

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

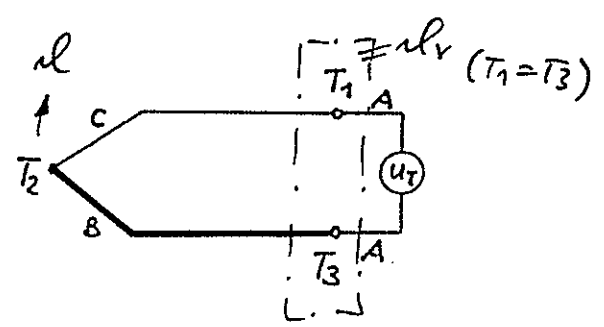
Note : _____

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

X Lösungen

K U R Z F R A G E N :

- Welche Temperaturen gehen bei der Messung der Thermospannung in das Messergebnis ein? Welche Materialien gehen ein bzw. gehen nicht ein? Bezeichnen Sie die Temperaturen und geben Sie möglichst eine Gleichung an!
 (4 P)



A geht nicht ein ; $U_T = K_{CB}(nl - nlv)$

- Welche Besonderheit ist beim Messen mit piezoelektrischen Kraftaufnehmern zu beachten? (1P)

Keine statischen Kräfte messbar

- Wozu werden piezoelektrische Aufnehmer (z.B. Kraftaufnehmer) eingesetzt? (1P)

hohe Steifigkeit der Aufnehmer → Schnittkraftmessungen

- Mit welchen "Bauelementen" kann "Kälte erzeugt" werden? (1P)

Peltier - Elemente

- Der Wandlerbereich eines A/D-Wandlers beträgt +/-10V. Wie groß ist die Auflösung bei 12 bit, 13 bit und 14 bit? (4P)

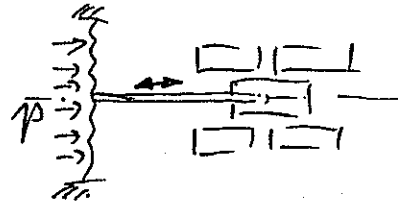
12 bit: $\frac{20V}{2^{12}} = 4,88mV$; 13 bit: $\frac{20V}{2^{13}} = 2,44mV$; 14 bit: $\frac{20V}{2^{14}} = 1,22mV$

Wie groß wäre die sinnvoll zu wählende Auflösung, falls die dem Messsignal überlagerte Störung ca. 1 mV beträgt?

14 bit (15 bit) Bem.: höhere Auflösung sinnlos

6. Wie ist ein induktiver Druckaufnehmer aufgebaut? (Welche grundlegenden Bestandteile, Skizze ?) (3P)

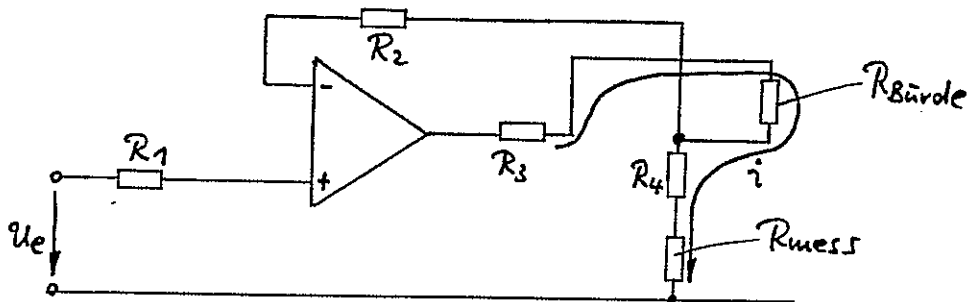
Membran, Wegaufnehmer



7. In welchen Einsatzbereichen werden induktive Druckaufnehmer eingesetzt? (1P)

kleine Drücke, Differenzdruckaufnehmer

8. Die Abbildung zeigt einen Messumformer. (7P)



Wozu wird der Messumformer eingesetzt? U/J

Wie geht der Widerstand R_1 in das Übertragungsverhalten ein?
(Begründung!)

nicht, in Reihe mit hochohmigem Eingangswiderstand

Wie geht der Widerstand R_2 in das Übertragungsverhalten ein?
(Begründung!)

wie zuvor

Wie geht der Widerstand R_3 in das Übertragungsverhalten ein?
(Begründung!)

