

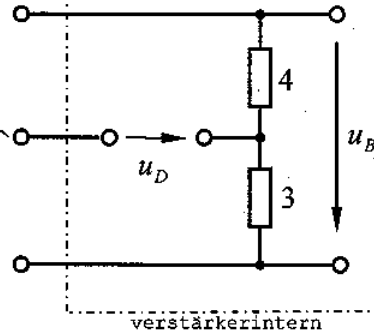
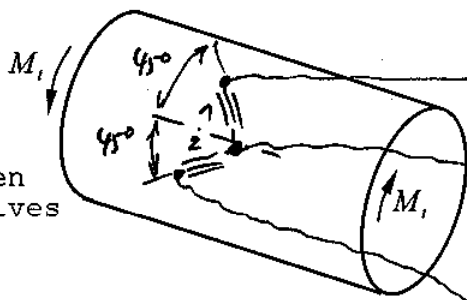
Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

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

Note : _____

KURZFRAGEN :

1. Ergänzen Sie die DMS-Anordnung für die Messung des Drehmomentes mit einer Halbbrücke sowie die notwendigen Verbindungen (positives Ausgangssignal)! (4P)

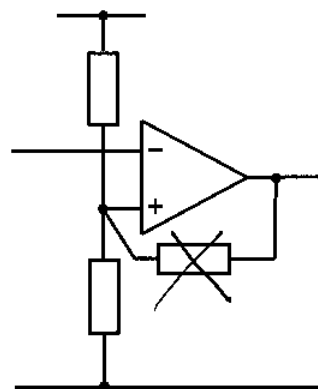


2. Ein Drucksensor gibt als Ausgangssignal einen druckproportionalen Strom aus. Wie groß wird dieser Strom sein (Bereich)? (2P)

0...20mA oder 4...20mA

3. Die Schalthysterese des abgebildeten Komparators soll entfernt werden. Durch welche Maßnahme wird dies realisiert? (3P)

Rückführungswiderstand weg



4. Wie groß ist die übliche Versorgungsspannung für eine DMS-Messbrücke? (2P)

5V (10V)

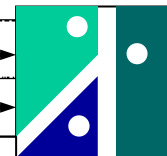
5. Weshalb wird als Material für die DMS Konstantan verwendet? (2P)

praktisch keine Widerstandsänderung infolge Temp.-änderung

6. Welcher gängige Widerstand wird für DMS verwendet (nicht 350 Ω nennen)? (2P)

120 Ω

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	<i>Lösungsweg</i>
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	



HS Koblenz
 FB Ingenieurwesen
 FR Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Messtechnik
 Prüfung 03.02.2017

7. Ein Druckaufnehmer mit einem Messbereich von 100 bar hat eine Fehlerklasse von 1.0 beziehungsweise 1%. Der tatsächliche Druck liegt bei 20 bar (wahrer Wert). In welchem Bereich kann die Anzeige liegen?

(2P)

$$19 \text{ bar} \leq p \leq 21 \text{ bar}$$

8. Bei einer Software soll das Berechnungstool der Standardabweichung überprüft werden. Dazu werden zwei Messwerte $x_1 = 15$ und $x_2 = 17$ eingegeben. Wie groß muss der angezeigte Wert für die Standardabweichung sein?

(3P)

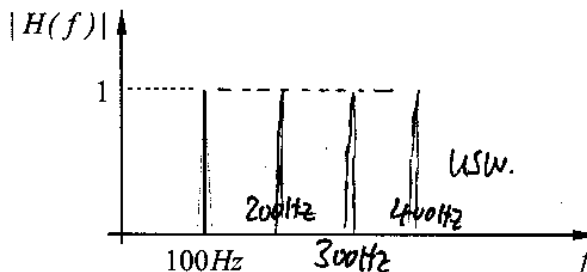
$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\bar{x} = 16 \quad S_x = \sqrt{\frac{1}{2-1} [(15-16)^2 + (17-16)^2]} = \dots = \sqrt{2}$$

9. Die Fourierentwicklung einer Impulsfunktion (Delta-Funktion) ergibt (ohne den Vorfaktor $2/T$) die angegebene Reihenentwicklung. Die Impulsfolgefrequenz sei 100 Hz. Ergänzen Sie das dazugehörige Spektrum!

