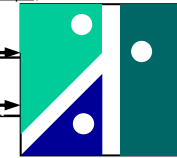


Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsteil ersichtlich sein.

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

Note : _____

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	



FH Koblenz
 FB Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Messtechnik
 Prüfung 22.09.2004

KURZFRAGEN :

1. Beurteilen Sie die Möglichkeit der Richtungserkennung bei einem Gleichspannungstachogenerator und einem Wechselspannungstachogenerator! (2P)

Gleichp: Kein Problem (U negativ, wenn andere Richtung)
Wechselp: Signal ist gleichgerichtetes Signal, also stets positiv => ohne Weiteres nicht möglich

2. Wie wird die Richtungserkennung bei der digitalen Drehzahlerfassung mit Näherungsschaltern realisiert? (2P)

[B] zwei Schalter (A+B) nebeneinander
[A] je nachdem, welcher zuerst betätigt -> Richtung ableitbar

3. Bei der Temperaturmessung mit einem Thermoelement (Empfindlichkeit sei $40 \mu V/^{\circ}C$) wird das Thermoelement direkt an ein Voltmeter angeschlossen. Die angezeigte Thermospannung beträgt 1,2 mV. Die Raumtemperatur beträgt $20^{\circ}C$. Wie groß ist die Temperatur des Thermoelementes? (2P)

$$U_T = K(\alpha_L - \alpha_V) \Rightarrow \alpha_L = \alpha_V + \frac{U_T}{K} = 20^{\circ}C + \dots = 50^{\circ}C$$

4. Nennen Sie ein präzises Temperaturmessverfahren auf Widerstandsbasis! Welche charakteristischen Daten besitzt das Verfahren? (2P)

PT100 100Ω bei 0°C

5. Mit welchen Strömen werden Messinformationen übertragen? (1P)

-20mA ... +20mA 0...20mA 4...20mA

6. Mit welchen Spannungen werden Messinformationen übertragen? (1P)

Standard : ±10V 0...10V

7. In der Abbildung sind verschiedene Funktionen zu kennzeichnen: (9P)

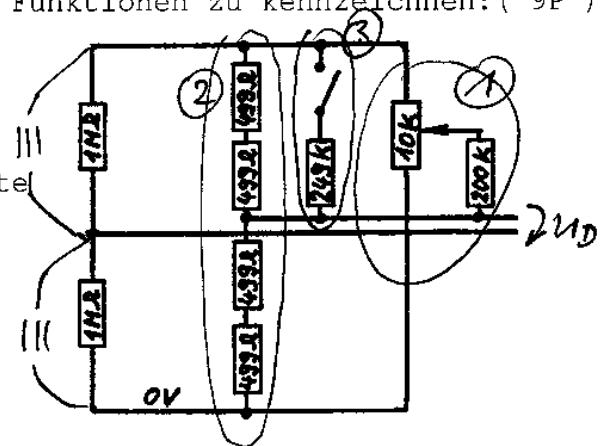
- Nullpunkteinstellung ①
- Ergänzungshalbbrücke ②
- Kalibrierwiderstand/Kalibriertaste ③

Wo sind die DMS anzuschließen?

Wo ist der Abgriff für die Diagonalspannung?

Wie muss welcher Widerstand verändert werden, wenn die Nullpunkteinstellung doppelt so empfindlich sein soll?

200K → halbieren



8. In welchen Anwendungsfällen werden piezoelektrische Kraftaufnehmer eingesetzt/nicht eingesetzt? Nennen Sie je ein typisches Beispiel! (2P)

eingesetzt: dyn./hohe Steifigkeit ⇒ Schnittkraftmessungen

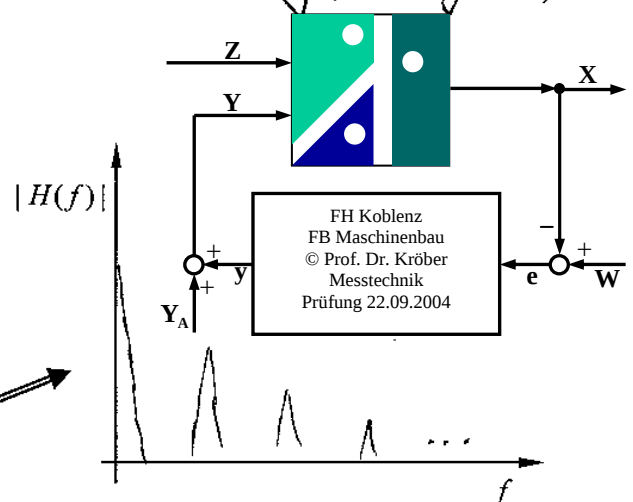
nicht eingesetzt: statisch ⇒ Füllstandmessung (Behälterwand)

