

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	

*Lösungen*

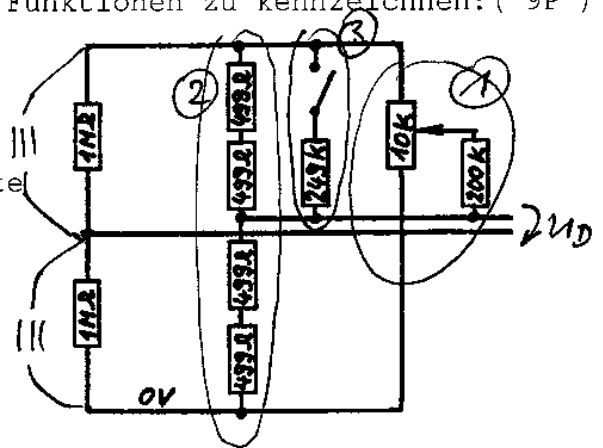
**KURZFRAGEN :**

1. Beurteilen Sie die Möglichkeit der Richtungserkennung bei einem Gleichspannungstachogenerator und einem Wechselspannungstachogenerator! ( 2P )  
 Gleichsp: Kein Problem ( U negativ, wenn andere Richtung)  
 Wechselsp: 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 ablesbar
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  $0^\circ C$
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

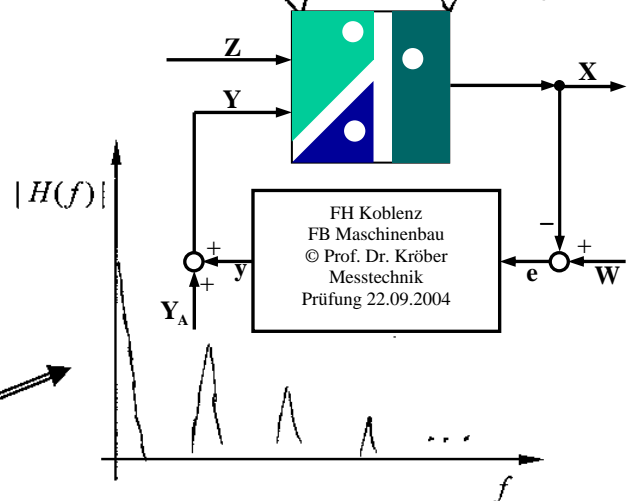
nicht eingesetzt: statisch ⇒ Füllstandmessung (Behälterwand)

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 )

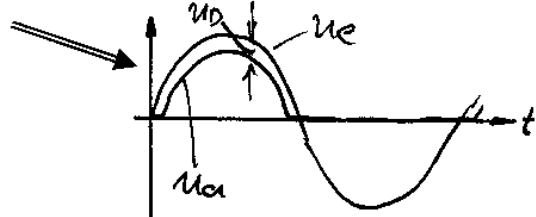
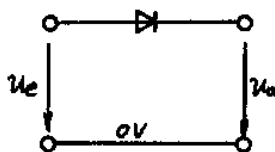
$$h(t) = \pi - 2 \cdot \left( \frac{\sin \omega t}{1} + \frac{\sin 2\omega t}{2} + \frac{\sin 3\omega t}{3} + \dots \right)$$

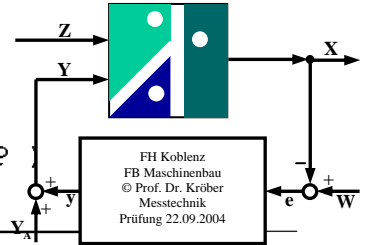


11. An einem Druckmanometer (Messbereichsendwert 25 bar, Fehlerklasse 1.0) wird ein Wert von 10 bar abgelesen. Zwischen welchen beiden Werten kann der tatsächliche Druck liegen? ( 2P )

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 )

±1%

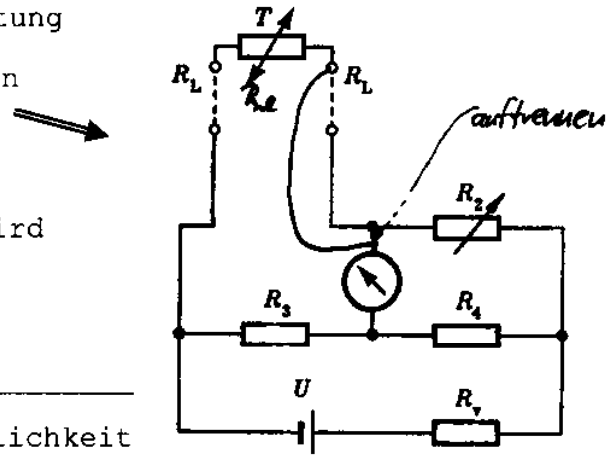
15. Der k-Faktor lässt sich aufspalten in einen "... " Anteil und einen Gefügeanteil. Wie lautet das fehlende Wort ? ( 1P )

