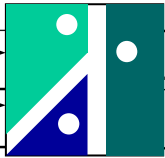


Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsteil ersichtlich sein.

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

Note : _____

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	



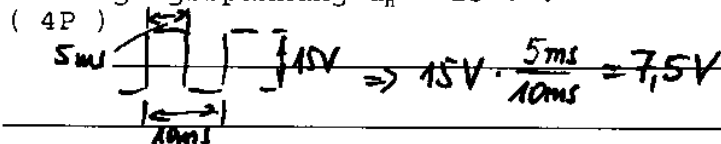
FH Koblenz
 FB Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Messtechnik
 Prüfung 23.03.2006

KURZFRAGEN :

1. Eine Welle dreht mit 1450 1/min. Mit einem Näherungsschalter wird ein Zahnrad (Zähnezahl sei 20) abgetastet. Wie groß ist die gemessene Impulsfolgefrequenz in [Hz]? (2P)

$\frac{1450}{60} \cdot 20 \text{ Hz} = 483,3... \text{ Hz}$

2. Wie groß ist der zeitliche Mittelwert des gemessenen Ausgangssignals eines Monovibrators bei folgenden gegebenen Daten:
 Impulsdauer Monovibrator 5 ms, Impulsfolgefrequenz 100 Hz, Versorgungsspannung $u_h = 15 \text{ V}$?



3. Weshalb müssen Schwebekörperdurchflussmesser vertikal angeordnet werden? (2P)

Kräftegleichgewicht: Strömungswiderstand, Auftrieb + Gewichtskraft ergibt Anzeige, /o/ Konisches Rohr, Schwebekörper ist Maß für Durchfluss

4. Wie groß ist die Standardabweichung, wenn (nur) die zwei Messwerte $x_1 = 14$ und $x_2 = 16$ vorliegen? (3P)

$s_x = \sqrt{\frac{1}{2-1} (14^2 + 16^2)} = \sqrt{2} \approx 1,414$

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

5. Der Durchmesser einer Kugel wird mit einem relativen Fehler von 0,5% bestimmt. Wie groß ist dann der relative Fehler der Oberfläche und der relative Fehler des Volumens der Kugel? (3P)

$A \sim d^2$ Oberfläche: 1% ($\frac{\Delta A}{A} = 2 \cdot \frac{\Delta d}{d}$) $V \sim d^3$ Volumen: 1,5% ($\frac{\Delta V}{V} = 3 \frac{\Delta d}{d}$)

6. Ein Messgerät zeigt bei mehrmaligem Messen zwar stets zu viel an (z.B. durch einen systematischen Fehler), jedoch sind die Messwerte stets gleich. Dann besitzt es eine gute
 Wie lautet das fehlende Wort? (2P)

Reproduzierbarkeit

7. Nennen Sie je zwei Durchflussmessverfahren: (6P)

Verdrängerprinzip: Ovalradzähler, Drehkdsaugzähler, Zahnradmotor

Umlenkung der Strömung: Messsturbine (z.B. Voltmannzähler), Flügelradanemometer

Wirkdruckverfahren: Messbleibe, (Venturi-)düse

8. Welche Materialpaarungen werden bei den Thermoelementen K-Typ und J-Typ verwendet? (3P)

K-Typ: NiCr-Ni J-Typ: Fe-Konstantan ← CuNi

9. Welche Thermospannung wird gemessen, wenn die zu messende Temperatur 80°C beträgt (Thermoempfindlichkeit sei $40 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$, Raumtemperatur sei 20°C)? (2P)

$40 \frac{\mu\text{V}}{^{\circ}\text{C}} (80^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) = 2,40 \text{mV}$