9. Von einer Kugel wird der Durchmesser gemessen und daraus das Volumen berechnet. Der Messfehler des Durchmessers der Kugel beträgt 0,1%. Wie groß ist der relative Fehler des Kugelvolumens? (2P)

0,3%

10. Tragen Sie das Amplitudenspektrum der untenstehenden Funktion in das nebenstehende Diagramm ein! (3P)

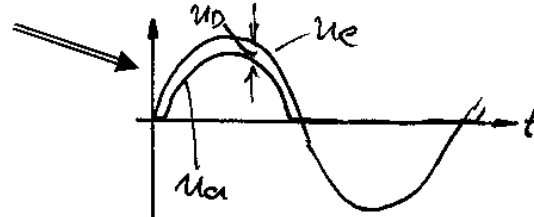
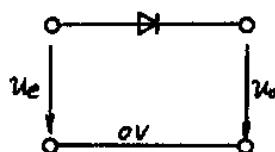
$$h(t) = \pi - 2 \cdot \left(\frac{\sin \omega t}{1} + \frac{\sin 2\omega t}{2} + \frac{\sin 3\omega t}{3} + \dots \right)$$

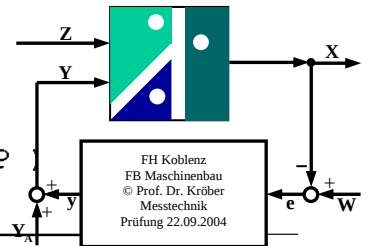


11. An einem Druckmanometer (Messbereichsendwert 25 bar, Fehlerklasse 1.0) wird ein Wert von 10 bar abgelesen. Zwischen welchen beiden Werten kann der tatsächliche Druck liegen? (2P)

1% von 25 bar = 0,25 bar also: 9,75 bar ≤ p ≤ 10,25 bar

12. Auf die abgebildete Schaltung wirkt eine sinusförmige Eingangsspannung. Tragen Sie die Eingangs- und Ausgangsspannung in das Diagramm ein! (3P)





13. Wie groß ist der übliche Widerstand eines DMS ? (1P)

120 Ω (350 Ω)

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

$\pm 1\%$

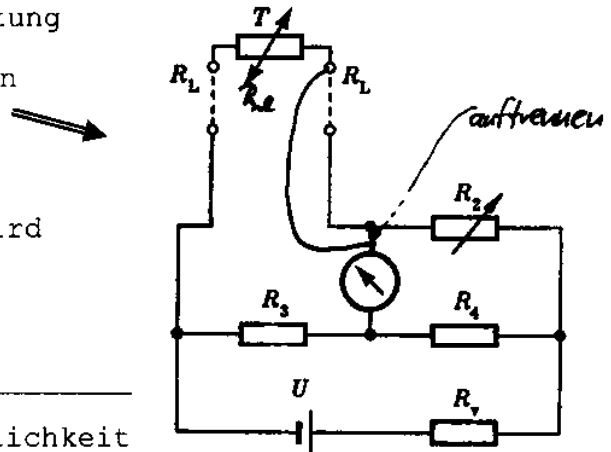
15. Der k-Faktor lässt sich aufspalten in einen "... " Anteil und einen Gefügeanteil. Wie lautet das fehlende Wort ? (1P)

geometrischen Anteil

16. Wie groß sind die Innenwiderstände eines Voltmeters und eines Amperemeters ? (3P)

Voltmeter: 10 M Ω Amperemeter: 2 Ω ; 91 Ω

17. Welche Änderung muss an der Schaltung durchgeführt werden, damit eine Widerstandsänderung von R_L nicht in das Messergebnis eingeht? (3P)