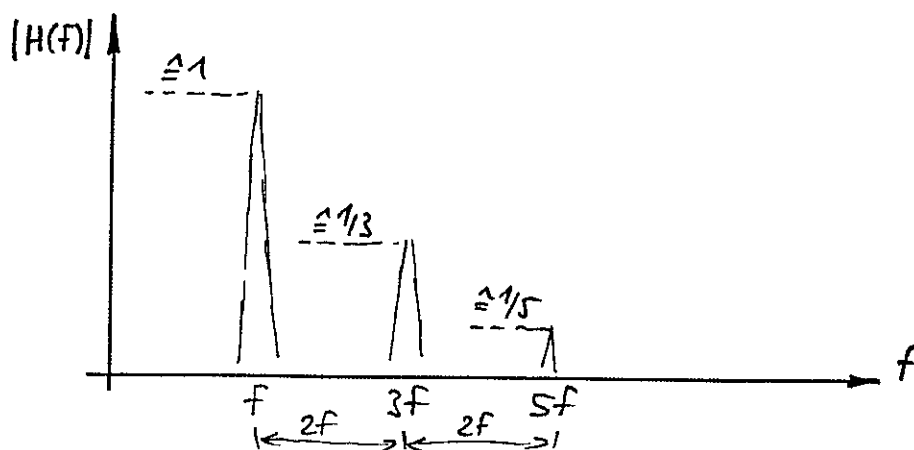
nicht (sofern nicht so groß, dass Verstärker übersteuert)

Wie geht der Widerstand R_4 in das Übertragungsverhalten ein?
(Begründung!)

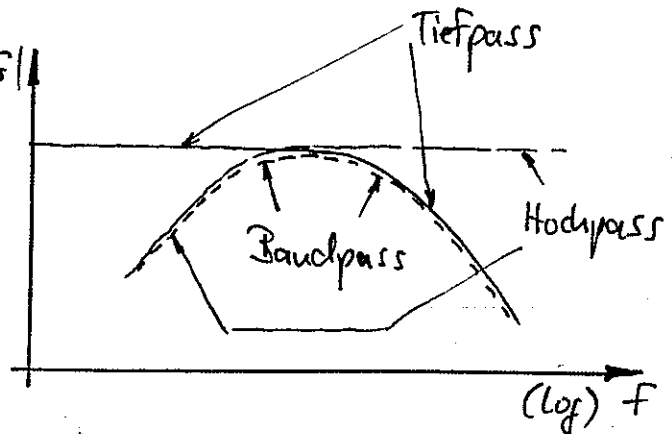
additiv zu R_{mess} ; $i = \frac{1}{(R_{mess} + R_4)} \cdot U_e$

9. Skizzieren Sie (möglichst präzise) das Spektrum für folgende Schwingung:
(3P)

$$h(t) = 1 \cdot \sin(\omega t) + 1/3 \cdot \sin(3\omega t) + 1/5 \cdot \sin(5\omega t)$$



