

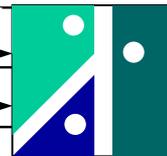
Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

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

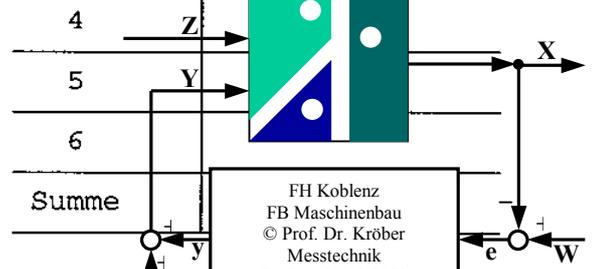
Note : \_\_\_\_\_

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

+ Lösungen

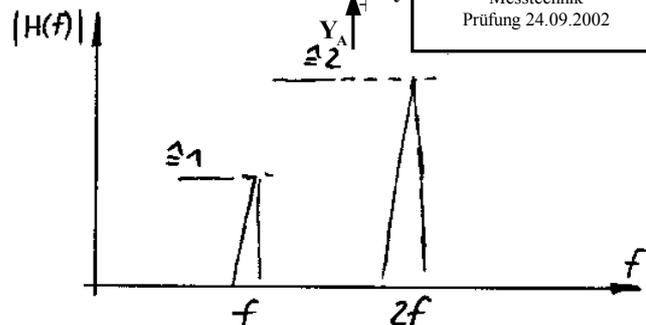


FH Koblenz  
 FB Maschinenbau  
 © Prof. Dr. Kröber  
 Messtechnik  
 Prüfung 24.09.2002

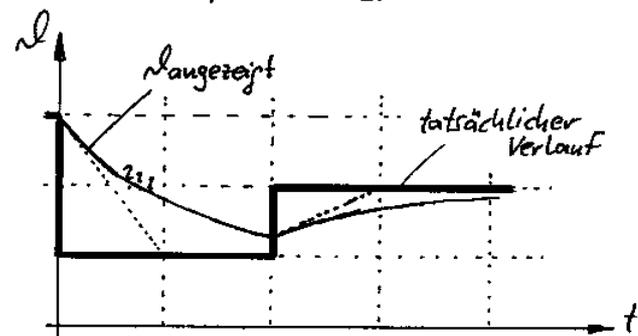


**KURZFRAGEN :**

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



2. Ergänzen Sie den weiteren angezeigten Temperaturverlauf des Temperaturfühlers!  
 ( 2P )



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

±10V (Spannung)

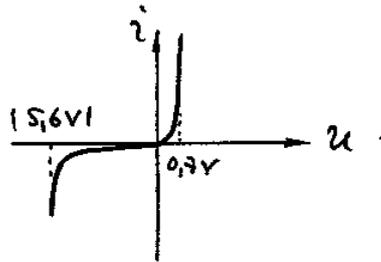
4. Wie groß ist die Standardabweichung der 3 angegebenen Messwerte ( 121mm; 119mm; 120mm )? ( 3P )

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

$$\bar{x} = 120$$

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{3-1} (1^2 + 0^2 + 1^2)} = 1$$

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

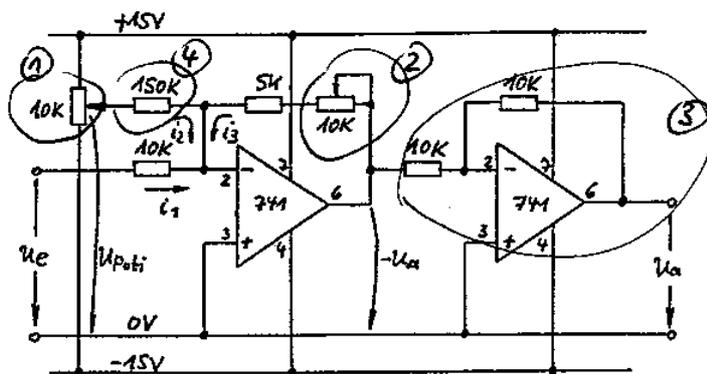


6. In welchem Frequenzbereich (in Bezug auf die Eigenfrequenz) werden Beschleunigungsaufnehmer eingesetzt ? ( 2P )

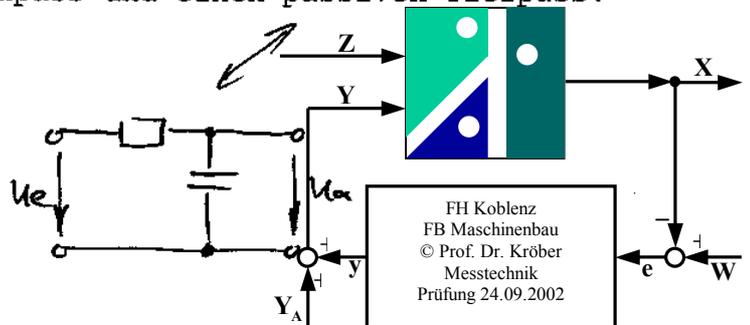
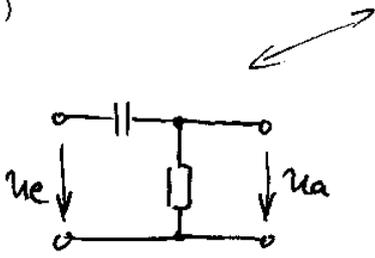
unterkritisch

