

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

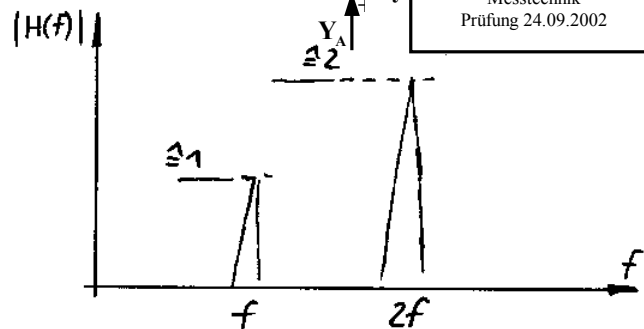
- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
 - Schreib- und Zeichengerät
 - Taschenrechner

Note : _____

KURZFRAGEN :

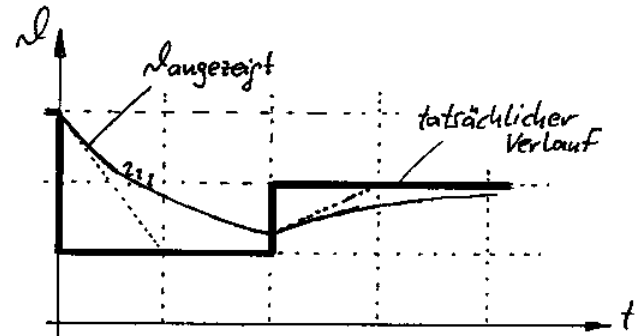
1. Skizzieren Sie das Spektrum des Messsignals
 $h(t) = \sin(\omega t) + 2 \cdot \sin(2\omega t)$!

(2 P)



2. Ergänzen Sie den weiteren angezeigten Temperaturverlauf des Temperaturfühlers!

(2 P)



3. Welche Signalform und welcher Signalbereich wird bei der Messwerterfassung mit einem Rechner meistens verwendet? (3 P)

$\pm 10 V$ (Spannung)

4. Wie groß ist die Standardabweichung der 3 angegebenen Messwerte (121mm; 119mm; 120mm)? (3 P)

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\begin{aligned} \bar{x} &= 120 \\ S_x &= \sqrt{\frac{1}{3-1} (1^2 + 0^2 + 1^2)} = 1 \end{aligned}$$

Aufgabe erreichte Punkte

Fragenteil

1

2

3

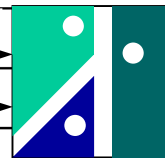
4

5

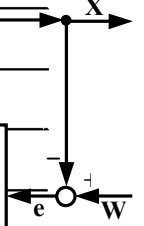
6

Summe

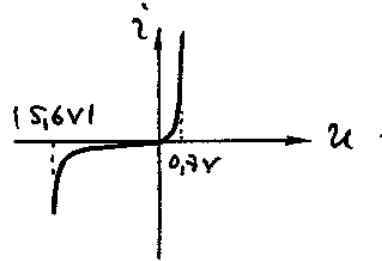
+ Lösungen



FH Koblenz
 FB Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Messtechnik
 Prüfung 24.09.2002