geometrischen Anteil

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

Voltmeter: 10 MΩ 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

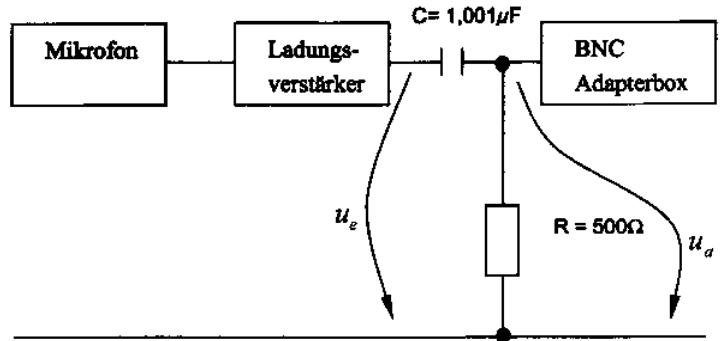
22. Bei einem Kalibriervorgang wird ein Temperatursensor zunächst in Eiswasser eingetaucht und die Anzeige auf 0°C eingestellt. Was ist jetzt noch zu tun? ( 3P )

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:

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

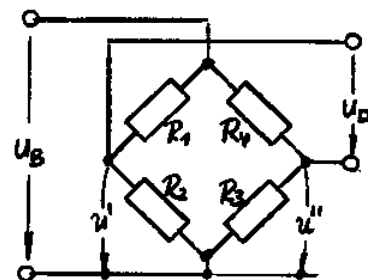
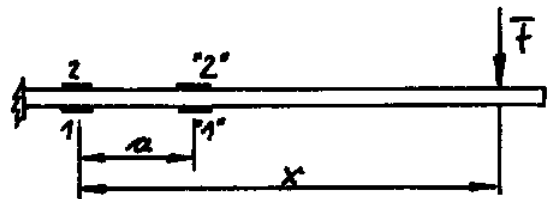
DMS "1" und DMS "2":  $\frac{u_D}{u_B} = 0,15 \frac{\text{mV}}{\text{V}}$

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.

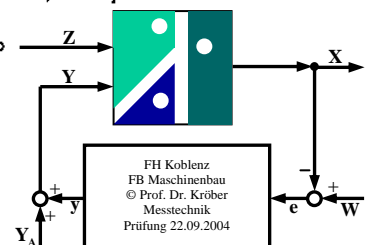
Weiter sind gegeben: Durchmesser Welle 12 mm,  $G = 80000\text{ N/mm}^2$ ,  $k = 2$

Wie groß ist das Torsionsmoment bei dem Belastungsfall?

Hilfestellungen:

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

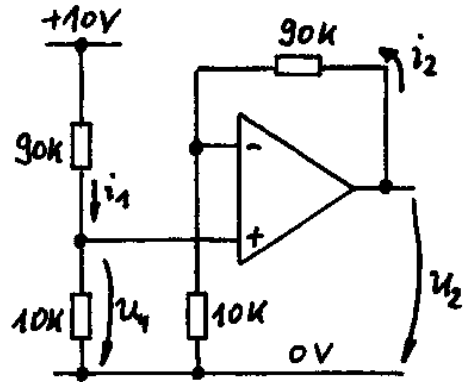
$$W_t = \frac{\pi}{16} d^3$$



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

Aufgabe 4 ( 10P )

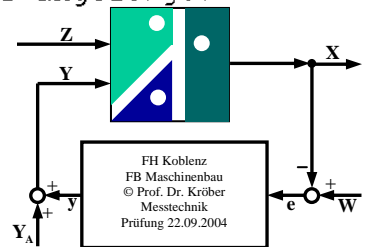
Von dem abgebildeten Messumformer sind die Ströme  $i_1$ ,  $i_2$  sowie die Spannungen  $u_1$  und  $u_2$  zu bestimmen. Die Speisung des Operationsverstärkers erfolgt mit den üblichen Spannungen.



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  $20^{\circ}\text{C}$ .

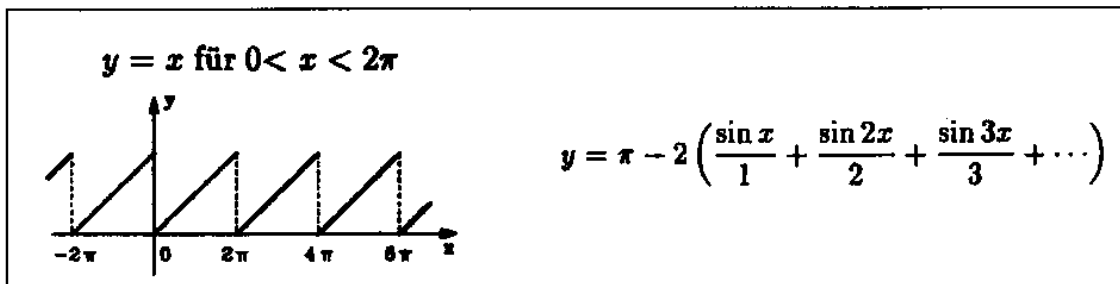
Hilfestellung: 
$$\frac{\text{momentane Differenz}}{\text{Anfangsdifferenz}} = e^{-\frac{t}{T}}$$



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 Grundschwingung nach!