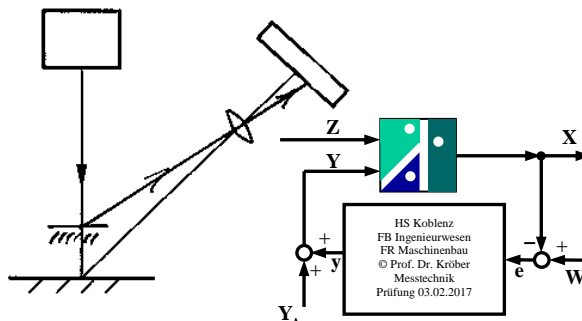
(3P)

$$y = \sum_{i=1}^{i=\infty} \cos(i \cdot \omega \cdot t) = \sum_{i=1}^{i=\infty} \cos(i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$$



10. Bei der Abstandsmessung mit dem Triangulationsverfahren ist der Strahlengang für einen bestimmten Messabstand eingetragen. Ergänzen Sie den Strahlengang für einen kleineren Abstand zum Messobjekt!

(3P)



11. Tragen Sie in das Diagramm die Kennlinien eines Transistors ein!

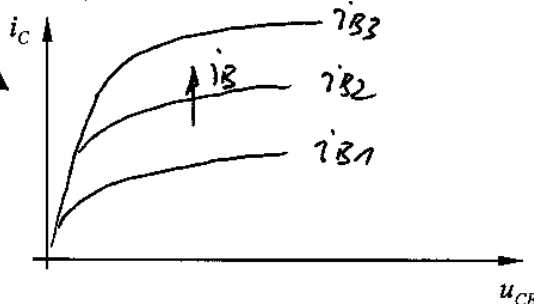
(3P)

12. Schreiben Sie die angegebene Differentialgleichung in Zeigerschreibweise!

(2P)

$$\vartheta + T \cdot \frac{d\vartheta}{dt} = \vartheta_{\infty}$$

$$\underline{1} + T(j\omega)\underline{1} = \underline{1/\omega}$$

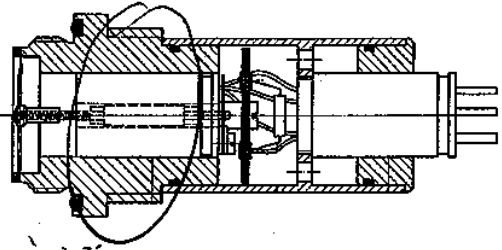


13. Induktive oder kapazitive Beschleunigungsaufnehmer können im Schwerfeld der Erde kalibriert werden. Wie groß ist die Änderung der angezeigten Beschleunigung, wenn der Aufnehmer um 180 Grad gedreht wird?

(2P)

$$2g$$

14. Bei dem induktiven Druckaufnehmer wird die Verformung der Membran mit einem Wegaufnehmer gemessen. Kennzeichnen Sie den Bereich des Wegaufnehmers!
(2 P)



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

Zu kleine Dünne → dünne Membran → Rückwirkung DMS (und Verkabelung) auf Membran

15. Quietschgeräusche von Bremsen weisen eine Frequenz von 800 Hz auf. Die Abtastfrequenz eines Messwertfassungssystems bietet folgende Möglichkeiten: 100 Hz, 1000 Hz, 10000 Hz. Welche Abtastfrequenzen sind nicht möglich bzw. möglich!
(3 P)

