

Diese Prüfung/Klausur 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

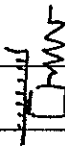
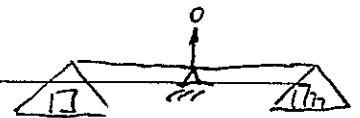
K U R Z F R A G E N :

1. Nennen Sie einen anderen Begriff für "Nullpunkteinstellung"!
 (Die Antwort lautet nicht "Tara") (1P)

Justieren

2. Nennen Sie je ein Beispiel für ein Ausschlagverfahren und ein Kompensationsverfahren! (3P)

Massebestimmung
"Federwaage"

Kompensationswaage

3. Durch welches Maß wird der zufällige Fehler quantifiziert/angegeben? (2P)

z.B. Standardabweichung

4. Ein Manometer (Messbereich 250 bar, Klasse 0.1) zeigt einen Druck von 20 bar an. Wie groß ist der (maximale) relative Messfehler? (2P)

abs. Fehler = 0,25 bar ; $\frac{0,25}{20} \cdot 100\% = \pm 1,25\%$

5. Zur Messung der Umgebungstemperatur wird ein Temperaturfühler der direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt. Weshalb zeigt er eine zu hohe Temperatur an? Begründung! (3P)

($\alpha_{Ab} > 0$) Wärmestrahlung wird absorbiert und durch Konvektion an kältere Luft abgegeben, treibende Temperaturdifferenz für Konvektion $\rightarrow$ Messfehler

6. Der Betrag des Frequenzganges sei $|G|=0,01$. Wie groß ist das Amplitudenverhältnis in [dB]? (1P)

-40dB

7. Nennen Sie ein Beispiel, wodurch bei einem nicht abgeschirmten Kabel durch äußere Einflüsse Störungen auf das Messsignal übertragen werden können! (1P)

z.B. Schaltvorgänge in räumlicher Nähe der Messkabel

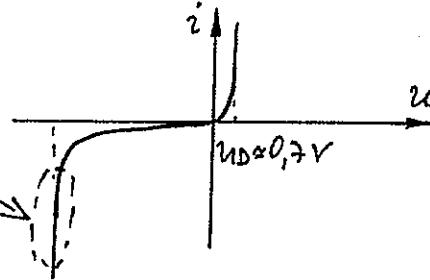
8. Wie groß ist die übliche Speisespannung eines Operationsverstärkers? (2P)

$\pm 15V$

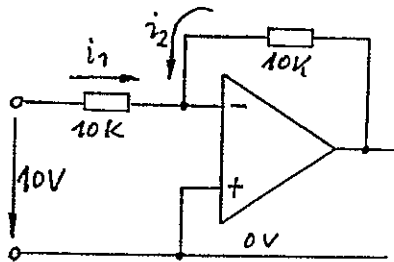
Wie groß ist der dann nutzbare Signalbereich? (2P)

$\approx \pm 13V$

9. Skizzieren Sie die Kennlinie einer Zenerdiode! Tragen Sie insbesondere die Durchlassspannung ein sowie den Kennlinienbereich, der zur Spannungsbegrenzung verwendet wird! (3P)



10. Wie groß sind die Ströme i_1 und i_2 ? (4 P)



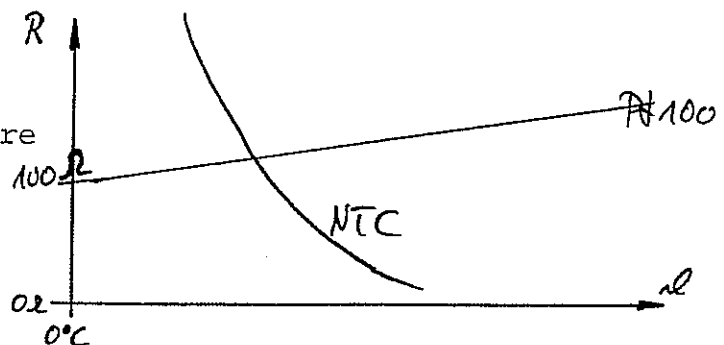
$$i_1 = \frac{10V}{10k\Omega} = 1\mu A$$

$$i_1 + i_2 = 0 \Rightarrow i_2 = -1\mu A$$

11. Erläutern Sie die Anwendung/Sinn/Handhabung von Temperaturfarbstiften! (2P)

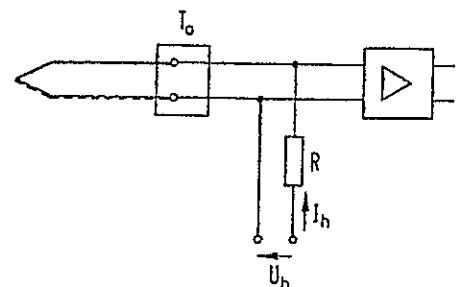
Temp.-messung, Farbumschlag falls Temperatur überschritten