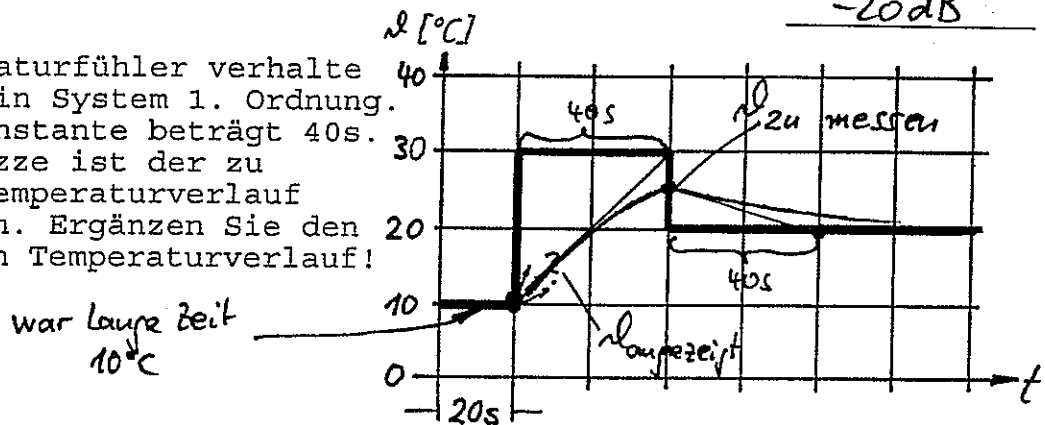
10. Tragen Sie für einen Tiefpass, Hochpass und Bandpass die Kurvenverläufe (Betrag) des Frequenzganges auf! Beschriften Sie die Achsen! (4 P)



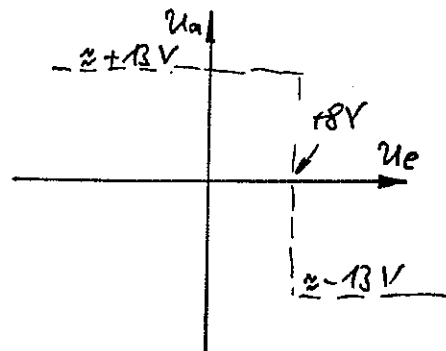
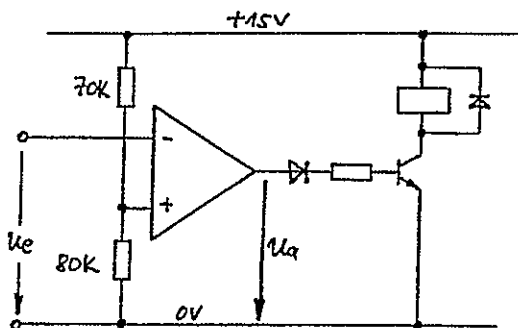
11. Ein Übertragungselement besitzt ein Amplitudenverhältnis von 0,1. Wie groß ist das Amplitudenverhältnis in dB? (1 P)

-20dB

12. Ein Temperaturfühler verhalte sich wie ein System 1. Ordnung. Die Zeitkonstante beträgt 40s. In der Skizze ist der zu messende Temperaturverlauf eingetragen. Ergänzen Sie den angezeigten Temperaturverlauf! (4 P)



13. Die Abbildung zeigt einen Komparator. Ergänzen Sie zunächst im Achsenkreuz die Ausgangsspannung über der Eingangsspannung! (6 P)



Nennen Sie ein Anwendungsbeispiel! Zweipunktregler (ohne Hysterese)

Welche Funktion hat die Diode, die dem Relais parallel geschaltet ist?

Freilaufdiode, Schutzdiode

14. Mit welchem absoluten Fehler müssen Sie rechnen, falls bei einem Druckmanometer (250 bar) eine Fehlerklasse von 0,1 angegeben wird? (1 P)