5. Skizzieren Sie die Kennlinie einer Zenerdiode und beschriften Sie die Achsen! (4P)

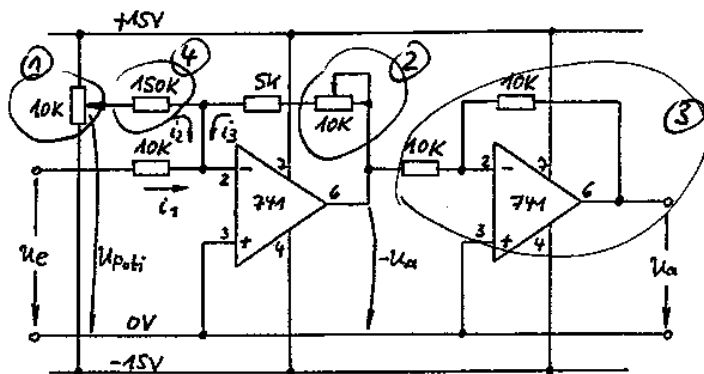


6. In welchem Frequenzbereich (in Bezug auf die Eigenfrequenz) werden Beschleunigungsaufnehmer eingesetzt ? (2P)

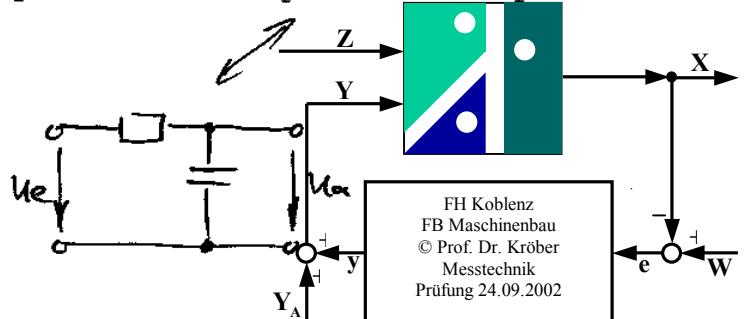
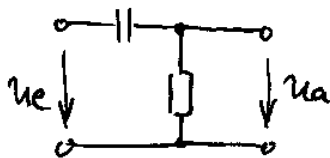
unterkritisch

7. In der folgenden Schaltung sind die angegebenen Aufgaben/Bereiche durch Ziffern zu bezeichnen bzw. zu markieren! (8P)

- ① Nullpunkteinstellung
- ② Einstellung Verstärkung
- ③ Invertierung des Messsignals
- ④ Bewertungswiderstand für Nullpunktverstellung



8. Skizzieren Sie einen passiven Hochpass und einen passiven Tiefpass! (4P)



9. Nach einem Filter ist das Messsignal um 40 dB verringert. Wie groß ist dann das Amplitudenverhältnis in [%] ? (2P)

0,01 ± 1%

10. Wobei spielt die Hanning-Fensterfunktion eine Rolle? (2P)

Zeitfenster (-bewertung) bei FFT

11. Worin liegt der prinzipielle Unterschied zwischen Justieren und Kalibrieren? (3P)

Justieren = Nullpunktgleich

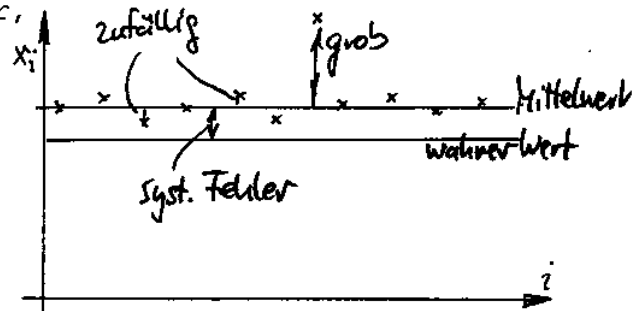
Kalibrieren = Ermittlung/Festlegung Änderung Messgröße => Änderung Anzeige

12. Wie wird die folgende Differentialgleichung in Zeigerschreibweise geschrieben? (3P)

$$v + T \frac{dv}{dt} = u \quad \Rightarrow \quad \underline{v} + T(j\omega) \underline{v} = \underline{u}$$



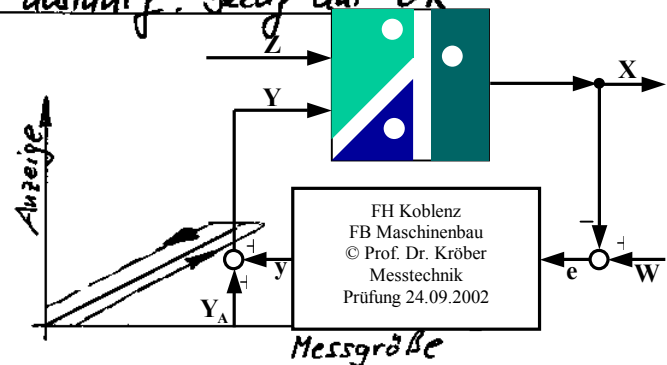
13. Tragen Sie ein: zufälliger Fehler, systematischer Fehler, grober Fehler, wahrer Wert (einen Wahren Wert annehmen)! (4P)