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 )

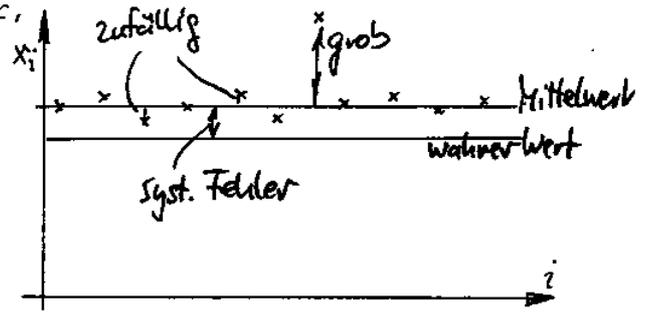
Justieren ≙ Nullpunktgleich  
Kalibrieren ≙ Ermittlung/Festlegung Änderung Messgröße ⇒ Änderung Anzeige

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

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



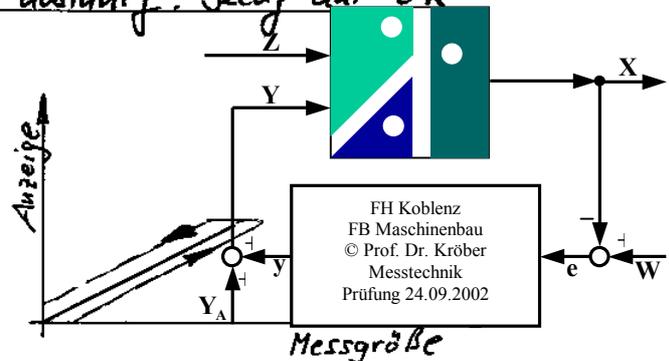
13. Tragen Sie ein: zufälliger Fehler, systematischer Fehler, grober Fehler, wahrer Wert (einen Wahren Wert annehmen)! ( 4P )



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

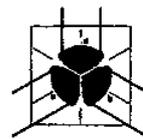
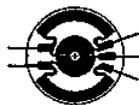
15. Die Abbildung zeigt einen linearen Zusammenhang zwischen der Messgröße und der Anzeigegröße. Wie ändert sich die Charakteristik, falls eine Umkehrspanne (z.B. konstante Hysterese) auftritt? ( 3P )



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

10 MΩ

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 )

einer Temp.-differenz

$U_T = k (\alpha - \alpha_r)$  stets Messung

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

Eiswasser, Thermostart (üblich  $50^{\circ}\text{C}$ )

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

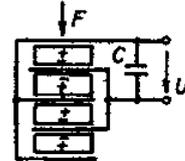
Widerstandsänderung steht in direkter  
Zusammenhang zur (abs.) Temperatur

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 )

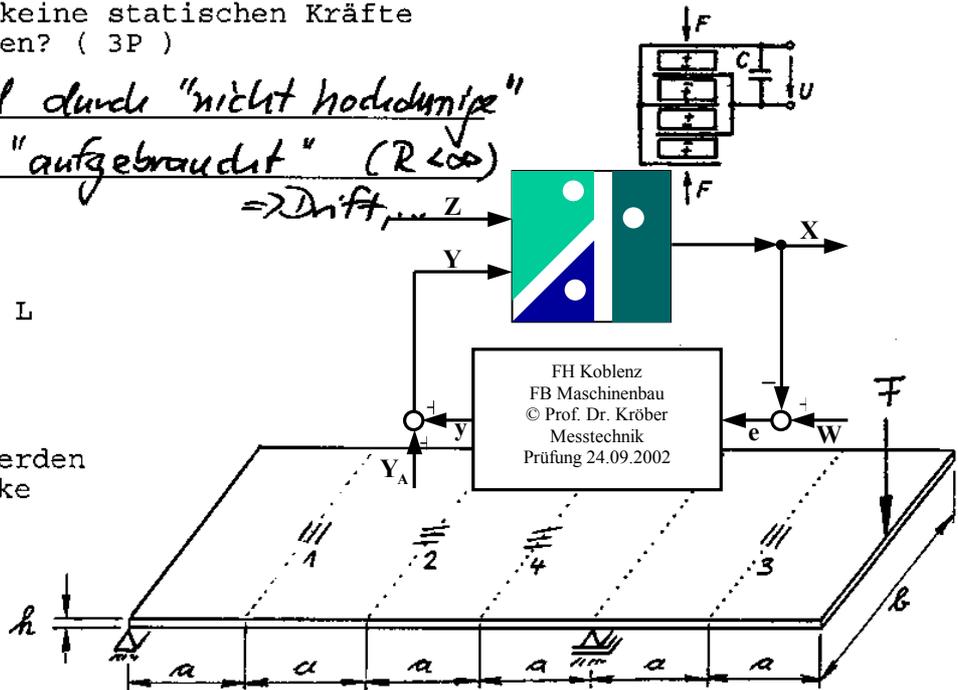
Ladung wird durch "nicht hochohmige"  
Auslastung "aufgebraucht" (R < ∞)  
=> Drift, ... Z