Auszug aus dem Taschenbuch:



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

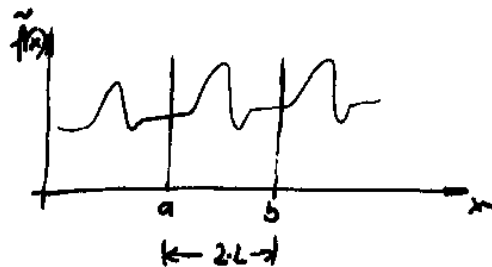
Sei  $\tilde{f}(x)$  eine periodische Funktion der Periode  $2L$ , dann läßt sich  $\tilde{f}(x)$  durch eine Reihenentwicklung approximieren:

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

wobei

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

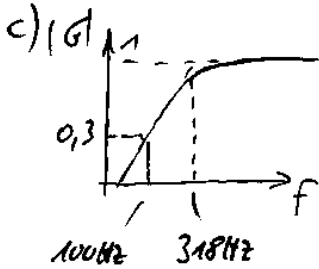
$$b_i = \frac{1}{L} \int_a^b \tilde{f}(x) \sin\left(i \frac{\pi}{L} x\right) dx$$



# Lösungen Prüfung Messtechnik vom 22.09.04 / Blatt 1

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

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 Ω ≈ 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 → doppelte Signal im Vergleich zu DMS "1" + "2"  
also muss sein  $\underline{x = 2\alpha = 80 \text{ mm}}$

DMS 1+2:

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

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

andernfalls: 2 f'n mit Unbekannten x und F

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

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

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

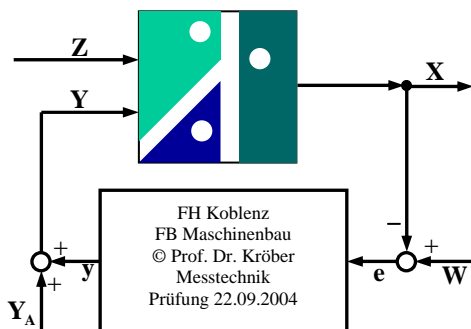
$$M_t = \tau \cdot W_t = \tau \cdot \frac{\pi}{16} d^3 = \dots = 54,29 \text{ Nm}$$

Dreizeit:

$$54,29 \text{ Nm} \hat{=} 5,0 \text{ V}$$

$$x \hat{=} 3,0 \text{ V}$$

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



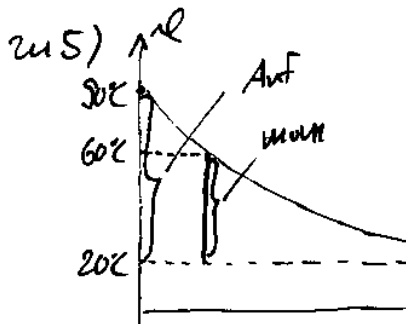
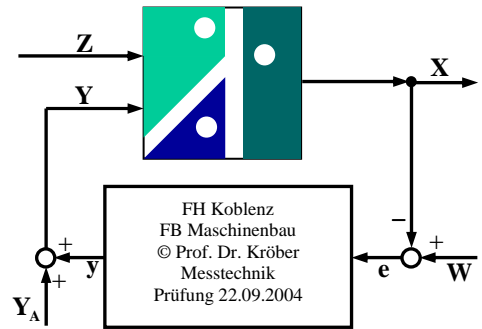
# Lösungen Prüfung Messtechnik vom 22.09.04 Blatt 2

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

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

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

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



$$\frac{\text{mom}}{\text{Auf}} = e^{-t/\tau} \rightarrow \ln \frac{\text{mom}}{\text{Auf}} = -\frac{t}{\tau}$$

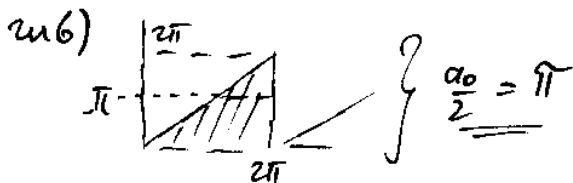
$$\tau = -\frac{t}{\ln \frac{\text{mom}}{\text{Auf}}} = \frac{t}{\ln \frac{\text{Auf}}{\text{mom}}}$$

$$= \dots = 71,485$$

$$\frac{\text{mom}}{\text{Auf}} = e^{-t/\tau}$$

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

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



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

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

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

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

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

$\underline{b_1 = -2}$