

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 : _____

KURZFRAGEN :

1. Ein piezoelektrischer Beschleunigungsaufnehmer besitzt eine Resonanzfrequenz von 1000 Hz. Welcher Messfrequenzbereich steht dem Anwender zur Verfügung? (3P)

ca. 1 Hz bis 400...500 Hz
piezoelektrisch

2. Bei einem Beschleunigungsaufnehmer wird letztendlich ein Weg gemessen. Welcher Weg ist das? (2P)

Differenzweg (Relativweg)
zwischen Gehäuse und seismischer Masse

3. Die beiden Thermopaare J-Typ und K-Typ decken die überwiegenden Teil aller praktischen Thermoelementanwendungen ab. Um welche Materialien handelt es sich hierbei? (5P)

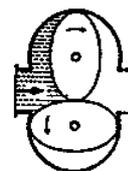
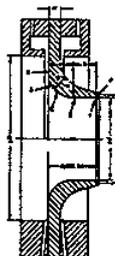
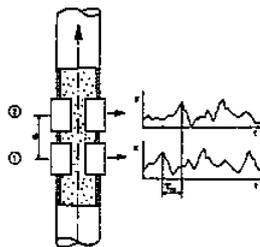
J: Fe-Konstantan K: NiCr-Ni

Welches der beiden Thermopaare hat die größere Empfindlichkeit? J

Welches der beiden Thermopaare verfügt über einen größeren Messbereich? K

Welches der beiden Thermopaare ist korrosionsbeständiger? K

4. Um welche Messverfahren handelt es sich? (8P)



alle: Durchflussmessung

Schwefkörper

Korrelationsprinzip

Venturi-Düse

Ovalradzähler

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

+ Lösungen

FH Koblenz
 FB Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Messtechnik
 Prüfung 23.09.2003

5. Worauf basiert das Messverfahren eines Hitzdrahtanemometers ? (3P)

z.B. Hitzdraht wird auf konstanter Temp. gehalten, dazu erforderliche Heizleistung ist ein Maß für Strömungsgeschwindigkeit

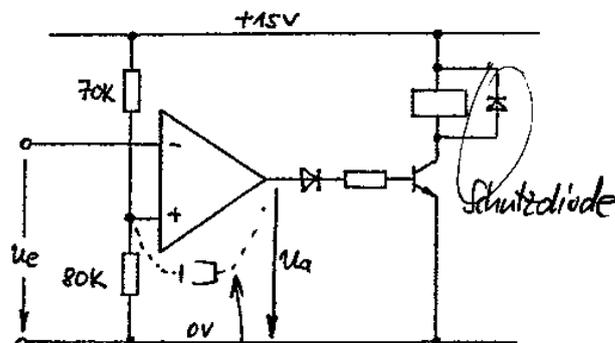
6. Die Abbildung zeigt einen Komparator ohne Hysterese mit der Ansteuerung eines Relais. (8P)

Bei welcher Eingangsspannung wirkt die Schaltschwelle?

$U_e = +8V$

Bei welchem Eingangsspannungsbereich schaltet das Relais?

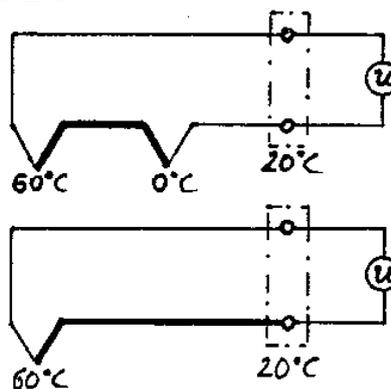
$U_e < +8V$



Markieren Sie die Freilaufdiode (Schutzdiode)! Ergänzen Sie den Schaltplan so, dass der Komparator eine Hysterese erhält!