RECHENTEIL

Aufgabe 1 ( 18 P )

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



a. Entwickeln Sie eine Gleichung zwischen der Brückenverstimmung 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 N eine Brückenverstimmung von 0,5mV/V entsteht?

Weitere Zahlenwerte für Fragestellung b.:

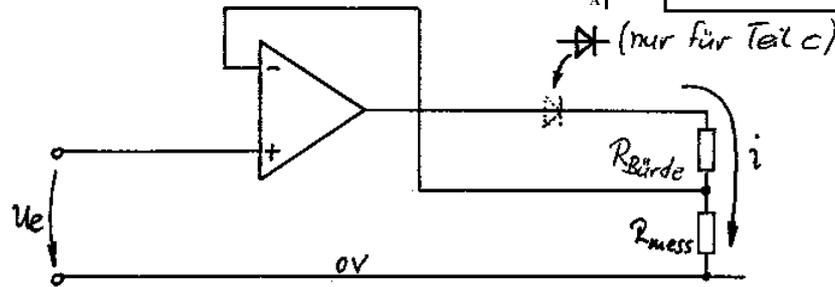
a=20mm; b=50mm; k=2,05; ν=0,3; E=210000 N/mm<sup>2</sup>

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

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

Aufgabe 2 ( 8 P )

Die Abbildung zeigt einen Messumformer U/I .

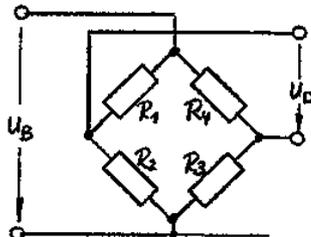


FH Koblenz  
 FB Maschinenbau  
 © Prof. Dr. Kröber  
 Messtechnik  
 Prüfung 24.09.2002

- 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:

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

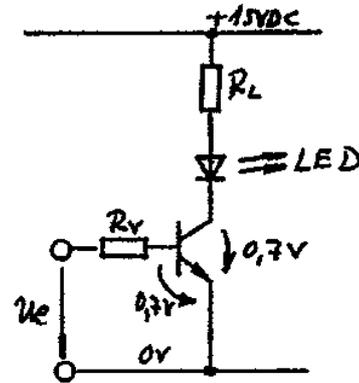
Lösen sie in Analogie:

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

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.

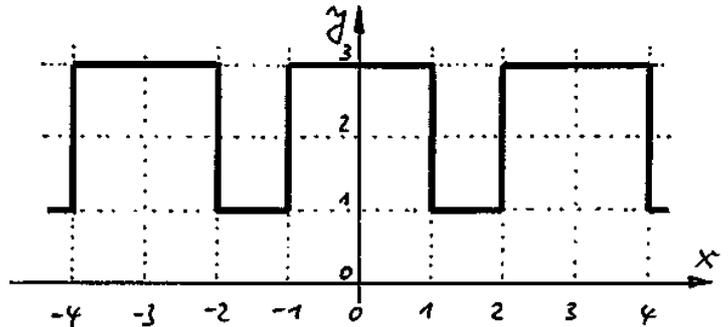
- a. Wie groß muss der erforderliche Vorwiderstand  $R_L$  sein?  
Daten der Leuchtdiode:  
Durchlassspannung =  $1,5 \text{ V}$  ;  $I = 20 \text{ mA}$
- b. Wie groß muss die Eingangsspannung  $u_e$  mindestens sein, damit der maximale Stromverstärkungsfaktor des Transistors von  $\beta = 110$  nicht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

