right)^2} = \sqrt{4 \cdot \left(\frac{\Delta d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2}$

$= \sqrt{4 \cdot (1\%)^2 + (0,5\%)^2} = \sqrt{4,25} \% = \underline{\underline{2,062\%}}$



$i = \frac{1V}{R_{mes}} \Rightarrow R_{mes} = \frac{1V}{i} = \frac{1V}{1mA} = \underline{\underline{1k\Omega}}$

$R_{Re} = 100\Omega (1 + 3,85 \cdot 10^{-3} \cdot 50) = 119,25\Omega$

$u_a = R_{Re} \cdot i + 1V = 119,25 \cdot 0,001V + 1V = \underline{\underline{1,11925V \approx 1,119V}}$

m3) Zuganteil:  $\epsilon_{Zug} = \frac{\sigma}{E} = \frac{F/A}{E} = \frac{F}{d^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot E} = \frac{4 \cdot F}{d^2 \cdot \pi \cdot E}$

Biegeanteil:  $\epsilon_{Bieg} = \frac{\sigma_b}{E} = \frac{M_b}{E \cdot W_b} = \frac{F \cdot a}{E \cdot \frac{d^3 \cdot \pi}{32}} = \frac{32 \cdot F \cdot a}{E d^3 \cdot \pi}$

$\epsilon_{ZST} = \epsilon_{Zug} + \epsilon_{Bieg}$  ;  $\epsilon_{soll} = \epsilon_{Zug} \rightarrow \epsilon_{ZST} - \epsilon_{soll} = \epsilon_{Bieg}$

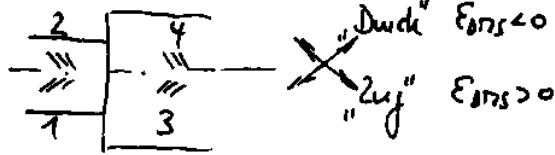
↑ Fehler bzw. Abweichung

$\frac{\Delta \epsilon}{\epsilon} = \frac{\epsilon_{Bieg}}{\epsilon_{Zug}} = \frac{\frac{32 \cdot F \cdot a}{E d^3 \cdot \pi}}{\frac{4 \cdot F}{d^2 \cdot \pi \cdot E}} = \frac{8 \cdot a}{d} \cdot 100 [\%]$

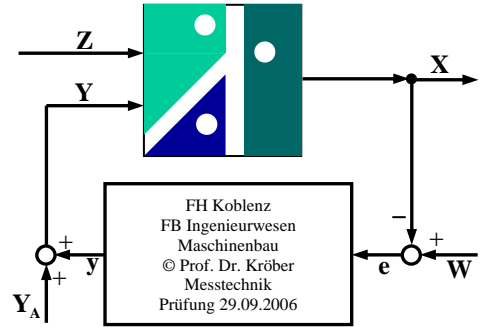
$1\% = \frac{8 \cdot a}{d} \cdot 100\% \Rightarrow \underline{\underline{a}} = \frac{1\% \cdot d}{8 \cdot 100\%} = \frac{10 \text{ mm}}{8 \cdot 100} = \underline{\underline{0,0125 \text{ mm}}}$

Prüfung Messtechnik vom 29.09.06 Blatt 2

u4)



$$\epsilon_{DMS2} = \frac{\tau}{2G} = \frac{M_t}{2G \cdot l_{up}} = \frac{M_t}{2 \cdot G \cdot \frac{\pi d^3}{16}} = \frac{8 \cdot M_t}{G \cdot \pi \cdot d^3}$$



$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{K}{4} (\epsilon_{DMS2} + \epsilon_{DMS4} - \epsilon_{DMS1} - \epsilon_{DMS3}) = \frac{K}{4} \left( \frac{8 \cdot M_t}{G \cdot \pi \cdot d^3} + \frac{8 \cdot M_t}{G \cdot \pi \cdot d^3} - \left( -\frac{8 \cdot M_t}{G \cdot \pi \cdot d^3} \right) - \left( -\frac{8 \cdot M_t}{G \cdot \pi \cdot d^3} \right) \right)$$

$$= \dots = \frac{4 \cdot K}{G \cdot \pi} \left( \frac{1}{d^3} + \frac{1}{d^3} \right) M_t$$

u5)



$$\frac{u_{\text{mom}}}{u_{\text{Auf}}} = e^{-t/T} \Rightarrow u_{\text{mom}} = u_{\text{Auf}} \cdot e^{-t/T}; t = T$$

$$= 5V \cdot e^{-1} = 1,839V$$

$$u_x = 5V - 1,839V = \underline{\underline{3,161V}}$$



$$u_{\text{mom}} = u_{\text{Auf}} \cdot e^{-t/T}; t = 2 \cdot T$$

$$= 3,161V \cdot e^{-2} = \underline{\underline{0,428V}}$$

u6)  $\hat{f}(x)$  gerade  $\Rightarrow b_1 = 0$  ;  $a = -2$ ;  $b = +6 \Rightarrow L = \frac{b-a}{2} = \dots = 4$

$$a_1 = \frac{1}{4} \int_{-1}^{+1} (-1) \cos\left(1 \cdot \frac{\pi}{4} x\right) dx + \frac{1}{4} \int_{3}^{5} (+1) \cos\left(1 \cdot \frac{\pi}{4} x\right) dx$$

$$= -\frac{1}{4} \int_{-1}^{+1} \cos\left(\frac{\pi}{4} x\right) dx + \frac{1}{4} \int_{3}^{5} \cos\left(\frac{\pi}{4} x\right) dx$$

$$= -\frac{1}{4} \left[ \frac{4}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{4} x\right) \right]_{-1}^{+1} + \frac{1}{4} \left[ \frac{4}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{4} x\right) \right]_{3}^{5}$$

$$= -\frac{1}{4} \left[ \frac{4}{\pi} \underbrace{\sin\left(\frac{\pi}{4}\right)}_{\frac{1}{\sqrt{2}}} - \frac{4}{\pi} \underbrace{\sin\left(-\frac{\pi}{4}\right)}_{-\frac{1}{\sqrt{2}}} \right] + \frac{1}{4} \left[ \frac{4}{\pi} \underbrace{\sin\left(\frac{5\pi}{4}\right)}_{-\frac{1}{\sqrt{2}}} - \frac{4}{\pi} \underbrace{\sin\left(\frac{3\pi}{4}\right)}_{\frac{1}{\sqrt{2}}} \right] = \dots = \underline{\underline{-\frac{2\sqrt{2}}{\pi} \approx -0,9003}}$$

$$\underline{\underline{A_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2} = \sqrt{a_1^2 + 0^2} = |a_1| = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \approx 0,9003}}$$