NEIN

JA

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

⇒ 0,1...2 Ω

10 MΩ

17. Bei einem Gleichspannungsmessverstärker "spielt" die phasenabhängige Gleichrichtung "keine Rolle". Bei welchem Verstärker "spielt" sie eine Rolle"?
(2 P)

Trägerfrequenzmessverstärker

18. Wie heißt die Umkehrung des Peltier-Effektes?
(2 P)

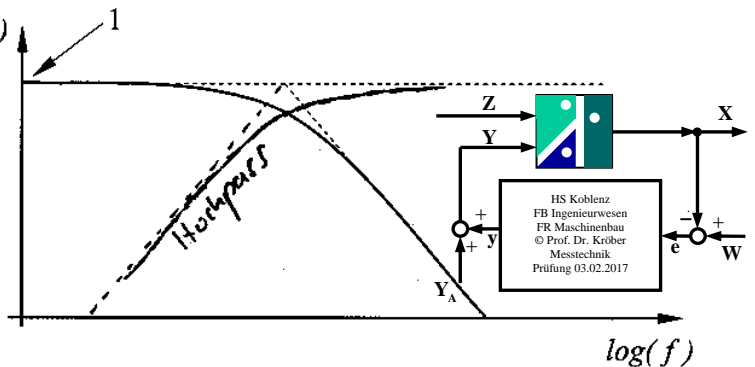
Seebeck-Effekt

19. Welches besondere Problem ergibt sich bei der statischen Kräfte messung mit einem Ladungsmessverstärker?
(2 P)

Drift des Messsignals

20. Im Messtechnik-Praktikum werden ein Hochpassfilter und ein Tiefpassfilter "durchgemessen". Beide haben die gleiche Eckfrequenz bzw. Eckkreisfrequenz. Die Kennlinie des Tiefpassfilters ist bereits im Diagramm eingetragen. Ergänzen Sie die Kennlinie des Hochpassfilters!
(4 P)

$\log(|G|)$



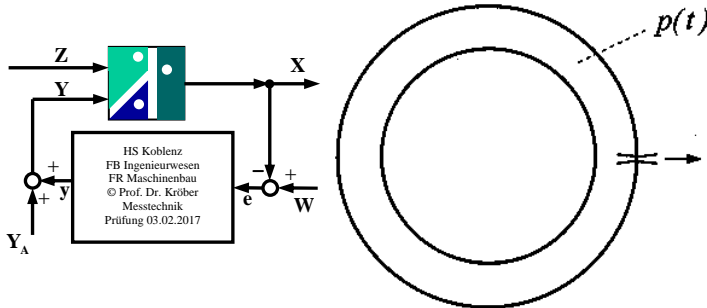
21. Ein Thermoelement hat eine Empfindlichkeit von $40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Die zu messende Temperatur sei 60°C . Welche Angabe fehlt noch, um die entstehende Thermospannung angeben zu können?
(2 P)

Vergleichstemperatur (Raumtemperatur)

RECHENTEIL

Aufgabe 1 (8P)

Ein Reifen hat zum Zeitpunkt $t=0$ einen Druck von $p_0 = 4,0$ bar (Überdruck zur Umgebung). Durch ein dünnes Loch entweicht Luft nach außen. Dadurch nimmt der Druck ständig ab. Zum Zeitpunkt $t = 200$ s beträgt der Druck noch 1,0 bar (Überdruck zur Umgebung).



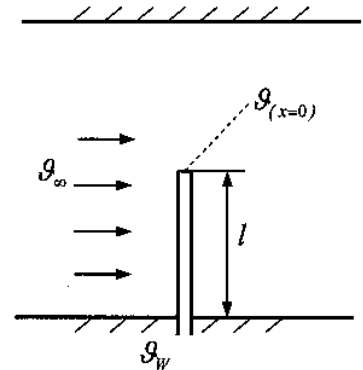
Hinweis: Alle hier relevanten Drücke sind stets Überdrücke zur Umgebung.