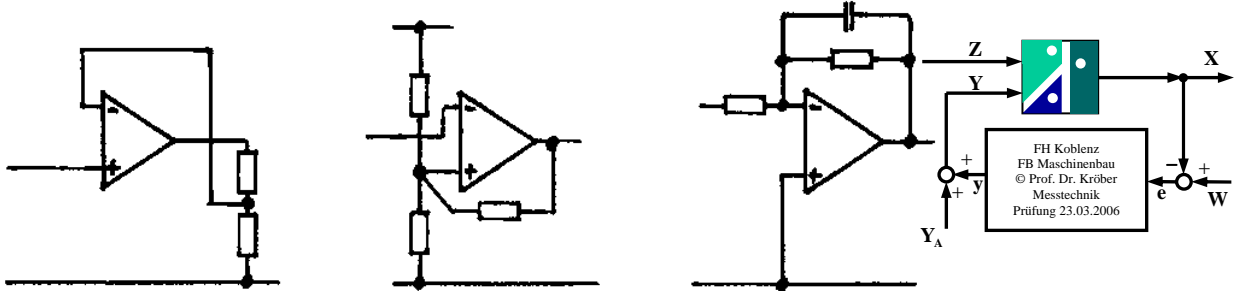
10. Die Auflösung eines 16bit A/D-Wandlers beträgt $0,305 \text{mV}$, die Thermoempfindlichkeit eines Thermoelementes $40 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$. Wie groß ist die umgerechnete Auflösung in $^{\circ}\text{C}$, wenn keine weitere gesonderte Signalverstärkung vorliegt? (3P)

$0,04 \text{mV} \hat{=} 1^{\circ}\text{C}$
 $0,305 \text{mV} \hat{=} x \Rightarrow x = 7,625^{\circ}\text{C}$

11. Erläutern Sie, weshalb bei der Temperaturmessung mit einem Pt100 durch den Messstrom ein positiver systematischer Messfehler entsteht! (2P)

R_T steigt an, abgebenen Wärmestrom erfährt Übertemperatur, Übertemperatur = systematischer Messfehler

12. Welche Aufgaben haben die abgebildeten Schaltungen? (6P)

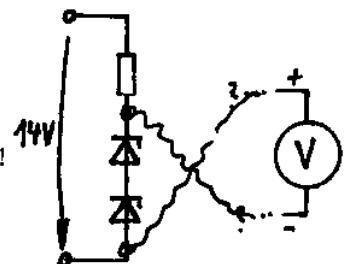


Messumformer U/I Komparator mit Hysterese Invertierender Verstärker mit Tiefpassfilter

13. In welcher Größenordnung ist die Bürde beim Messen eines Stromsignals? (2P)

$\approx 100 \Omega \div 500 \Omega$

14. Die Skizze zeigt eine einfache Spannungsstabilisierung mit zwei Zenerdioden (ZPD5.6). Ergänzen Sie die Anschlussverbindungen des Voltmeters, damit das Voltmeter $-11,2 \text{V}$ anzeigt! (2P)



15. Worin unterscheiden sich potentiometrische Wegaufnehmer (pot.) von induktiven Wegaufnehmern (ind.) hinsichtlich: (6P)

Preis für Aufnehmer plus Verstärker (Größenordnung/Relation):

pot.: ab ca. 200 € ind.: > 1000 €

Mit welchem Signal werden die Aufnehmer gespeist?

pot.: Gleichspannung ind.: Wechselspannung (Trägerfrequenz)

Eignung für raue Umgebungsbedingungen (Vibration):

pot.: nein ind.: ja

16. Bei der Drehmomentenmessung wird eine DMS-Halbbrücke verwendet. Wie müssen die DMS auf der Welle angeordnet werden (Antwortbeispiel: ein DMS in Längsachse, der andere DMS genau quer dazu)? (2P)

± 45° zur Längsachse

17. In welcher Art und Weise wirkt sich das Totvolumen eines Druckaufnehmers auf das Messergebnis aus? (3P)

Bei dyn. Messungen
→ Druckspitzen werden abgerundet, System wird weicher (auch träger)

18. Weshalb besitzen Druckmanometer (hier Basis: "Bourdon-Rohr") in jedem Fall ein Totvolumen? (2P)

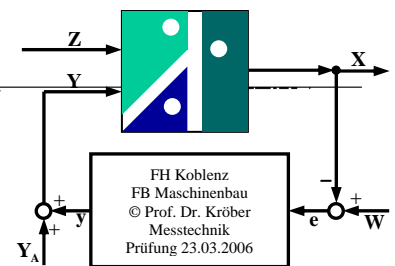
Rohr ist hohl → Totvolumen

19. Welches besondere Problem ergibt sich beim Einsatz von Ladungsmessverstärkern (piezoelektrische Messtechnik)? (2P)

Keine statischen Messungen möglich (Drift)