$\pm 0,25$ bar

15. Wie sind die Einheiten $^{\circ}\text{C}$ und k definiert? (3 P)

$^{\circ}\text{C}$: $\frac{1}{100}$ zwischen Siedepunkt ($p = 101325 \text{ hPa}$) und Schmelzpunkt Wasser

k : $\frac{1}{273,16}$ zwischen Tripelpunkt Wasser und abs. Nullpunkt

16. Wie lautet die genaue Umrechnung zwischen $^{\circ}\text{C}$ und K ? (1P)

$$t [^{\circ}\text{C}] = T [\text{K}] - 273,15$$

17. Einem konstanten Messsignal ist ein sinusförmiges Störsignal überlagert. Der zeitliche Verlauf kann beschrieben werden durch $u(t) = 1\text{V} + 0,1\text{V} \cdot \sin(\omega t)$. Welche Werte zeigt ein Multimeter an, wenn es auf "DC" bzw. auf "AC" steht? (3P)

$$\text{DC: } 1,0\text{V} \quad \text{AC: } \frac{0,1\text{V}}{\sqrt{2}} \approx 0,0707\text{V}$$

18. Welche besondere Eigenschaft besitzt ein Trägerfrequenzmessverstärker im Vergleich zu einem Gleichspannungsmessverstärker? (2P)

TF: Kann auch induktive Aufnehmer speisen (Wegaufnahme),
Thermospannungen spielen keine Rolle

19. Werden zwei nahezu gleich große (fehlerbehaftete) Messwerte voneinander subtrahiert, so entsteht ein großer ... Fehler. Wie lautet das fehlende Wort? (2P)

relativer

RECHENTEIL

Aufgabe 1 (9 P)

Zur Bestimmung einer Zugkraft wird die abgebildete DMS-Verschaltung verwendet.

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

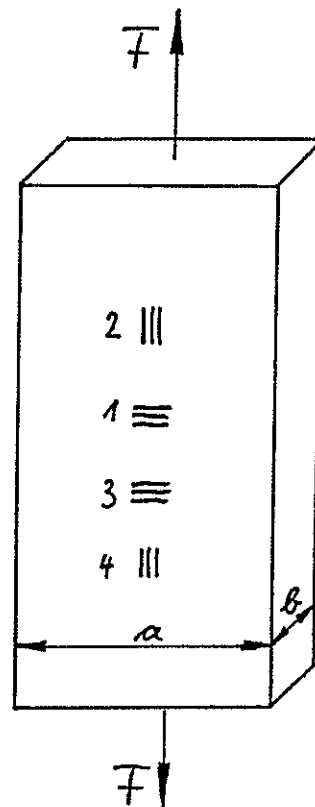
- Bestimmen Sie zunächst formelmäßig die Dehnungen $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ und ϵ_4 in Abhängigkeit der gegebenen Größen!
- Geben Sie eine Gleichung an zwischen der Brückenverstimmung und der zu messenden Kraft!

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

- Wie groß muss die Breite b gewählt werden, dass bei einer Kraft von 10000 N eine Brückenverstimmung von 1 mV/V entsteht?

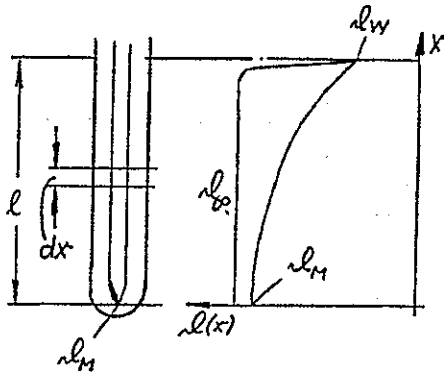
Weitere Zahlenwerte für Teilaufgabe c:

$$E = 210000\text{N/mm}^2; k = 2; a = 20\text{mm}; \nu = 0,3$$



Aufgabe 2 (10 P)

Ein Temperaturfühler (Länge $l=100\text{mm}$, Rohrquerschnitt $d_a=6\text{mm}$, $d_i=4\text{mm}$) zeigt eine Temperatur von $\vartheta_M=90^\circ\text{C}$ an. Die Wandtemperatur beträgt $\vartheta_w=70^\circ\text{C}$. Weiter seien bekannt: Wärmeübergangszahl $\alpha=30\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ Wärmeleitfähigkeit $\lambda=50\text{W}/(\text{mK})$



$$\frac{\vartheta(x) - \vartheta_\infty}{\vartheta_w - \vartheta_\infty} = \frac{\cosh(mx)}{\cosh(ml)} \quad \text{wobei: } m^2 = \frac{\alpha \cdot U}{\lambda \cdot A}$$

- Schätzen Sie die Temperatur des zu messenden Mediums ab!
- Wie groß ist der systematische Messfehler?