18. Welches Temperaturmessverfahren wird durch die untenstehende Gleichung beschrieben? (3P)

$$R_T = R_0 \cdot e^{B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

NTC

Um welchen Faktor ist die Empfindlichkeit höher als bei metallischen Widerstandsmesssystemen? ≈ 10 mal

19. Eine Welle dreht mit 50 Hz. Welches Bild erhält man bei den angegebenen Blitzfrequenzen: (4P)

25 Hz: auch einfaches Bild

49 Hz: Welle dreht mit 1 Hz in Drehrichtung

50 Hz: einfaches Bild

150 Hz: dreifaches Bild (120° versetzt)

20. Welche Möglichkeit gibt es die Größe eines zufälligen Fehlers zu quantifizieren/anzugeben? (1P)

Standardabweichung

21. Der Betrag eines Frequenzganges sei $|G| = 0,001$. Wie groß ist dann das Amplitudenverhältnis in [dB]? (1P)

-60 dB

22. Bei einem Kalibriervorgang wird ein Temperatursensor zunächst in Eiswasser eingetaucht und die Anzeige auf 0°C eingestellt. Was ist jetzt noch zu tun? (3P)

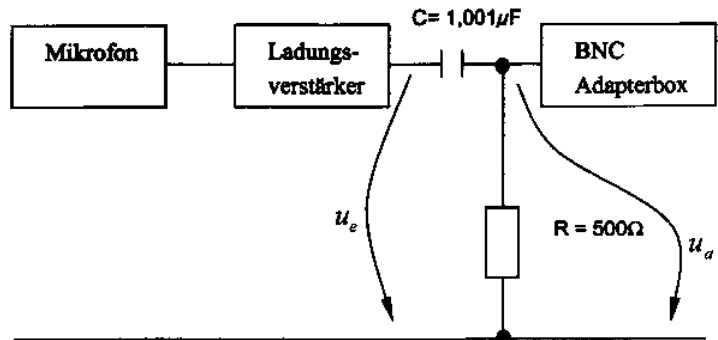
auf andere Temp. bringen und Verstärkung einstellen (Zweipunkt-Kalibrierung)

RECHENTEIL:

Aufgabe 1 (11P)

In einer Diplomarbeit wurde der abgebildete Hochpassfilter verwendet um den im Messsignal vorhandenen Konstantanteil zu eliminieren. Dabei sollten Frequenzinhalte im Bereich um 100 Hz nachgewiesen werden.

$$|G| = \frac{\hat{u}_a}{\hat{u}_e} = \frac{\omega \cdot R \cdot C}{\sqrt{1 + (\omega \cdot R \cdot C)^2}}$$



- Bestimmen Sie die Knickfrequenz in [Hz]!
- Um wie viel Prozent wird das "Nutzsignal" bei 100 Hz abgemindert?
- Worin liegt der grundsätzliche Fehler bei der Auslegung?
- Welche Werte für R und C würden Sie vorschlagen (Berechnen!), wenn die Knickfrequenz auf 1 Hz eingestellt werden soll?

Aufgabe 2 (8P)

An einem einseitig eingespannten Biegebalken (Breite $b = 20\text{mm}$, Höhe $h = 4\text{mm}$) wird mit einer Halbbrücke (DMS 1 und DMS 2) und einer weiteren Halbbrücke (DMS "1" und DMS "2") das Biegemoment an zwei unterschiedlichen Stellen erfasst.

Geg.: $a = 40\text{mm}$, $k = 2$, $E = 210000\text{ N/mm}^2$

Die gemessenen Brückenverstimmungen betragen:

$$\text{DMS 1 und DMS 2: } \frac{u_D}{u_B} = 0,30 \frac{\text{mV}}{\text{V}}$$

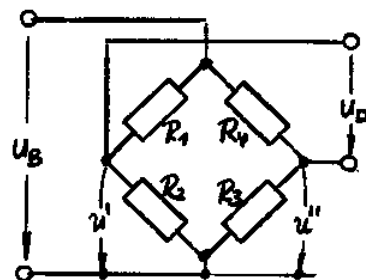
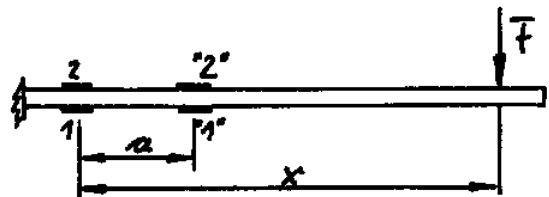
$$\text{DMS "1" und DMS "2": } \frac{u_D}{u_B} = 0,15 \frac{\text{mV}}{\text{V}}$$

Wie groß sind der Abstand x und die Kraft F ?