12. Tragen Sie die Kennlinie eines Pt100 und eines NTC's in das nebenstehende Diagramm (lineare Achsen-skalierung) ein! Insbesondere ist auf die Steigung und eine eventuell vorhandene Krümmung zu achten. (2P)



13. Erläutern Sie die Wirkungsweise einer Thermoelementbruchsicherung! (4P)

Spannungsabfall der Hilfspassung U_a über Thermoelement ($R \rightarrow 0$) vernachlässigbar, falls Bruch: U_a am Verstärkereingang $\rightarrow$ die Temp. wird vorgetäuscht



14. Bei einem Gleichspannungsmessverstärker gehen Thermospannungen additiv ins Messergebnis ein. Bei welchen Verstärker ist dies nicht der Fall? (1P)

Trägerfrequenzmessverstärker

15. Bei der "Shunt-Kalibrierung" wird einem Widerstand in der Messbrücke ein (relativ) hochohmiger Widerstand R_p parallel geschaltet. Wie groß muss Widerstand R_p sein, falls eine Brückenverstimmung von 1mV/V realisiert werden soll? (1P)

$R_p = 250 \cdot R_{\text{BMS}}$

Wie groß muss der parallelgeschaltete Widerstand sein, falls die Brückenverstimmung nur $0,5\text{ mV/V}$ betragen soll? (2P)

$R_p = 500 \cdot R_{\text{BMS}}$

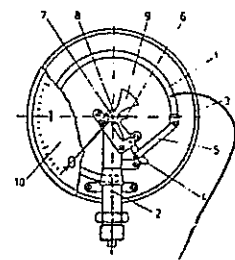
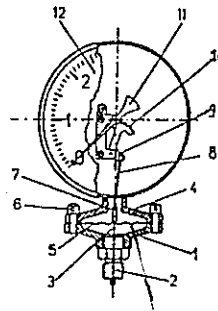
16. Wie groß ist die übliche Toleranz des k-Faktors ? (1P)

$\pm 1\%$

17. Wie ist beim Beschleunigungsaufnehmer die seismische Masse und die Federsteifigkeit abgestimmt? (3P)

$m \downarrow \quad c \uparrow$

18. Die Abbildungen zeigen zwei verschiedene Druckmessgeräte. Worin liegt der wesentliche Unterschied? Benennen Sie die unterschiedlichen Einsatzbereiche! (4P)



Membran: für kleinere Drücke

Bourdon: für größere Drücke

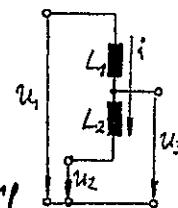
Membran als
Messelement

Bourdonrohr als
Messelement

19. Wozu wird das Drosselprinzip eingesetzt? Mit welcher Signalform wird die Drossel eingespeist? Womit wird keinesfalls eingespeist? (3P)

Wegmessung

Spannung: Wechselspannung, keinesfalls Gleichspannung



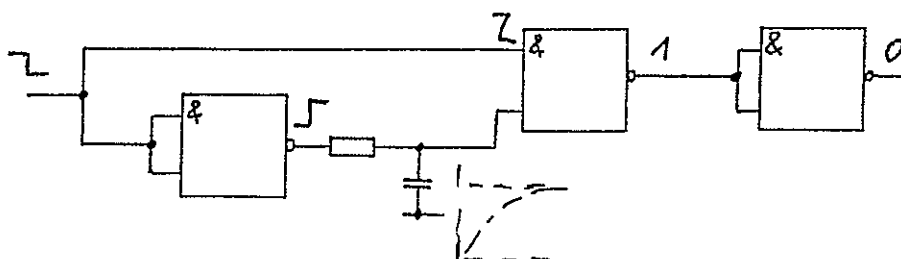
20. Wie groß ist der Eingangswiderstand eines handelsüblichen Voltmeters (Spannungsmessung)? (1P)

10 MΩ

21. Ergänzen Sie die Signalverläufe an den Eingängen und Ausgängen der NAND-Glieder, falls am Eingang eine negative Flanke anliegt! (5P).