13. Ein "schlechtes" Fieberthermometer zeigt einen Wert um $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ falsch an. Wie würden Sie diesen Fehler sinnvollerweise in [%] angeben? Wie würde man den Fehler sinnvollerweise nicht in [%] angeben? (3P)

Sinnvoll: auf Messbereich (Spanne) beziehen
 also $\frac{0,2^{\circ}\text{C}}{42^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}} \cdot 100\% \approx 2,9\%$; besonders unrichtig: Bezug auf 0K

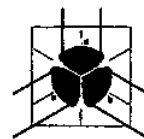
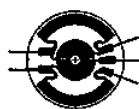
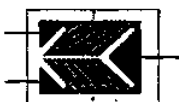
15. Die Abbildung zeigt einen linearen Zusammenhang zwischen der Messgröße und der Anzeigegröße. Wie ändert sich die Charakteristik, falls eine Umkehrspanne (z.B. konstante Hysterese) auftritt? (3P)



16. Wie groß ist der Eingangswiderstand eines handelsüblichen Voltmeters/Multimeters (Spannungsmessung)? (2P)

10 M Ω

17. Wozu werden die folgenden DMS verwendet? (6P)



Mt

Druckmembran

Rosette zur

Hauptspannungsermittlung

18. Weshalb wird bei der Temperaturmessung mit Thermoelementen eine Vergleichstemperatur benötigt? (2P)

$U_T = K (\alpha_L - \alpha_T)$ stets Messung einer Temp.-differenz

19. Nennen Sie zwei Arten zur Realisierung der Vergleichstemperatur? (2P)

Eiswasser, Thermostart (üblich 50°C)

20. Weshalb ist bei einem Pt100 keine Vergleichstemperatur erforderlich? (2 P)

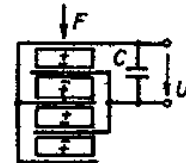
Widerstandsänderung steht in direktem Zusammenhang zur (abs.) Temperatur

21. Wofür steht bei einem Pt100 die Angabe "100"? (1 P)

100Ω bei 0°C

22. Weshalb können bei der piezoelektrischen Kraftmessung keine statischen Kräfte gemessen werden? (3 P)

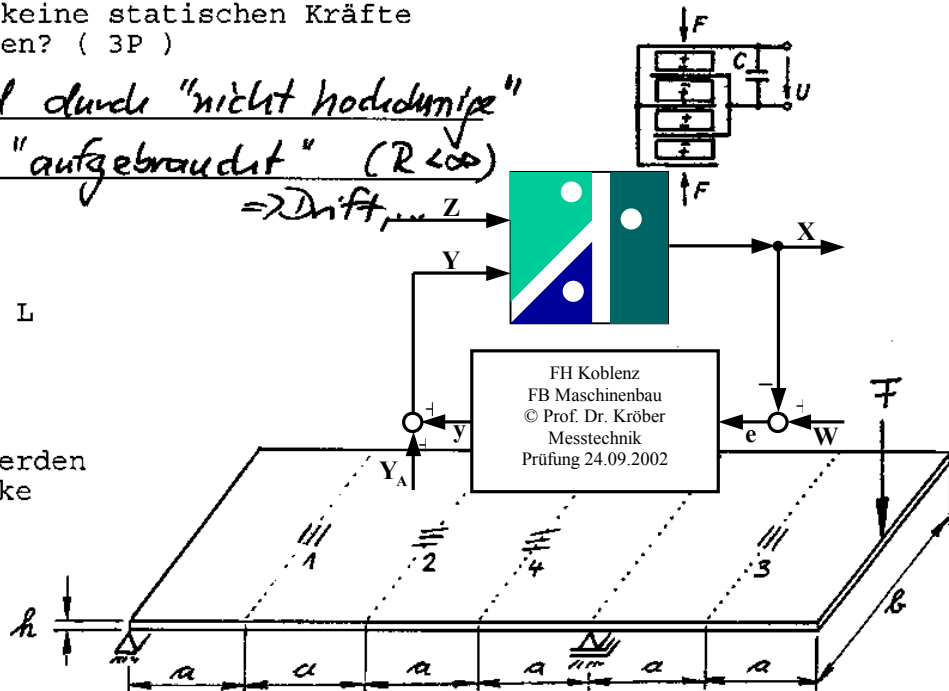
Ladung wird durch "nicht hochohmige" Ausrüstung "aufgebraucht" ($R < \infty$)
 $\Rightarrow$ Drift, ... Z