20. Der Mensch kann Frequenzen bis maximal 20kHz hören. Mit welcher Abtastfrequenz muss das Signal dann mindestens erfasst werden, damit 20kHz sicher nachgewiesen werden können? (2P)

40 kHz



R E C H E N T E I L

Aufgabe 1 (9P)

Bei einem Versuch zur Temperaturmessung im Labor Messtechnik (Raumtemperatur sei 20°C) wird ein Wasserbehälter auf 70°C aufgeheizt. Bei ausgeschalteter Heizung dauert es 2 Minuten bis die Temperatur auf 67°C abgesunken ist.

- a. Wie groß ist die Zeitkonstante?
b. Wie lange dauert es (gerechnet vom Ausschalten der Heizung), bis die Temperatur 45°C beträgt?

Hilfestellung:

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

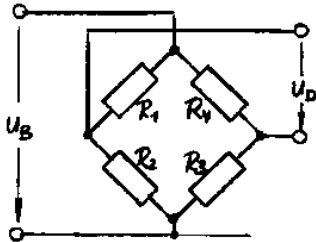
Aufgabe 2 (12P)

Mit dem rotationssymmetrischen Drehteil soll die Zugkraft F gemessen werden. Die oben liegenden DMS sind quer, die unten liegenden DMS längs angeordnet. Ermitteln Sie eine Gleichung zur Ermittlung der Brückenverstimmung!

Geg.: d, k, E, ν

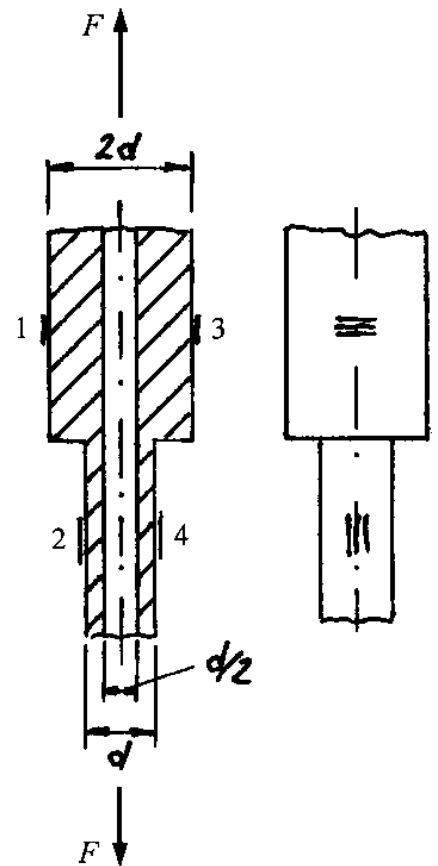
$$\frac{u_D}{u_B} = \dots \cdot F$$

Hilfestellungen:



$$\epsilon_{\text{quer}} = -\nu \cdot \epsilon_{\text{längs}}$$

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

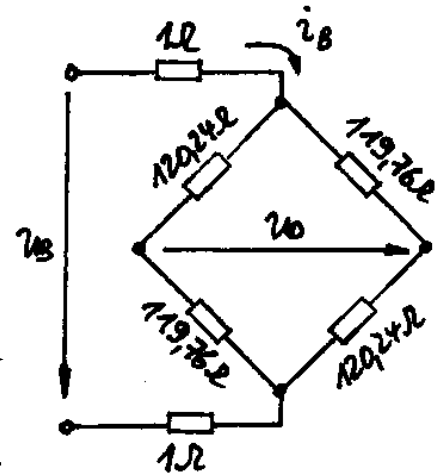
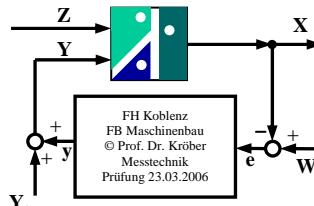


Aufgabe 3 (12P)

Die abgebildete Messbrücke wird mit einer Spannung von $u_B = 5 \text{ V}$ gespeist. Der Leitungswiderstände von Zu- und Rückleitung betragen jeweils 1Ω . Durch eine vorliegende Biegebeanspruchung haben sich die Nennwiderstandswerte der DMS um $0,24 \Omega$ verändert. Die konkreten Widerstände sind in der Skizze angegeben.