7. Die obige Thermoelementschaltung zeigt eine Thermospannung von 1,2 mV an. Wie groß ist die Anzeige, falls die untere Schaltung verwendet wird? (4P)

$0,8mV$



8. Wie groß ist der Widerstand eines Pt100 bei "leichtem Frost"? (1P)

$98\Omega \dots 99\Omega (< 100\Omega)$

9. Bei einem Trägerfrequenzmessverstärker werden die Trägerfrequenzanteile durch einen Tiefpass mit einer Knickfrequenz von 1000Hz ausgefiltert. Mit welcher Frequenz muss das Ausgangssignal nach dem Shannon-Theorem mindestens abgetastet werden? (2P)

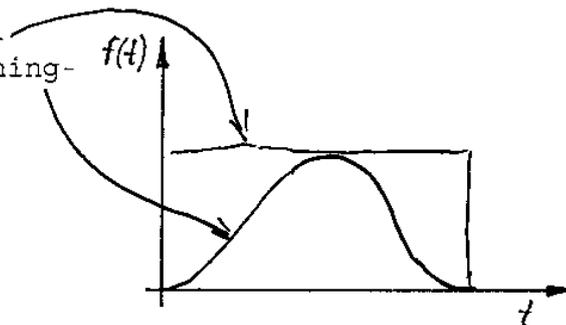
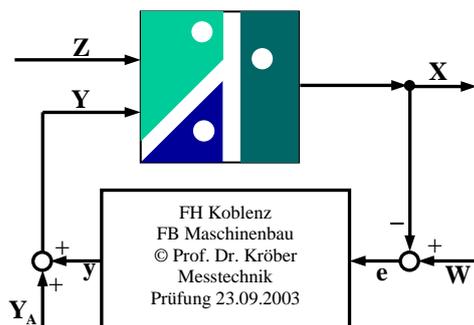
$f = 2000 Hz$

10. Ein Messsignal kann formelmäßig durch $U=2V+2V*\sin(\omega t)$ beschrieben werden. Welche Anzeige zeigt ein angeschlossenes Multimeter auf den Schalterstellungen DC bzw. AC? (3P)

DC: $2V$

AC: $\sqrt{2}V \approx 1,414V$

11. Skizzieren Sie eine Rechteck-Fensterfunktion und eine Hanning-Fensterfunktion! (3P)



FH Koblenz
FB Maschinenbau
© Prof. Dr. Kröber
Messtechnik
Prüfung 23.09.2003

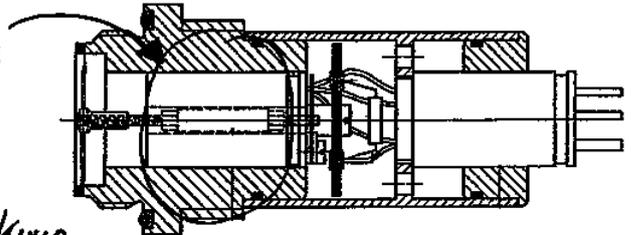
12. Wieviele Schleifringe müssen (mindestens) vorgesehen werden, wenn ein Drehmoment (drehende Welle) mit einer Halbbrücke gemessen wird? (2P)

3 Stk

13. Wie lauten die Gegensätze? (3P)

aktives Messprinzip → passiv
 Ausschlagverfahren → Kompensationsverfahren

14. Kennzeichnen Sie den Bereich des induktiven Abtastsystems bei dem dargestellten Druckaufnehmer! (2P)



Weshalb wird die Verformung der Membran nicht mit DMS gemessen? (3P)

dünne Membran → Rückwirkung DMS auf Verformung der Membran

15. In einem Prüflabor an der FH wird durch zwei unterschiedliche Messpunkte der Zusammenhang zwischen einer physikalischen Messgröße und der Anzeige festgelegt. Wie lautet dieser Vorgang? (Antwortbeispiel: Eichen) (2P)

Kalibrieren

16. Eine physikalische Größe wird 8 mal gemessen. Wie unterscheiden sich Mittelwert und Standardabweichung hinsichtlich der Einheiten? (1P)

gar nicht, sind identisch

17. In welcher Größenordnung ist die Brückenverstimmung bei einer DMS-Vollbrücke? (2P)

1 mV/V

18. Bei der Shunt-Kalibrierung wird einem DMS-Widerstand ein Festwiderstand parallel geschaltet. Wie groß muss dieser Widerstand sein, damit die Brückenverstimmung so groß wird, wie die Antwort in Frage 17? (2P)