RECHENTEIL

Aufgabe 1 (18 P)

Die in der Skizze angegebenen DMS werden zu einer Vollbrücke verschaltet.



- a. Entwickeln Sie eine Gleichung zwischen der Brückenverstärkung und der Kraft F !

$$\frac{U_D}{U_B} = f(a, b, h, k, \nu, E) \cdot F$$

- b. Wie groß muss die Höhe h gewählt werden, damit bei einer Kraft von $F=1000 \text{ N}$ eine Brückenverstärkung von $0,5 \text{ mV/V}$ entsteht?
 Weitere Zahlenwerte für Fragestellung b.:

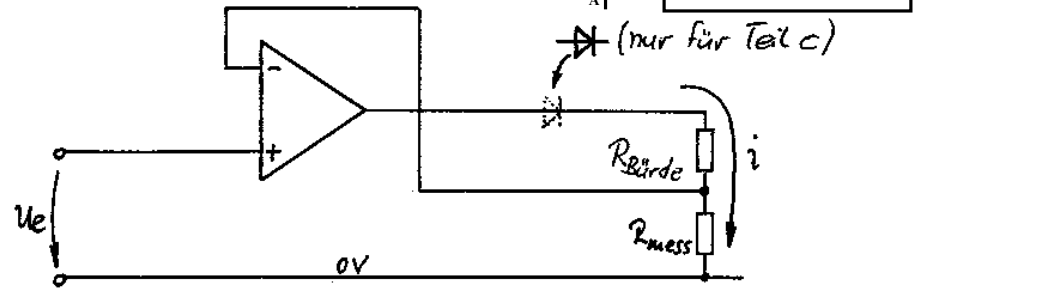
$$a=20 \text{ mm}; b=50 \text{ mm}; k=2,05; \nu=0,3; E=210000 \text{ N/mm}^2$$

Hilfestellungen: $\frac{U_D}{U_B} = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_3}{R} \right) ; \quad \frac{\Delta R}{R} = k \cdot \epsilon$

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

Aufgabe 2 (8 P)

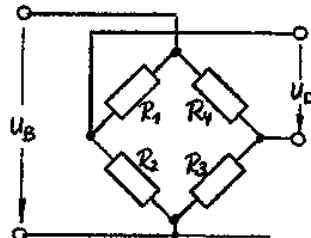
Die Abbildung zeigt einen Messumformer U/I .



- Zunächst ist eine Gleichung zwischen dem Strom i und der Eingangsspannung u_e anzugeben.
- Wie groß ist der Strom i , falls die Eingangsspannung $+2V$ bzw. $-2V$ beträgt? (sei: $R_{mess} = 1 \text{ k}\Omega$)
- Zusätzlich wird die angedeutete Diode mit in die Schaltung einbezogen. Wie ändern sich die zahlenmäßigen Ergebnisse aus Fragestellung b. ?