NAND:

A	B	Q
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

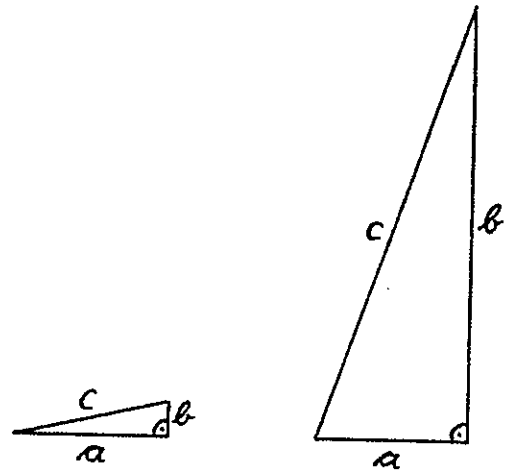


R E C H E N T E I L

Aufgabe 1 (9 P)

In einem rechtwinkligen Dreieck ist die Länge der Grundlinie a stets gleich lang. Die Länge der Seite b wird gemessen und ist fehlerbehaftet... (absoluter Fehler Δb). Aus den Seiten a und b ist die Seite c (Hypotenuse) zu bestimmen. Die Gleichung zur Bestimmung der gesuchten Hypotenuse c lautet:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$



- a. Wie groß ist der absolute Fehler Δc in Abhängigkeit der gegebenen Größen (a , b , Δb)?

$$\text{Ziel: } \Delta c = \dots \cdot \Delta b$$

- b. Ermitteln Sie eine Gleichung zur Bestimmung des relativen Fehlers $\Delta c/c$ in Abhängigkeit der gegebenen Größen (a , b , Δb)?

$$\text{Ziel: } \frac{\Delta c}{c} = \dots \cdot \frac{\Delta b}{b}$$

- c. Welche Aussage können Sie bezüglich des relativen Fehlers angeben, falls $b \ll a$ (anschauliche Erklärung und rechnerische Erklärung)?
- d. Welche Aussage können Sie bezüglich des relativen Fehlers angeben, falls $b \gg a$ (anschauliche Erklärung und rechnerische Erklärung)?

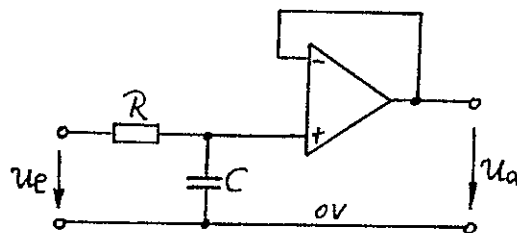
Hilfestellungen:

$$f = \frac{\partial f}{\partial x_1} \Delta x_1 + \dots$$

$$\frac{d}{dx} \sqrt{x} = \frac{1}{2\sqrt{x}}$$

Aufgabe 2 (9 P)

Zur Bestimmung der Größe eines Kondensators wird die abgebildete Schaltung verwendet.



Gemessen werden: Frequenz des sinusförmigen Eingangssignals 30 Hz
 Amplitude des Eingangssignals 4,0 V
 Amplitude des Ausgangssignals 2,0 V
 Widerstand $R = 100 \text{ k}\Omega$

- a. Bestimmen Sie die Kapazität C !
- b. Wird anstatt der sinusförmigen Eingangsgröße eine sprungförmige Eingangsgröße gewählt, ergibt sich ein Signalverlauf einer E-Funktion. Wie groß ist die Halbwertszeit dieser E-Funktion?

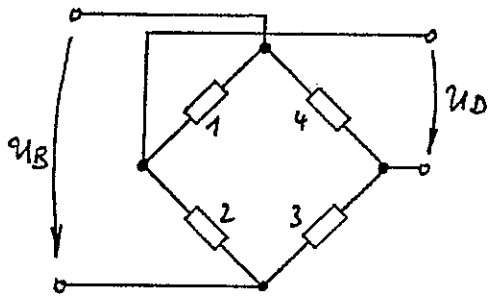
Hilfestellungen:

$$G = \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

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

Aufgabe 3 (9 P)

Mit der folgenden Messanordnung soll eine Zugkraft (biege-kompensiert) gemessen werden.