Wie groß sind:

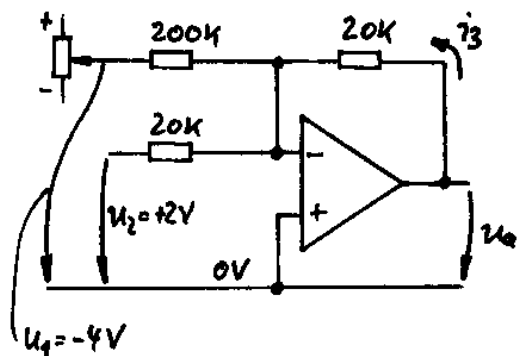
- Gesamtwiderstand,
- Gesamtspeisestrom i_B ,
- Diagonalspannung u_D ?



Hinweis: Rechnen Sie nicht mit der linearisierten Brückenformel!

Aufgabe 4 (6P)

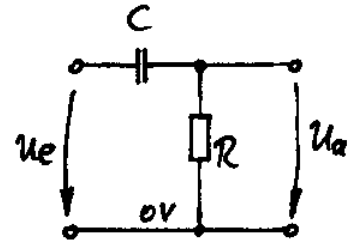
Die abgebildete Schaltung wird zur Nullpunkteinstellung verwendet. Bestimmen Sie die Ausgangsspannung u_a sowie den Strom i_3 !



Aufgabe 5 (10P)

An dem abgebildeten RC-Glied liegt am Eingang eine sinusförmige Eingangsspannung (Frequenz $f = 100 \text{ Hz}$) an. Der Spitzenwert der Eingangsspannung beträgt $2,0 \text{ V}$, der Spitzenwert der Ausgangsspannung beträgt $1,0 \text{ V}$. Der Widerstand R sei $20 \text{ k}\Omega$.

- Wie groß ist die Kapazität C des Kondensators?
- Der Widerstand R und der Kondensator C werden vertauscht. Wie groß ist dann der Spitzenwert der Ausgangsspannung?

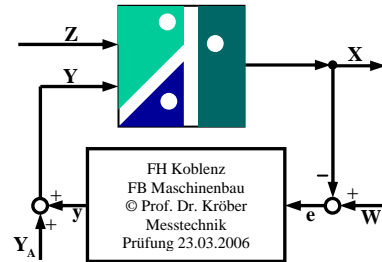


Tiefpass:

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

Hochpass:

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



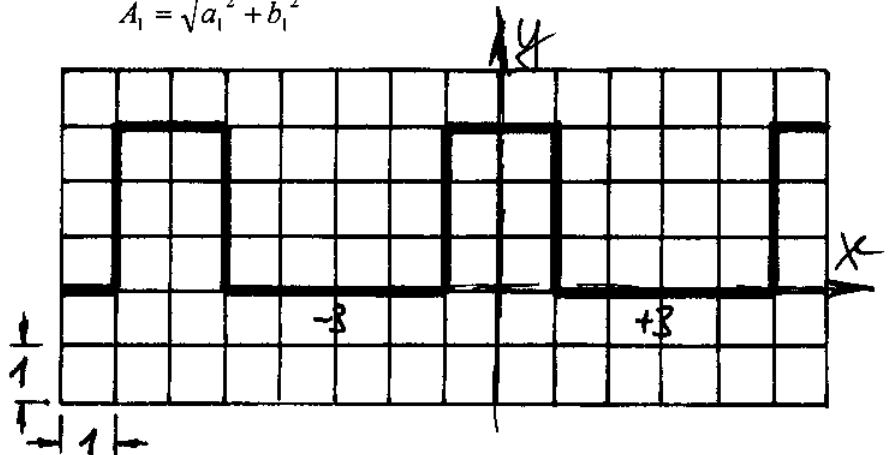
Aufgabe 6 (10P)

Wie groß ist die (Gesamt-)Amplitude A_1 der Grundschwingung des abgebildeten Messsignals?

$$A_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2}$$

Hinweis:

Das Koordinatensystem kann/sollte so gelegt werden, damit sich eine möglichst einfache Rechnung ergibt.