Aufgabe 3 (8 P)

Für eine Messbrücke gilt die angegebene Gleichung. Weisen Sie die Gleichung nach!



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

Aufgabe 4 (10 P)

Für einen Temperaturfühler kann das zeitliche Verhalten durch die folgende Gleichung angegeben werden:

$$\vartheta + T \frac{d\vartheta}{dt} = \vartheta_{\infty} \quad \text{Sprungantwort:} \quad \frac{\vartheta - \vartheta_{\infty}}{\vartheta_0 - \vartheta_{\infty}} = e^{-\frac{t}{T}}$$

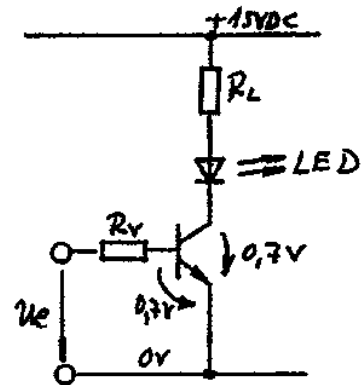
Lösen sie in Analogie:

Eine auf dem Tisch stehende Tasse Kaffee ist zur Zeit $t=0$ gerade 60°C warm. Durch Messung wird festgestellt, dass die Tasse innerhalb der ersten 30 sec um 1°C kälter wird. Wie lange dauert es, bis die Temperatur auf 40°C abgesunken ist? Die Raumtemperatur sei 20°C .

Aufgabe 5 (8 P)

Ein Analogausgang eines Messgerätes (in der Schaltung mit u_e bezeichnet) soll zu Testzwecken zur Ansteuerung einer Leuchtdiode. verwendet werden. Gehen Sie davon aus, dass zwischen Basis/Emitter sowie Kollektor/Emitter stets eine Durchlassspannung von $u_D = 0,7 \text{ V}$ abfällt.

- Wie groß muss der erforderliche Vorwiderstand R_L sein?
Daten der Leuchtdiode:
Durchlassspannung = $1,5 \text{ V}$; $I = 20 \text{ mA}$
- Wie groß muss die Eingangsspannung u_e mindestens sein, damit der maximale Stromverstärkungsfaktor des Transistors von $\beta = 110$ nicht überschritten wird?
Sei: $R_v = 10 \text{ k}\Omega$



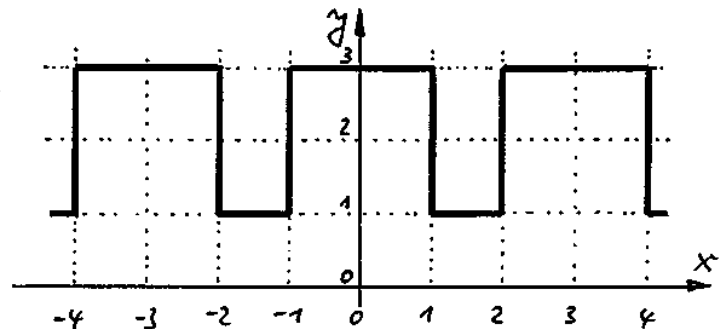
Aufgabe 6 (14 P)

Von dem abgebildeten Messsignal ist der Konstantanteil $a_0/2$ sowie die Koeffizienten a_1 und b_1 zu bestimmen.

Zusatzfrage (kann auch zur Lösung benutzt werden):
Wie muss das Koordinatensystem gelegt werden, damit sich ein einfacherer Rechengang zur Bestimmung von a_1 ergibt?