Hilfestellungen:

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

$$W_b = \frac{b \cdot h^2}{6}$$



Aufgabe 3 (6P)

Bei der experimentellen Bestimmung eines Drehmomentes wird eine Halbbrücke verwendet. Bei der Kalibrierung (1mV/V) wird ein Ausgangssignal von 5 V gemessen. Bei dem Belastungsfall ergibt sich ein Ausgangssignal von 3 V.

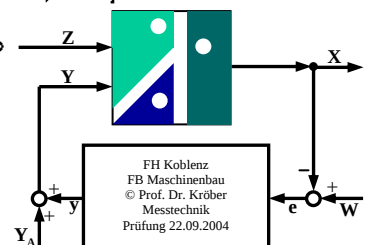
Weiter sind gegeben: Durchmesser Welle 12 mm, $G = 80000\text{ N/mm}^2$, $k = 2$

Wie groß ist das Torsionsmoment bei dem Belastungsfall?

Hilfestellungen:

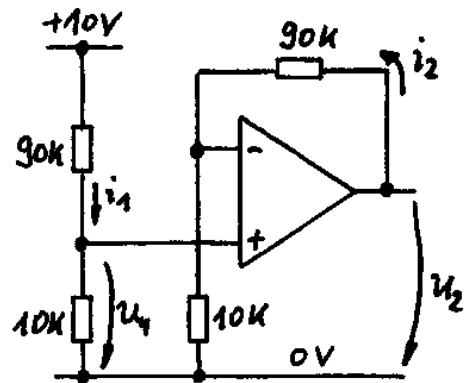
$$\varepsilon_{DMS} = \frac{\tau}{2 \cdot G}$$

$$W_t = \frac{\pi}{16} d^3$$



Aufgabe 4 (10P)

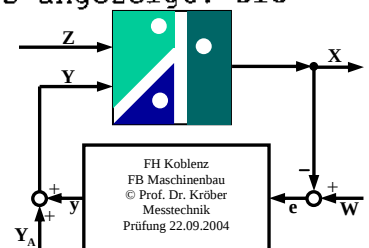
Von dem abgebildeten Messumformer sind die Ströme i_1 , i_2 sowie die Spannungen u_1 und u_2 zu bestimmen. Die Speisung des Operationsverstärkers erfolgt mit den üblichen Spannungen.



Aufgabe 5 (7P)

Ein Temperatursensor verhalte sich wie ein System 1. Ordnung. Zum Zeitpunkt $t=0$ beträgt seine Temperatur $\vartheta=90^{\circ}\text{C}$. Nach 40s beträgt seine Temperatur $\vartheta=60^{\circ}\text{C}$. Welche Temperatur wird nach 80s angezeigt? Die Raumtemperatur sei 20°C .

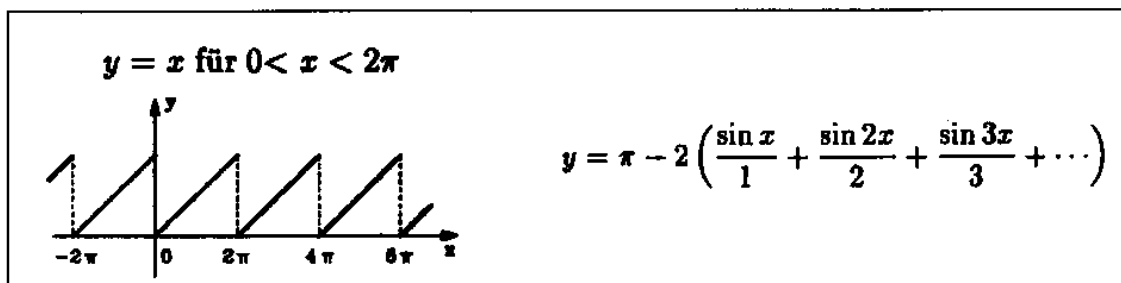
Hilfestellung: $\frac{\text{momentane Differenz}}{\text{Anfangsdifferenz}} = e^{-\frac{t}{T}}$



Aufgabe 6 (10P)

Im Bronstein (Taschenbuch für Mathematik) findet man die folgende Reihenentwicklung. Prüfen Sie die Richtigkeit des Konstantanteils und die Richtigkeit des Koeffizienten der Grundschiwingung nach!