Mögliche Hilfestellungen:

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

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

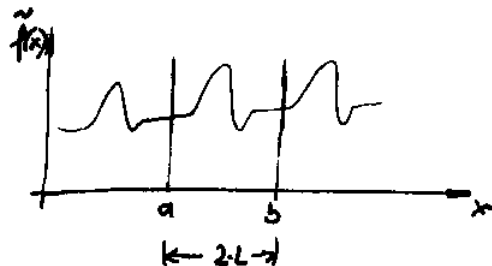
Sei $\tilde{f}(x)$ eine periodische Funktion der Periode $2L$, dann läßt sich $\tilde{f}(x)$ durch eine Reihenentwicklung approximieren:

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

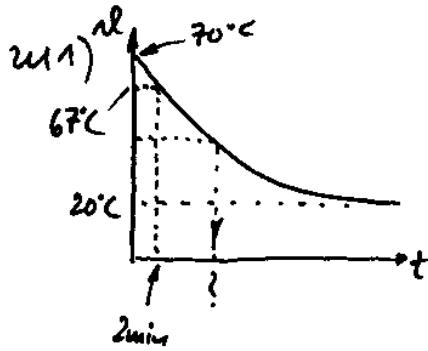
wobei

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

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



Lösungen Prüfung Messtechnik vom 23.03.06 | Blatt 1



$$a) \frac{67^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}}{70^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}} = e^{-t/T}$$

$$\frac{50^\circ\text{C}}{47^\circ\text{C}} = e^{+t/T} \Rightarrow \dots T = \frac{t}{\ln \frac{50}{47}}$$

$$= \frac{2\text{min}}{\ln \frac{50}{47}} = \underline{\underline{32,32\text{min}}}$$

$$b) \left(\frac{45^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}}{70^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}} \right)^{\frac{1}{2}} = e^{-t/T} \quad (\text{Bem.: Halbwertszeit})$$

$$2 = e^{t/T} \Rightarrow \underline{\underline{t = T \cdot \ln 2 = 32,32\text{min} \cdot \ln 2 = 22,40\text{min}}}$$

$$u_2) \quad \epsilon_2 = \frac{F}{EA_2} = \frac{\bar{F}}{E \frac{\pi}{4} (d^2 - (\frac{d}{2})^2)} = \frac{F}{E \frac{\pi}{4} \cdot \frac{3}{4} d^2} = \frac{16 \cdot F}{3 \cdot \pi \cdot E \cdot d^2} = \epsilon_4$$

$$\epsilon_{\text{Lager}} = \frac{F}{E \frac{\pi}{4} ((2d)^2 - (\frac{d}{2})^2)} = \dots = \frac{16 \cdot F}{15 \cdot \pi \cdot E \cdot d^2}$$

$$\epsilon_1 = -\nu \cdot \epsilon_{\text{Lager}} = -\nu \frac{16 \cdot F}{15 \cdot \pi \cdot E \cdot d^2} = \epsilon_3$$

$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{K}{4} (2 \cdot \epsilon_{2t} - 2 \epsilon_{113}) = \frac{K}{2} (\epsilon_2 - \epsilon_1) = \frac{K}{2} \left(\frac{16 \cdot F}{3 \cdot \pi \cdot E \cdot d^2} - \left(-\nu \frac{16 \cdot F}{15 \cdot \pi \cdot E \cdot d^2} \right) \right)$$

$$= \dots = \underline{\underline{\frac{8 \cdot K}{15 \cdot \pi \cdot E \cdot d^2} (5 + \nu) \cdot F}}$$