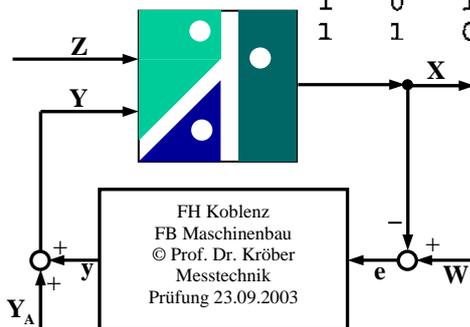
$R_p \approx 250 \cdot R_{DMS}$

19. Bei welcher Temperatur in [k] und [°C] liegt der Tripelpunkt von Wasser? (2P)

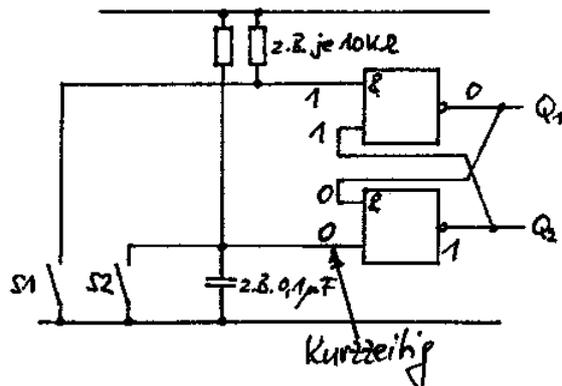
273,16 K ; 0,01°C

20. Tragen Sie an beiden NAND-Bauelementen (Ausgänge und Eingänge) die logischen Zustände ein, die sich nach dem Einschalten der Anlage einstellen! (4P)

NAND:			
A	B	Q	
0	0	1	
0	1	1	
1	0	1	
1	1	0	



FH Koblenz
 FB Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Messtechnik
 Prüfung 23.09.2003



RECHENTEIL

Aufgabe 1 (10 P)

Zur Messung des Druckverlustes an einem Wärmetauscher wird der Druck vor dem Wärmetauscher (Messbereich Manometer 20 bar, Fehlerklasse 1%, Messwertwert: 6,5 bar) und nach dem Wärmetauscher (Messbereich Manometer 10 bar, Fehlerklasse 1,6%, Messwert: 5,2 bar) gemessen.

- Wie groß ist der Differenzdruck?
- Wie groß ist der absolute Fehler und der relative Fehler des Differenzdruckes?

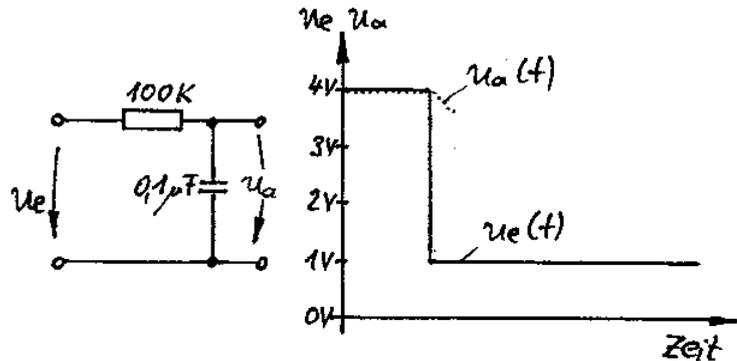
Aufgabe 2 (8 P)

Auf das abgebildete RC-Glied wirkt die in der Skizze eingetragene Eingangsspannung. Diese Eingangsspannung wird sprungförmig von 4V auf 1V geändert. Nach welcher Zeit (nach der Veränderung der Eingangsspannung) beträgt die Ausgangsspannung $u_a = 2V$?

Hilfestellung:

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

$$T = R \cdot C$$



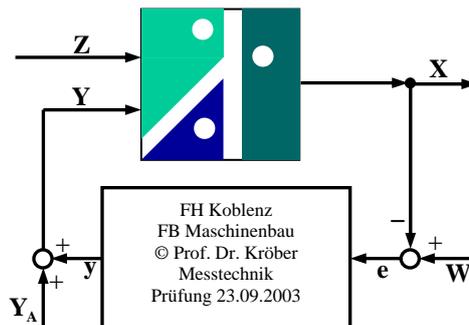
Aufgabe 3 (12 P)

Auf das RC-Glied aus Aufgabe 2 wirkt eine sinusförmige Eingangsspannung.

- Bei welcher Frequenz f ist die Amplitude des Ausgangssignals genau halb so groß wie die Amplitude des Eingangssignals?
- Wie groß ist dann die Phasenverschiebung?