Aufgabe 3 (7 P)

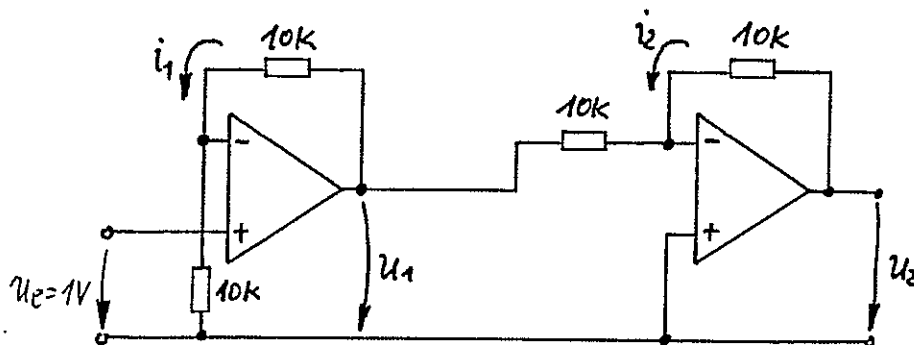
Bei einer Viertelbrücke ergibt sich bei $E=210000\text{N}/\text{mm}^2$ und $k=2$ bei einer bestimmten Zugspannung gerade eine Brückenverstimmung von $1\text{mV}/\text{V}$.

- Berechnen Sie die dazu erforderliche Zugspannung!
- Wie groß ist die entsprechende Spannung, wenn eine Halbbrücke verwendet wird (Annahme: Spannungen betragsmäßig gleich, Wirkungen addieren sich)?
- Wie groß ist die entsprechende Spannung, wenn eine Vollbrücke verwendet wird (Annahme: Spannungen betragsmäßig gleich, Wirkungen addieren sich)?

Hinweis: Die Lösungen von b. und c. können bei guter Begründung auch ohne Rechnung angegeben werden.

Aufgabe 4 (8 P)

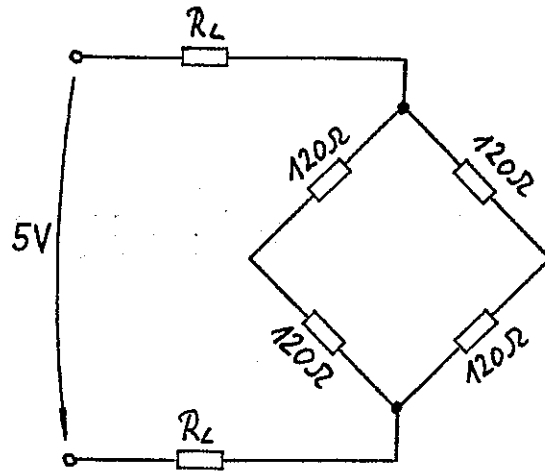
Bei der abgebildeten Schaltung sind die Spannungen u_1 , u_2 sowie die Ströme i_1 , i_2 zu bestimmen.