Auszug aus dem Taschenbuch:



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

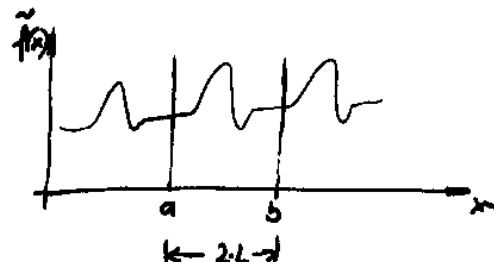
Sei $\tilde{f}(x)$ eine periodische Funktion der Periode $2L$, dann läßt sich $\tilde{f}(x)$ durch eine Reihenentwicklung approximieren:

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

wobei

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

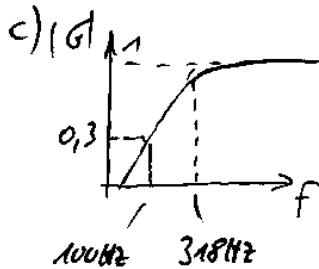
$$b_i = \frac{1}{L} \int_a^b \tilde{f}(x) \sin\left(i \frac{\pi}{L} x\right) dx$$



Lösungen Prüfung Messtechnik vom 22.09.04 / Blatt 1

zu 1.a) $\omega = \frac{1}{RC} = 2\pi \cdot f \Rightarrow \underline{f = \frac{1}{2\pi RC} = \dots = 318 \text{ Hz}}$

b) $\frac{u_a}{u_e} = \frac{\omega RC}{\sqrt{1+(\omega RC)^2}} = \frac{2\pi \cdot 100 \cdot 500 \cdot 1,001 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{1+(2\pi \cdot 100 \cdot 500 \cdot 1,001 \cdot 10^{-6})^2}} = 0,300$



Abminderung 70%

Kurve liegt zu weit rechts, nachzuweisendes Signal wird "zu stark" weggefiltert

Bem.: $500 \Omega \approx$ Kurzschlussbehieb

d) $\omega = \frac{1}{RC} = 2\pi f \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot R}$

Wahl $R=10 \text{ k}\Omega \rightarrow C=15,92 \mu\text{F} \rightarrow$ ist etwas zu groß

neue Wahl $\underline{C=2 \mu\text{F}} \rightarrow \underline{R=79,6 \text{ k}\Omega}$

zu 2) DMS 1+2 $\rightarrow$ doppelte Signal im Vergleich zu DMS "1" + "2"
also muss sein $\underline{x=2\alpha = 80 \mu\text{m}}$

DMS 1+2:

$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta R_2}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} \right) = \frac{K}{4} (\epsilon_2 - \epsilon_1); \epsilon_2 = \frac{\sigma_2}{E} = \frac{F \cdot x}{E \cdot b \cdot h^2}; \epsilon_1 = -\epsilon_2$$

$$\frac{u_D}{u_B} = \dots = \frac{3 \cdot K \cdot F \cdot x}{E \cdot b \cdot h^2} \Rightarrow \underline{F = \frac{u_D \cdot E \cdot b \cdot h^2}{3 \cdot K \cdot x} = \dots = 42 \text{ N}}$$

andererfalls: 2 gl'n mit Unbekannten x und F

zu 3) $\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{2} K \cdot \epsilon_{DMS} = \frac{1}{2} \cdot K \cdot \frac{\tau}{2G} \Rightarrow \underline{\tau = \frac{4 \cdot G \cdot u_D}{K}}$