Hinweis:

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



Hilfestellung:

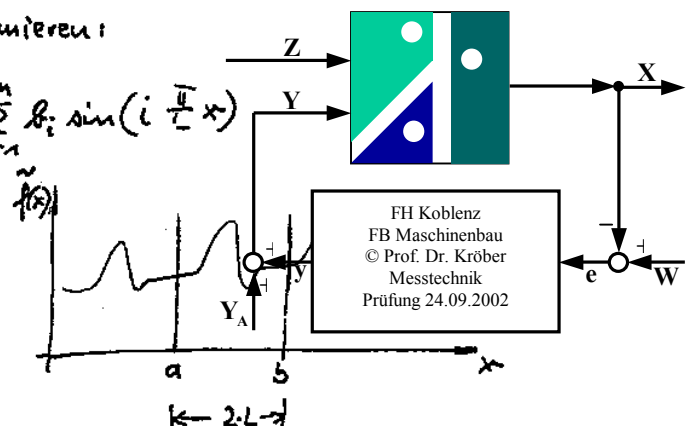
Sei $\tilde{f}(x)$ eine periodische Funktion der Periode $2L$, dann lässt sich $\tilde{f}(x)$ durch eine Reihenentwicklung approximieren:

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

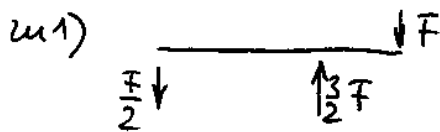
wobei

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

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



Lösungen Prüfung Messtechnik vom 24.09.02 / Blatt 1



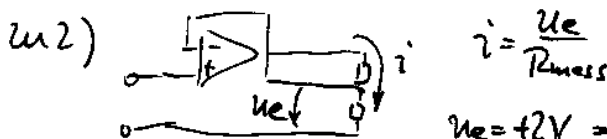
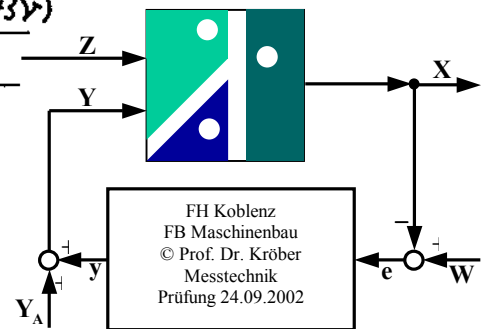
$$\epsilon_2 = \frac{F \cdot x}{W_b \cdot E} ; \epsilon_4 = \frac{3}{2} \epsilon_2 = \frac{3 F x}{2 W_b E}$$

$$\epsilon_1 = -\nu \frac{1}{2} \epsilon_2 = -\nu \frac{F \cdot x}{2 W_b E} ; \epsilon_3 = -\nu \frac{F x}{W_b E}$$

$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} K (\epsilon_2 + \epsilon_4 - \epsilon_1 - \epsilon_3) = \frac{K}{4} \cdot \frac{F \cdot x}{W_b E} \left(1 + \frac{3}{2} - \nu \left(-\frac{1}{2} \right) - (-\nu) \right)$$

$$= \frac{K \cdot F \cdot x}{W_b E} \frac{5+3\nu}{8} = \frac{K \cdot F \cdot x}{b \cdot h^2 E} \cdot \frac{3(5+3\nu)}{4}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{K \cdot F \cdot x \cdot 3(5+3\nu)}{\frac{u_D}{u_B} \cdot b \cdot E \cdot 4}} = \dots = \underline{\underline{5,88 \text{ mm}}}$$



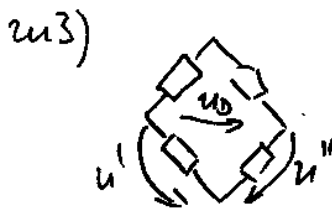
$$i = \frac{u_e}{R_{\text{mess}}}$$

$$u_e = +2V \Rightarrow \underline{\underline{i = +2 \text{ mA}}}$$

$$u_e = -2V \Rightarrow \underline{\underline{i = -2 \text{ mA}}}$$

mit Diode: $u_e = +2V \Rightarrow \underline{\underline{i = +2 \text{ mA}}}$ (wie zuvor)

$u_e = -2V \Rightarrow \underline{\underline{i = 0}}$ (wegen Sperrwirkung Diode)