- Bestimmen Sie die Zeitkonstante!
- Zu welcher Zeit ist der Druck 2,0 bar?

Aufgabe 2 (10P)

In der Aufgabe soll der systematische Messfehler aufgrund der Wärmeleitung untersucht werden. Der Sensor ragt in das Medium hinein und wird als Vollmaterial (Durchmesser 4 mm) angenommen.

Geg.: $\alpha = 45W/(m^2 \cdot K)$, $\lambda = 50W/(m \cdot K)$, $l = 80mm$,
 $\vartheta_w = 100^\circ C$, $\vartheta_\infty = 120^\circ C$



- Bestimmen Sie m , $\cosh(m \cdot l)$ sowie die Temperatur $\vartheta_{(x=0)}$!
- Wie groß ist der systematische Messfehler?

Hilfestellungen:

$$\frac{\vartheta_{(x=0)} - \vartheta_\infty}{\vartheta_w - \vartheta_\infty} = \frac{1}{\cosh(m \cdot l)}$$

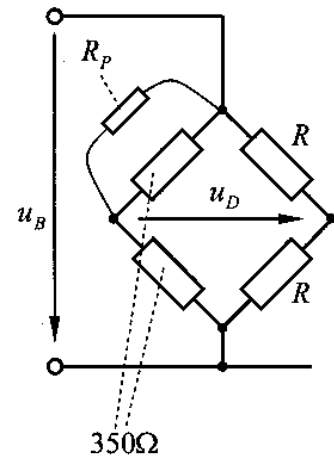
$$\cosh(m \cdot l) = \frac{e^{m \cdot l} + e^{-m \cdot l}}{2}$$

$$m = \sqrt{\frac{\alpha \cdot U}{\lambda \cdot A}}$$

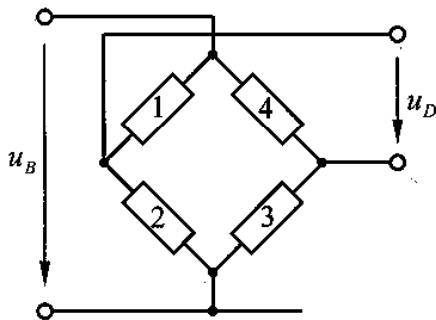
Aufgabe 3 (10P)

Die zuvor abgegliche Messbrücke wird mit der Shunt-Kalibrierung verstimmt. Es ergibt sich eine Brückenverstimmung von $u_D/u_B = 0,4 \text{ mV/V}$.

- Wie groß muss der Widerstand R_p sein?
- Nun wird die Shunt-Kalibrierung "wieder beseitigt". Der Widerstand R_1 ist ein Festwiderstand, der Widerstand R_2 ist ein DMS. Wie groß muss die Dehnung ϵ_2 [in $\mu\text{m/m}$] sein, damit die Brückenverstimmung (ebenfalls) $u_D/u_B = 0,4 \text{ mV/V}$ beträgt? Der k-Faktor sei 2.



Verschiedene Hilfestellungen:



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

$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \cdot \frac{R_0}{R_0 + R_p} \quad \frac{\Delta R}{R} = k \cdot \epsilon$$

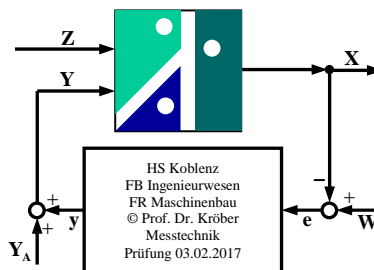
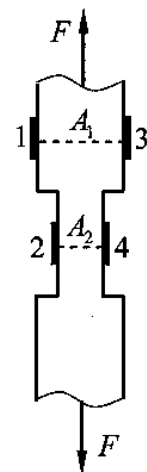
$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{R_2 \cdot R_4 - R_1 \cdot R_3}{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4)}$$

Aufgabe 4 (9P)

Auf dem abgebildeten Zugstab sind 4 DMS (alle längs) appliziert. Entwickeln Sie eine Gleichung zur Bestimmung der Brückenverstimmung in Abhängigkeit der gegebenen Größen! Bestimmen Sie zunächst die Dehnungen! Bei welcher Beziehung zwischen den Flächen A_1 und A_2 erscheint ein besonderes Ergebnis? Welches?