Aufgabe 5 (7 P)

Eine DMS-Messbrücke besteht aus 4 einzelnen DMS mit je 120 Ohm Widerstand. Die Messbrücke wird mit 5 V gespeist (Versorgungsspannung sei konstant).

$$R = \frac{l}{\kappa A} \quad \text{wobei: } \kappa = 57 \frac{\text{m}}{\text{mm}^2 \Omega}$$

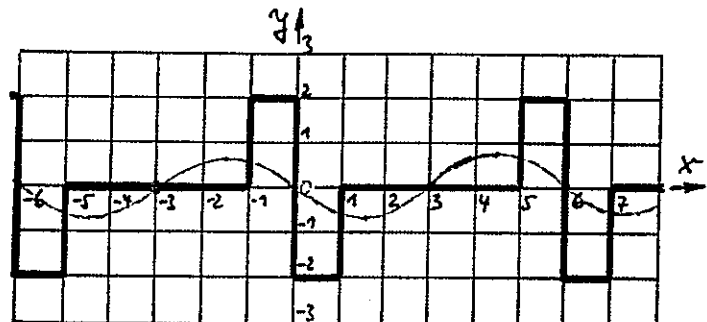


- Wie groß ist der Strombedarf zur Speisung der Messbrücke?
Bem.: In Teil a. wird der Widerstand der Zuleitung vernachlässigt.
- Die Länge der Zuleitung (Abstand Verstärker/Messbrücke) beträgt 10m. Der Querschnitt sei 0,75 mm². Wie groß ist der sich einstellende Speisestrom der Messbrücke?
- Wie groß ist der Betrag des systematischen Messfehlers der Verstärkung infolge der Zuleitung [in %]?
- Welche übliche Maßnahme wird zur Abhilfe getroffen?

Aufgabe 6 (11 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 und tragen Sie diese in die Abbildung ein!



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

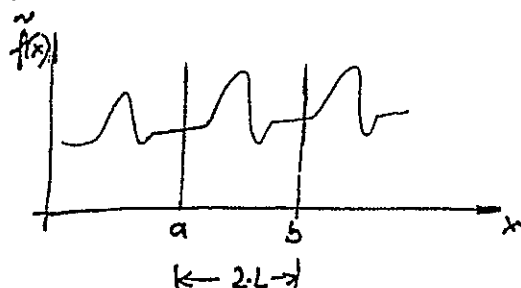
Sei $\tilde{f}(x)$ eine periodische Funktion der Periode $2L$, dann läßt sich $\tilde{f}(x)$ durch eine Reihenentwicklung approximieren:

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

wobei

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

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



Prüfung / Klausur Messtechnik vom 8.2.01 / Blatt 1

$$\text{zu 1)} \quad \underline{\underline{\epsilon_2 = \frac{\sigma}{E} = \frac{F}{a \cdot b \cdot E} = \epsilon_4}} \quad ; \quad \underline{\underline{\epsilon_1 = -\nu \epsilon_2 = -\nu \frac{F}{a \cdot b \cdot E} = \epsilon_3}}$$

$$\begin{aligned} \frac{u_D}{u_B} &= \frac{1}{4} K (\epsilon_2 + \epsilon_4 - \epsilon_1 - \epsilon_3) = \frac{K}{4} \left(\frac{F}{a \cdot b \cdot E} + \frac{F}{a \cdot b \cdot E} - (-\nu \frac{F}{a \cdot b \cdot E}) - (-\nu \frac{F}{a \cdot b \cdot E}) \right) \\ &= \underline{\underline{\frac{K(1+\nu)}{2abE} \cdot F}} \end{aligned}$$

$$\underline{\underline{\beta = \frac{K(1+\nu) \cdot F}{\frac{u_D}{u_B} \cdot 2 \cdot a \cdot E} = 3,095 \text{ mm}}}$$

$$\text{zu 2)} \quad \frac{\overbrace{\ln(x=0)}^{\ln 1} - \ln \infty}{\ln \infty - \ln \infty} = \frac{\overbrace{\cosh(m \cdot 0)}^1}{\cosh(m \cdot l)} \Rightarrow \ln \infty = \frac{\ln 1 \cdot \cosh(m \cdot l) - \ln \infty}{\cosh(m \cdot l) - 1}$$