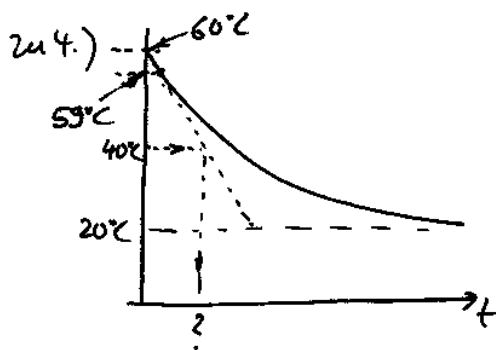
$$u' = u_B \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$u'' = u_B \frac{R_3}{R_3 + R_4}$$

$$u_D = u' - u'' = u_B \frac{R_2}{R_1 + R_2} - u_B \frac{R_3}{R_3 + R_4}$$

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

Lösungen Prüfung Messtechnik vom 24.09.02 / Blatt 2



Bem.: Sei extrapoliertem
Linearen Verlauf

$$\Delta = 1^\circ\text{C} \hat{=} 30\text{s}$$

$$\Delta = 40^\circ\text{C} \hat{=} 1200\text{s} \quad (\approx \text{Zeitkonstante})$$

$$\Delta = 20^\circ\text{C} \Rightarrow 600\text{s}$$

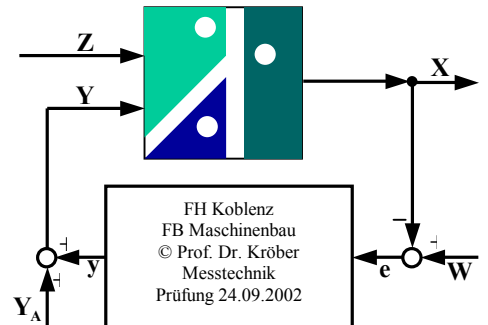
$$\frac{59-20}{60-20} = e^{-t/T} \Rightarrow T = -\frac{30\text{s}}{\ln \frac{39}{40}} = 1185\text{s}$$

$$\frac{40-20}{60-20} = e^{-t/T} \Rightarrow t = T \cdot \ln 2 = \dots = 821\text{s}$$

zu 5) $R_L = \frac{\Delta U}{I} = \frac{15\text{V} - 1,5\text{V} - 0,7\text{V}}{20\text{mA}} = 640\Omega$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \Rightarrow I_B = \dots = 0,182\text{mA}$$

$$U_E = 0,7\text{V} + 10 \cdot 10^3 \cdot 0,182 \cdot 10^{-3}\text{V} = 2,52\text{V} \quad (\text{mindestens})$$



zu 6) $\frac{\alpha_0}{2} = \frac{6+1}{3} = \frac{7}{3} \quad 2L = \beta - \alpha = 2 - (-1) = 3 \Rightarrow L = \frac{3}{2}$

$b_1 = 0$ weil $\tilde{f}(x)$ gerade

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{2}{3} \int_{-1}^{+1} 3 \cos\left(\frac{\pi}{3/2}x\right) dx + \frac{2}{3} \int_{-1}^{+1} 1 \cos\left(\frac{\pi}{3/2}x\right) dx \\ &= 2 \int_{-1}^{+1} \cos\left(\frac{2\pi}{3}x\right) dx + \frac{2}{3} \int_{-1}^{+1} \cos\left(\frac{2\pi}{3}x\right) dx \\ &= 2 \left[\frac{3}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{3}x\right) \right]_{-1}^{+1} + \frac{2}{3} \left[\frac{3}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{3}x\right) \right]_{-1}^{+1} \end{aligned}$$

$$\underline{a_1 = \dots = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} \approx 1,103}$$

Zusatzfrage: Funktion um 1 Skalenteil nach unten (bzw x-Achse nach oben), damit Funktion bereichsweise Null wird, dann:

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