Hilfestellung:

$$|G| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega T)^2}} \quad ; \quad \tan(\varphi) = -\omega T$$

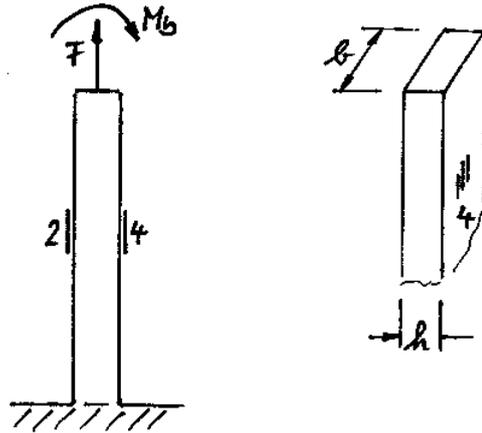


Aufgabe 4 (10 P)

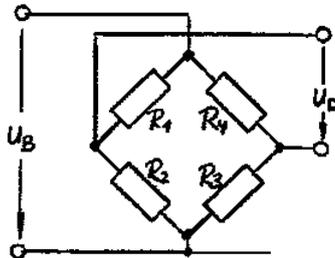
Auf die abgebildete Strebe wirkt eine Zugkraft und ein Biegemoment.

Ermitteln Sie einen Zusammenhang in der Form:

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



Hinweis: Falls Sie Teile der Aufgabe nach der "Methode des scharfen Hinsehens" lösen, ist eine schlüssige Begründung erforderlich.

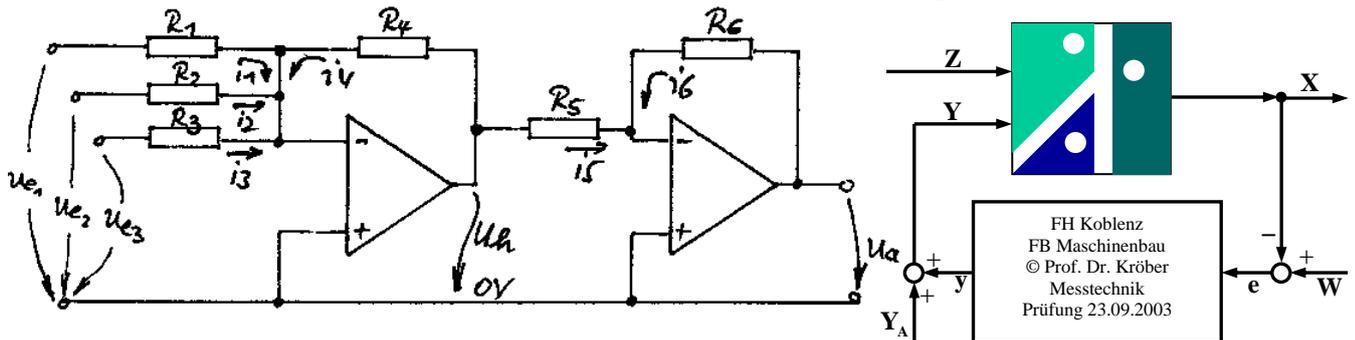


$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_3}{R} \right)$$

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \varepsilon ; \quad W_b = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

Aufgabe 5 (13 P)

Zur Bestimmung des Füllstandes eines Behälters werden alle Lagerkräfte des Behälters mittels Wägezellen bestimmt (Dreipunktauflage = 3 Wägezellen). Die abgebildete Summationsverstärkerschaltung dient dazu, die Summe der einzelnen Signale (u_{e1} , u_{e2} , u_{e3}) zu bilden und somit die Summe der Kräfte (u_a), also letztendlich das Gesamtgewicht.



- a. Ermitteln Sie zunächst eine allgemeine Gleichung zur Beschreibung des Gesamtübertragungsverhaltens!
Ziel:

$$u_a = f (R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 , u_{e1} , u_{e2} , u_{e3})$$

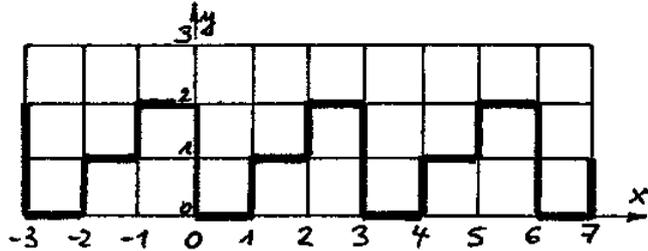
- b. Wie sind die Widerstände auszuwählen (Zahlenwerte angeben!), damit die obige Forderung der Summation erfüllt wird?