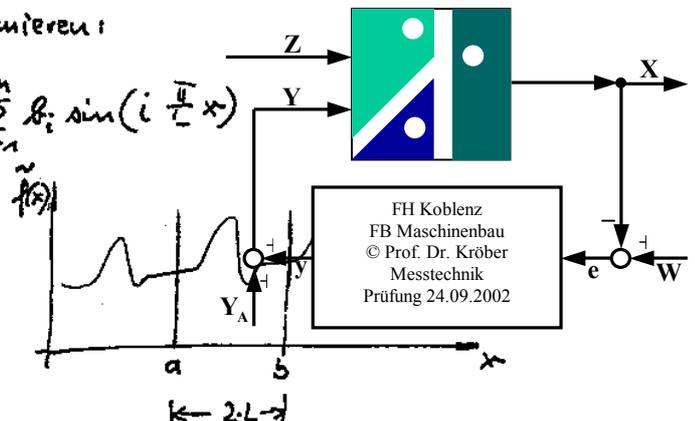
Sei  $\tilde{f}(x)$  eine periodische Funktion der Periode  $2L$ , dann läßt sich  $\tilde{f}(x)$  durch eine Reihenentwicklung approximieren:

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

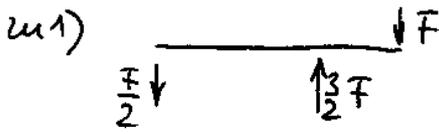
wobei

$$a_i = \frac{1}{L} \int_a^{b+2L} \tilde{f}(x) \cos\left(i \frac{\pi}{L} x\right) dx$$

$$b_i = \frac{1}{L} \int_a^{b+2L} \tilde{f}(x) \sin\left(i \frac{\pi}{L} x\right) dx$$



Lösungen Prüfung Messtechnik vom 24.09.02 / Blatt 1



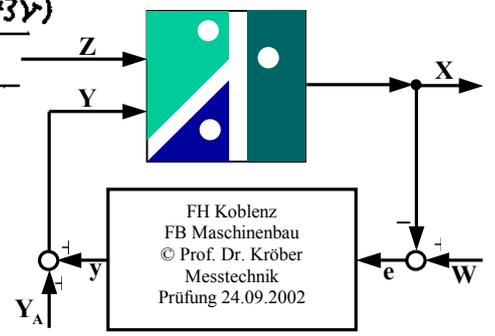
$$E_2 = \frac{F \cdot \alpha}{W_b \cdot E} ; E_4 = \frac{3}{2} E_2 = \frac{3 F \alpha}{2 W_b E}$$

$$E_1 = -\nu \frac{1}{2} E_2 = -\nu \frac{F \cdot \alpha}{2 W_b E} ; E_3 = -\nu \frac{F \alpha}{W_b E}$$

$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} K (E_2 + E_4 - E_1 - E_3) = \frac{K}{4} \cdot \frac{F \alpha}{W_b E} \left( 1 + \frac{3}{2} - \nu \left( -\frac{1}{2} \right) - (-\nu) \right)$$

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

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

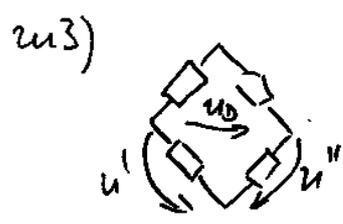


$$i = \frac{u_e}{R_{\text{mess}}}$$

$$u_e = +2V \Rightarrow \underline{\underline{i = +2 \mu A}}$$

$$u_e = -2V \Rightarrow \underline{\underline{i = -2 \mu A}}$$

mit Diode:  $u_e = +2V \Rightarrow \underline{\underline{i = +2 \mu A}}$  (wie zuvor)  
 $u_e = -2V \Rightarrow \underline{\underline{i = 0}}$  (wegen Sperrwirkung Diode)



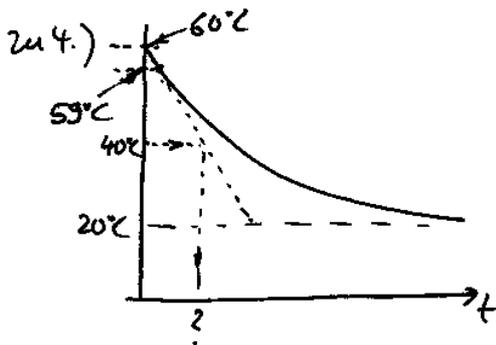
$$u' = u_B \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

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

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

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

# Lösungen Prüfung Messtechnik vom 24.09.02 Blatt 2



Bem.: Sei extrapoliertem  
Linearem Verlauf

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

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

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

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

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

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

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

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

zu 6)  $\frac{a_0}{2} = \frac{6+1}{3} = \frac{7}{3} \quad 2L = b - a = 2 - (-1) = 3 \Rightarrow L = \frac{3}{2}$

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

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

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

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

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

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

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