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

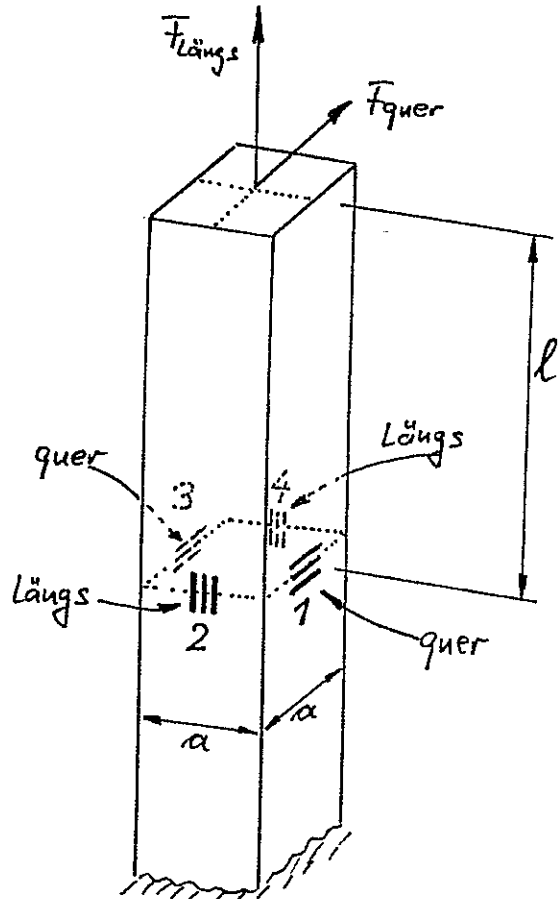
a. Ermitteln Sie formelmäßig die Dehnungen $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4$ in Abhängigkeit der Kraft $F_{\text{längs}}$!

b. Ermitteln Sie eine Gleichung zur Bestimmung der Brückenverstimmung in Abhängigkeit der gegebenen Größen!

$$\frac{u_D}{u_B} = f(F_{\text{längs}}, k, a, E, \nu)$$

c. Ermitteln Sie formelmäßig die Dehnungen ϵ_2 und ϵ_4 in Abhängigkeit der Kraft F_{quer} !
 Bem.: Der Einfluss von F_{quer} auf ϵ_1 und ϵ_3 ist gleich Null (Symmetrie, neutrale Faser).

d. Weisen Sie nach, dass die Kraft F_{quer} nicht in das Messergebnis eingeht!



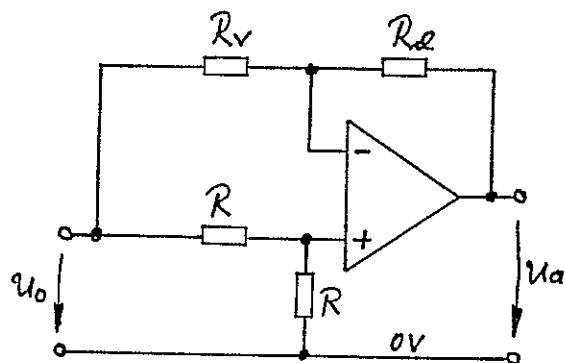
Aufgabe 4 (9 P)

Für den abgebildeten Messumformer R/U ist die angegebene Gleichung nachzuweisen.

$$u_a = -\frac{u_0}{2} \cdot \alpha_{Pt} \cdot \vartheta$$

Hilfestellung:

$$R_\vartheta = R_0 \cdot (1 + \alpha_{Pt} \cdot \vartheta)$$



Aufgabe 5 (8 P)

Zur Demonstration von Temperaturmessverfahren wird die Temperatur eines Heizkörpers (sei 70°C) mit 2 verschiedenen Thermoelementen und einem Pt100 gemessen.