Aufgabe 6 (12 P)

Von der abgebildeten Treppenfunktion ist der Konstantanteil und der Koeffizient b_1 zu bestimmen. Können Sie eine Aussage über den Koeffizient a_1 angeben?

Hinweis:

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



Hilfestellung:

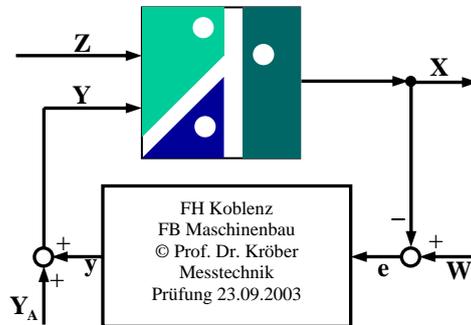
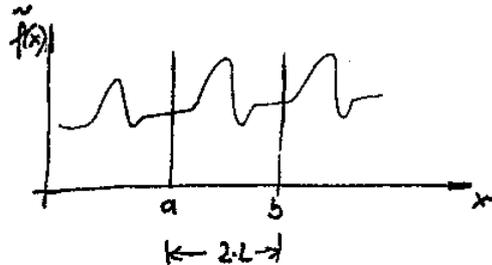
Sei $\tilde{f}(x)$ eine periodische Funktion der Periode $2L$, dann läßt sich $\tilde{f}(x)$ durch eine Reihenentwicklung approximieren:

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

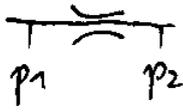
wobei

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

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



Prüfung Messtechnik vom 23.09.03 / Blatt 1

2u1)  $p_{Diff} = p_1 - p_2 = 6,5 \text{ bar} - 5,2 \text{ bar} = \underline{1,3 \text{ bar}}$
 $\Delta p_{Diff} = \Delta p_1 + \Delta p_2$; $\Delta p_1 = 20 \text{ bar} \cdot \frac{1}{100} = 0,2 \text{ bar}$; $\Delta p_2 = 10 \text{ bar} \cdot \frac{1,6}{100} = 0,16 \text{ bar}$
 $\underline{\Delta p_{Diff} = 0,36 \text{ bar}}$ $\frac{\Delta p_{Diff}}{p_{Diff}} \cdot 100 \% = \frac{0,36}{1,3} \cdot 100 \% = \underline{27,7 \%}$

2u2) $T = R \cdot C = 100 \cdot 10^3 \Omega \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 0,01 \text{ s}$
 $\frac{u_{max}}{u_{anf.}} = e^{-t/T} = \frac{1 \text{ V}}{3 \text{ V}} \Rightarrow -\frac{t}{T} = \ln \frac{1}{3} = \ln 1 - \ln 3$
 $\underline{t = T \cdot \ln 3 = 10 \text{ ms} \cdot \ln 3 = \underline{10,99 \text{ ms}}}$

2u3) $|G| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega T)^2}} \Rightarrow \omega T = \sqrt{\frac{1}{|G|^2} - 1}$; $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$
 $f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot T} \sqrt{\frac{1}{|G|^2} - 1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0,010} \sqrt{\frac{1}{0,5^2} - 1} \text{ Hz} = \underline{27,57 \text{ Hz}}$
 $\tan \varphi = -\omega \cdot T = -2 \pi \cdot f \cdot T = -2 \pi \cdot 27,57 \cdot 0,010 \Rightarrow \underline{\varphi = -60^\circ}$

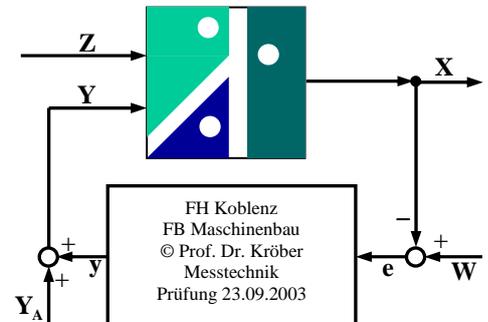
2u4) Zuganteil:
 $\epsilon_2 = \frac{\sigma}{E} = \frac{F}{EA} = \frac{F}{E \cdot b \cdot h} = \epsilon_4$
 $\underline{\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} (K \epsilon_2 + K \epsilon_4 - 0 - 0) = \frac{1}{4} \cdot K \cdot 2 \frac{F}{E b h} = \underline{\frac{K}{2 b h E} \cdot F}}$