$$u_3) a) 119,76 \Omega + 120,24 \Omega = 240 \Omega$$

$$240 \Omega \text{ parallel zu } 240 \Omega \rightarrow 120 \Omega$$

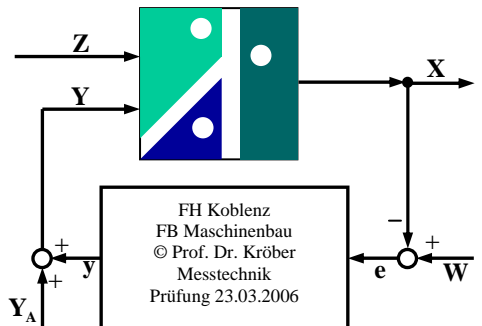
$$\underline{\underline{R_{\Sigma} = 1 \Omega + 120 \Omega + 1 \Omega = 122 \Omega}}$$

$$b) \underline{\underline{i_B = \frac{5V}{122 \Omega} = 40,98 \mu A}}$$

c) \$i_B\$ teilt sich 1:1 auf (Links = rechts)

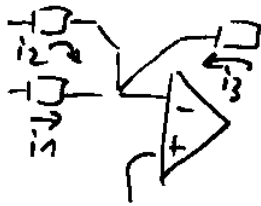
$$u_B = u' - u'' = \frac{40,98 \mu A}{2} \cdot 119,76 \Omega - \frac{40,98 \mu A}{2} \cdot 120,24 \Omega$$

$$= \underline{\underline{-9,84 \text{ mV}}}$$



Lösungen Prüfung Messtechnik vom 23.03.06 Blatt 2

24.)



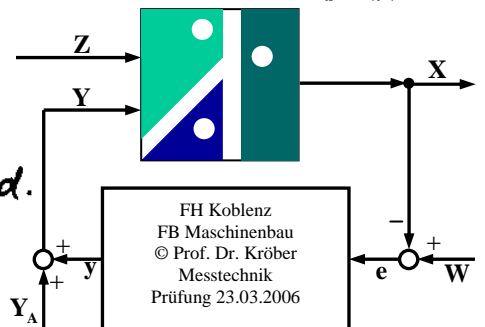
$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

$$\frac{u_1}{20k\Omega} + \frac{u_2}{20k\Omega} + \frac{u_a}{20k\Omega} = 0$$

$$\frac{1}{10} u_1 + u_2 + u_a = 0 \Rightarrow u_a = -u_2 - \frac{u_1}{10}$$

$$= -2V - \frac{-4V}{10} = -1,6V$$

$$i_3 = \frac{u_a}{20k\Omega} = \frac{-1,6V}{20k\Omega} = -0,08\mu A$$



25.) a) Hochpass

$$|G| = \frac{u_a}{u_e} = \frac{\omega RC}{\sqrt{1+(\omega RC)^2}} \quad | \text{Quad.}$$

$$|G|^2 = \frac{(\omega RC)^2}{1+(\omega RC)^2}$$

$$|G|^2 + |G|^2(\omega RC)^2 = (\omega RC)^2 \Rightarrow \dots \omega RC = \sqrt{\frac{|G|^2}{1-|G|^2}}; \quad \omega = 2\pi \cdot f; \quad |G| = \frac{u_a}{u_e}$$

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot R} \cdot \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{u_a}{u_e}\right)^2}} = \frac{1}{2\pi \cdot 100 \cdot 20000} \cdot \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{1}{5}\right)^2}} F = 45,94 nF$$

$$b) |G| = \frac{u_a}{u_e} = \frac{1}{\sqrt{1+(\omega RC)^2}} \Rightarrow u_a = \frac{u_e}{\sqrt{1+(\omega RC)^2}} = \frac{2V}{\sqrt{1+(2\pi \cdot 100 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 45,94 \cdot 10^{-9})^2}} = 1,732 V$$

26) $2L = b - a = 3 - (-3) = 6 \Rightarrow L = 3$

$f(x)$ gerade $\rightarrow b_1 = 0$

$$a_1 = \frac{1}{L} \int_{-L}^{+L} f(x) \cdot \cos\left(1 \cdot \frac{\pi}{L} x\right) dx = \int_{-3}^{+3} \cos\left(\frac{\pi}{3} x\right) dx = \left[\frac{3}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{3} x\right) \right]_{-3}^{+3}$$

$$= \dots = + \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{\pi}$$

$$A_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2} = |a_1| = \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{\pi} \approx 1,65K$$

\downarrow
=0