Thermopaar 1: K-Typ, NiCr-Ni, Thermoempfindlichkeit $3,73 \text{ mV}/100\text{k}$
Vergleichsstelle mit Eiswasser

Thermopaar 2: J-Typ, Fe-Konst, Thermoempfindlichkeit $5,26 \text{ mV}/100 \text{ k}$
direkter Anschluss an Voltmeter, Raumtemperatur 20°C

Pt100: Widerstand $R = 138,5 \Omega$ bei 100°C

Hilfestellung: Thermoelemente: $u_T = k_{AB} \cdot (\vartheta - \vartheta_v)$

- Welche Thermospannung ergibt sich beim Thermopaar 1 ?
- Welche Thermospannung ergibt sich beim Thermopaar 2 ?
- Wie groß ist der gemessene Widerstand des Pt100 ?
- Bei welcher Heizkörpertemperatur ist die gemessene Thermospannung bei beiden Thermopaaren gleich groß?

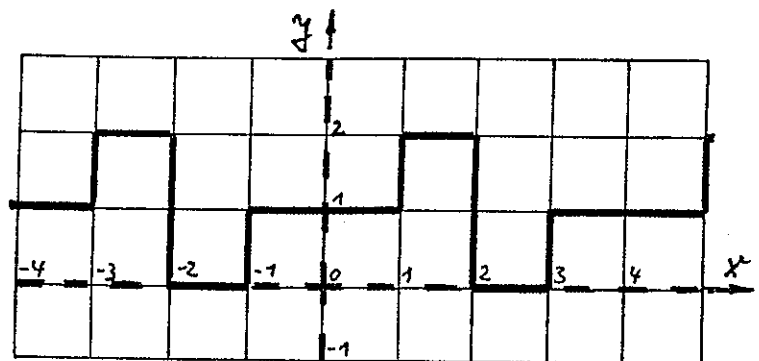
Aufgabe 6 (9 P)

Von dem abgebildeten Signal soll der Konstantanteil $a_0/2$, a_1 und b_1 bestimmt werden.
(Bem.: Exakte Lösung !)

Geben Sie die Gleichung für die Grundschwingung an!

Hilfestellung:

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



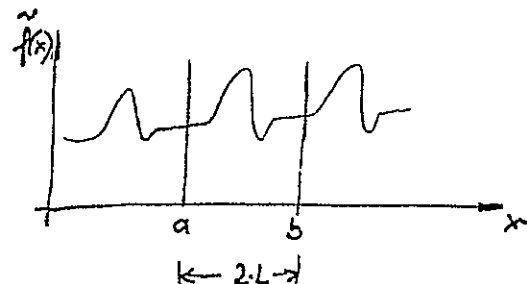
Sei $\tilde{f}(x)$ eine periodische Funktion der Periode $2L$, dann lässt sich $\tilde{f}(x)$ durch eine Reihenentwicklung approximieren:

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

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 Klausur / Prüfung Messtechnik 9.7.01 Blatt 1

zu 1, a) $c = \sqrt{a^2 + b^2}$

$$\Delta c = \frac{\partial c}{\partial b} \Delta b = \frac{1}{2\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot 2 \cdot b \cdot \Delta b = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \Delta b = \frac{b}{c} \Delta b$$

b) $\Delta c = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \Delta b \Big| \frac{1}{c} \quad \dots \quad \frac{\Delta c}{c} = \frac{b^2}{a^2 + b^2} \cdot \frac{\Delta b}{b}$

c) $b \ll a$ (siehe Skizze, links) Länge c ändert sich kaum

formal: $\frac{\Delta c}{c} = \frac{b^2}{a^2 + b^2} \cdot \frac{\Delta b}{b} = \left(\frac{b}{a}\right)^2 \frac{\Delta b}{b}$
 $\ll a^2 \rightarrow \text{gegen 0, weil } b \ll a$

d) $b \gg a$ (siehe Skizze, rechts) Länge c ändert sich proportional mit b

formal: $\frac{\Delta c}{c} = \frac{b^2}{a^2 + b^2} \cdot \frac{\Delta b}{b} = \frac{\Delta b}{b}$ (proportional)
 $\ll b^2$

zu 2, a) $\frac{\hat{u}_a}{\hat{u}_e} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} \Rightarrow C = \frac{1}{\omega R} \sqrt{\frac{1}{(\hat{u}_a/\hat{u}_e)^2} - 1}; \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$

$C = 91,9 \text{ nF}$

b) $\frac{1}{2} = e^{-t/T} \Rightarrow \ln \frac{1}{2} = -t/T \Rightarrow t = T \cdot \ln 2; T = R \cdot C$