Biegeeinfluss:

$\epsilon_2 > 0$; $\epsilon_4 < 0$ wobei $\epsilon_2 = -\epsilon_4$

\Rightarrow hebt sich in Summe auf

\Rightarrow Biegekompenziert



Prüfung Messtechnik vom 23.09.03 / Blatt 2

zu 5) a) $i_1 + i_2 + i_3 + i_4 = 0$

$$\frac{U_{e1}}{R_1} + \frac{U_{e2}}{R_2} + \frac{U_{e3}}{R_3} + \frac{U_{e4}}{R_4} = 0 \Rightarrow U_{e1} = -R_4 \left(\frac{U_{e2}}{R_2} + \frac{U_{e3}}{R_3} \right) \quad (1)$$

$$i_5 + i_6 = 0$$

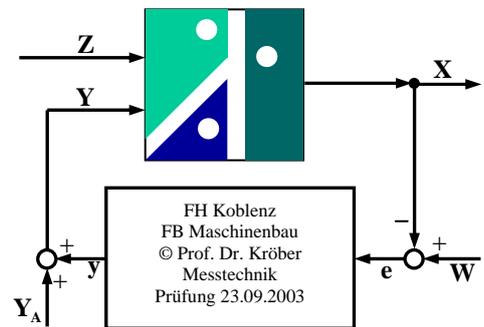
$$\frac{U_a}{R_5} + \frac{U_a}{R_6} = 0 \Rightarrow U_a = -U_a \frac{R_6}{R_5} \quad (2)$$

(2) in (1):

$$U_a = \frac{R_4 \cdot R_6}{R_5} \left(\frac{U_{e1}}{R_1} + \frac{U_{e2}}{R_2} + \frac{U_{e3}}{R_3} \right)$$

b) $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = 10k\Omega$

dann gilt: $U_a = U_{e1} + U_{e2} + U_{e3}$



zu 6) $\alpha = 0; \beta = 3 \Rightarrow 2L = 3 - 0 = 3 \Rightarrow L = 3/2$

$\frac{a_0}{2} = 1$ (Methode scharfes Hinsehen)

Funktion ungerade $\Rightarrow a_1 = 0$

$$b_1 = \frac{1}{3/2} \int_1^2 1 \cdot \sin\left(1 \frac{\pi}{3/2} x\right) dx + \frac{1}{3/2} \int_2^3 2 \cdot \sin\left(1 \frac{\pi}{3/2} x\right) dx$$

$$= \frac{2}{3} \int_1^2 \sin\left(\frac{2\pi}{3} x\right) dx + \frac{4}{3} \int_2^3 \sin\left(\frac{2\pi}{3} x\right) dx$$

$$= \frac{2}{3} \left[-\frac{3}{2\pi} \cos\left(\frac{2\pi}{3} x\right) \right]_1^2 + \frac{4}{3} \left[-\frac{3}{2\pi} \cos\left(\frac{2\pi}{3} x\right) \right]_2^3$$

$$= \frac{2}{3} \left[-\frac{3}{2\pi} \underbrace{\cos\left(\frac{4\pi}{3}\right)}_{-1/2} + \frac{3}{2\pi} \underbrace{\cos\left(\frac{2\pi}{3}\right)}_{-1/2} \right] + \frac{4}{3} \left[-\frac{3}{2\pi} \underbrace{\cos(2\pi)}_1 + \frac{3}{2\pi} \underbrace{\cos\left(\frac{4\pi}{3}\right)}_{-1/2} \right]$$

$$\underline{\underline{b_1 = \frac{4}{3} \left[-\frac{3}{2\pi} - \frac{3}{4\pi} \right] = \frac{4}{3} \left[-\frac{6}{4\pi} - \frac{3}{4\pi} \right] = -\frac{4}{3} \frac{9}{4\pi} = -\frac{3}{\pi}}}$$