$$m^2 = \frac{\alpha \cdot u}{\lambda \cdot A} = \frac{30 \pi \cdot 0,006}{50 \frac{\pi}{4} (0,006^2 - 0,004^2)} \text{ m}^{-2} \Rightarrow m = 26,83 \text{ m}^{-1}$$

$$\cosh(m \cdot l) = 7,351 \quad ; \quad \underline{\underline{\ln \infty = 93,15^\circ \text{C}}}$$

$$90^\circ \text{C} - 93,15^\circ \text{C} = \underline{\underline{-3,15^\circ \text{C}}} \quad (\text{system. Fehler})$$

$$\text{zu 3)} \quad \frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \frac{\Delta R}{R} = \frac{1}{4} \cdot K \epsilon = \frac{1}{4} K \frac{\sigma}{E} \Rightarrow \underline{\underline{\sigma = \frac{4 \cdot E}{K} \frac{u_D}{u_B} = 420 \text{ N/mm}^2}}$$

Halbbrücke : die Hälfte nur erforderlich, da 2 DMS gleichen
Beitrag liefern, also : $\sigma = 210 \text{ N/mm}^2$

Vollbrücke : nochmals die Hälfte, also : $\sigma = 105 \text{ N/mm}^2$

Prüfung / Klausur Messtechnik vom 8.2.01 / Blatt 2

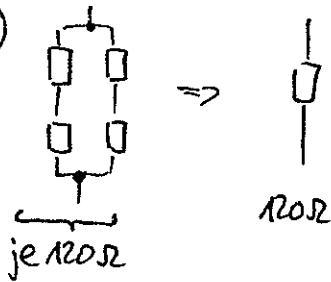
zu 4) nichtinvertierender Verstärker: $\frac{u_1}{u_e} = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 2 \Rightarrow \underline{\underline{u_1 = +2V}}$

invertierender Verstärker:

$$\frac{u_2}{u_1} = -\frac{R_2}{R_1} = -1 \Rightarrow \underline{\underline{u_2 = -2V}}$$

$$\underline{\underline{i_1 = \frac{2V}{20k\Omega} = +0,1mA}} \quad ; \quad \underline{\underline{i_2 = \frac{-2V}{10k\Omega} = -0,2mA}}$$

zu 5)



$$\underline{\underline{i = \frac{5V}{120\Omega} = 41,6...mA}}$$

$$R_L = \frac{10}{57 \cdot 0,75} \Omega = 0,2339 \Omega$$

$$\underline{\underline{i = \frac{5V}{120\Omega + 2 \cdot 0,2339\Omega} = 41,505mA}}$$

$$\frac{41,6... - 41,505}{41,6} \cdot 100\% = \underline{\underline{0,39\%}}$$

Abhilfe: Sechsheiterschaltung

zu 6) $\frac{a_0}{2} = 0$; $a_1 = 0$ (ungerade Funktion) ; $2L = b - a = 3 - (-3) = 6$
 $\Rightarrow L = 3$

$$b_1 = \frac{1}{3} \int_{-1}^0 2 \sin\left(1 \frac{\pi}{3} x\right) dx + \frac{1}{3} \int_0^1 (-2) \sin\left(1 \frac{\pi}{3} x\right) dx$$

$$= \frac{2}{3} \int_{-1}^0 \sin\left(\frac{\pi}{3} x\right) dx - \frac{2}{3} \int_0^1 \sin\left(\frac{\pi}{3} x\right) dx$$

$$\underline{\underline{b_1 = \frac{2}{3} \left[-\frac{3}{\pi} \cos\left(\frac{\pi}{3} x\right) \right]_{-1}^0 - \frac{2}{3} \left[-\frac{3}{\pi} \cos\left(\frac{\pi}{3} x\right) \right]_0^1}} = \dots = \underline{\underline{-\frac{2}{\pi} \approx 0,637}}$$

Grundschwingung lautet $\underline{\underline{y = -\frac{2}{\pi} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{3} x\right)}}$