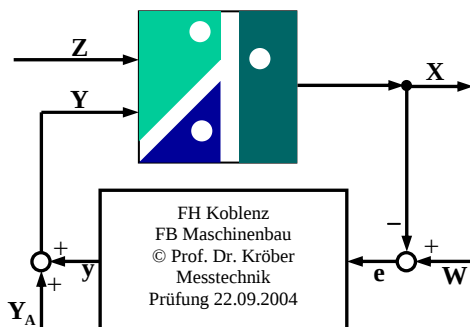
$$= \dots = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{M_t}{W_t}$$

$$M_t = \tau \cdot W_t = \tau \cdot \frac{\pi}{16} d^3 = \dots = 54,29 \text{ Nm}$$

Dreisatz:

$$\left. \begin{array}{l} 54,29 \text{ Nm} \approx 5,0 \text{ V} \\ x \approx 3,0 \text{ V} \end{array} \right\} \underline{x = \dots = 32,57 \text{ Nm}}$$



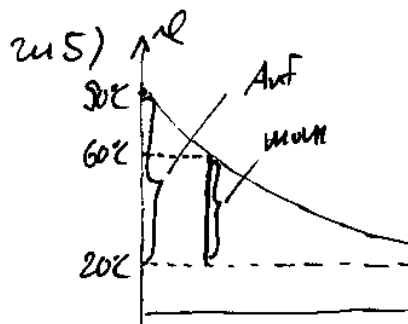
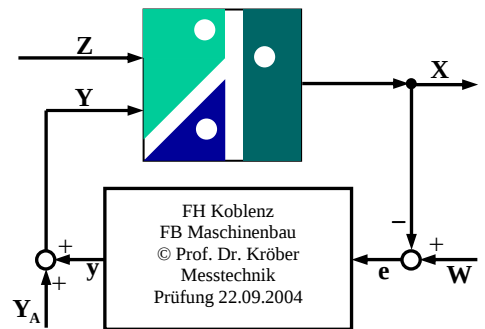
Lösungen Prüfung Messtechnik vom 22.03.04 Blatt 2

zu 4) $\underline{i_1} = \frac{10V}{90k\Omega + 10k\Omega} = \underline{0,1\mu A}$

$\underline{u_1} = 10k\Omega \cdot 0,1\mu A = \frac{10k\Omega}{100k\Omega} \cdot 10V = 1V$
(alternativ)

$u_+ = u_- = u_1 = 1V$

$\underline{i_2} = \frac{u_2}{90k\Omega + 10k\Omega} = \frac{u_1}{10k\Omega} \Rightarrow u_2 = 10 \cdot u_1 = 10V ; \underline{i_2} = \frac{10V}{100k\Omega} = \underline{0,1\mu A}$



$\frac{u_{\text{Wohn}}}{u_{\text{Auf}}} = e^{-t/T} \Rightarrow \ln \frac{u_{\text{Wohn}}}{u_{\text{Auf}}} = -\frac{t}{T}$

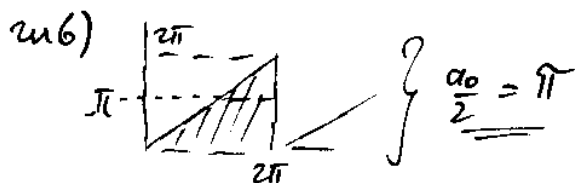
$T = -\frac{t}{\ln \frac{u_{\text{Wohn}}}{u_{\text{Auf}}}} = \frac{t}{\ln \frac{u_{\text{Auf}}}{u_{\text{Wohn}}}}$

$= \dots = 71,485$

$\frac{u_{\text{Wohn}}}{u_{\text{Auf}}} = e^{-t/T}$

$u_{\text{Wohn}} = u_{\text{Auf}} \cdot e^{-t/T} = 70^\circ C \cdot e^{-\frac{80s}{71,485}} = 22,86^\circ C$

somit: $\underline{u} = 20^\circ C + 22,86^\circ C = \underline{42,86^\circ C}$



Fkt. ungerade $\Rightarrow \underline{a_1 = 0}$

$2L = b - a = 2\pi - 0 \Rightarrow L = \pi$

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

$= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} x \sin(x) dx$

$= \frac{1}{\pi} \left[-\frac{x}{1} \cos(x) + \frac{1}{1^2} \sin(x) \right]_0^{2\pi} = \frac{1}{\pi} \left[-2\pi \underbrace{\cos(2\pi)}_1 + \underbrace{\sin(2\pi)}_0 + 0 - 0 \right]$

$\underline{b_1 = -2}$