$t = 6,37 \mu\text{s}$

zu 3, a) $E_2 = \frac{Q_2}{\epsilon} = \frac{F_{\text{Längs}}}{\epsilon \cdot a^2} = E_4$; $E_1 = E_3 = -V E_{\text{Längs}} = -V \frac{F_{\text{Längs}}}{\epsilon \cdot a^2}$

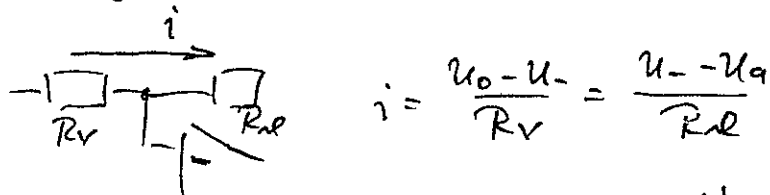
b) $\frac{u_D}{u_B} = \frac{k}{4} \left(\frac{F_{\text{Längs}}}{\epsilon a^2} \cdot 2 + V \frac{F_{\text{Längs}}}{\epsilon a^2} \cdot 2 \right) = \frac{k(1+V)}{2\epsilon a^2} F_{\text{Längs}}$

c) $E_2 = \frac{F_{\text{quer}} \cdot l}{\epsilon \cdot W_b}$; $E_4 = -E_2 = -\frac{F_{\text{quer}} \cdot l}{\epsilon \cdot W_b}$

d) $\frac{u_D}{u_B} = \frac{k}{4} \left(\underbrace{E_2 + E_4}_{=0 \text{ wegen c)}} - \underbrace{E_1 + E_3}_{\text{jeweils Null (siehe Bem. in Aufgabe)}} \right)$
 $= 0$; also kein Einfluss

Lösungen Klausur/Prüfung Messtechnik 9.7.01 Blatt 2

zu 4) Spannungsteiler: $u_+ = \frac{u_0}{2}$; ferner: $u_+ = u_-$



einsetzen und auflösen nach u_a ergibt $u_a = \frac{u_0}{2} \left(1 - \frac{R_L}{R_v}\right)$

Wahl: $R_v = R_0$; $R_L = R_0(1 + \alpha_{pt} \cdot \Delta l)$

somit: $u_a = \frac{u_0}{2} (1 - (1 + \alpha_{pt} \cdot \Delta l)) = -\frac{u_0}{2} \alpha_{pt} \cdot \Delta l$

zu 5, a) $u_T = \frac{3,73 \text{ mV}}{100} \cdot 70 = 2,611 \text{ mV}$

b) $u_T = \frac{5126 \text{ mV}}{100} \cdot \frac{50}{70-20} = 2,630 \text{ mV}$

c) $R = 100 \Omega \cdot 0,3 + 138,5 \Omega \cdot 0,7 = 126,95 \Omega$

d) $\frac{3,73 \text{ mV}}{100} \cdot x = \frac{5126 \text{ mV}}{100} (x - 20^\circ \text{C}) \rightarrow x = 68,76^\circ \text{C}$

zu 6) $a = -2$; $b = +2$; $2L = b - a = 4 \Rightarrow \underline{\underline{L = 2}}$

Konstantanteil $\frac{a_0}{2} = 1$

$\hat{f}(x)$ ungerade $\Rightarrow \underline{\underline{a_1 = 0}}$

$b_1 = \frac{1}{L} \int_a^b \hat{f}(x) \sin\left(i \frac{\pi}{L} x\right) dx$

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

$= \frac{1}{2} \int_{-1}^{+1} \sin\left(\frac{\pi}{2} x\right) dx + \int_1^2 \sin\left(\frac{\pi}{2} x\right) dx = \frac{1}{2} \left[-\frac{2}{\pi} \cos\left(\frac{\pi}{2} x\right) \right]_{-1}^{+1} + \left[-\frac{2}{\pi} \cos\left(\frac{\pi}{2} x\right) \right]_1^2$

$= -\frac{1}{\pi} \underbrace{\cos\left(\frac{\pi}{2}\right)}_0 + \frac{1}{\pi} \underbrace{\cos\left(-\frac{\pi}{2}\right)}_0 - \frac{2}{\pi} \underbrace{\cos(\pi)}_{-1} + \frac{2}{\pi} \underbrace{\cos\left(\frac{\pi}{2}\right)}_0$

$b_1 = \frac{2}{\pi} \approx 0,637$

Grundschwingung: $y = 1 + \frac{2}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{2} x\right)$