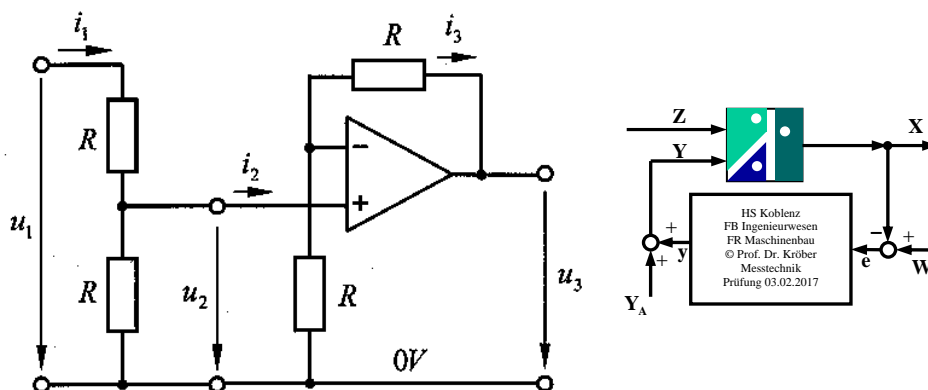
Geg.: F, A_1, A_2, k, E

Primäres Ziel: $\frac{u_D}{u_B} = f(F, A_1, A_2, k, E) = \dots$



Aufgabe 5 (8P)

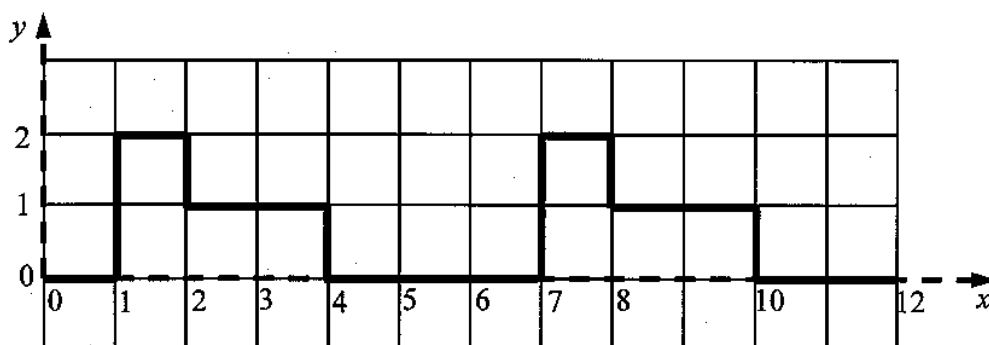
Bei dem abgebildeten Messumformer sei $u_2 = 5V$ und alle Widerstände seien $10\text{ k}\Omega$. Bestimmen Sie u_1 , u_3 , i_1 , i_2 und i_3 !



Aufgabe 6 (10P)

Von dem abgebildeten Signalverlauf sind der Konstantanteil $a_0/2$ und der Koeffizient b_1 zu ermitteln.

Bemerkungen:
Der gesamte Lösungsweg muss ersichtlich sein. Keine Integration "nur im Taschenrechner"! Gesucht ist die exakte Lösung.



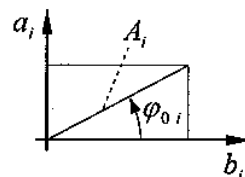
Hilfestellungen:

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

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

$$A_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2}$$

$$\tan \varphi_{0i} = \frac{a_i}{b_i}$$



Hinweis:

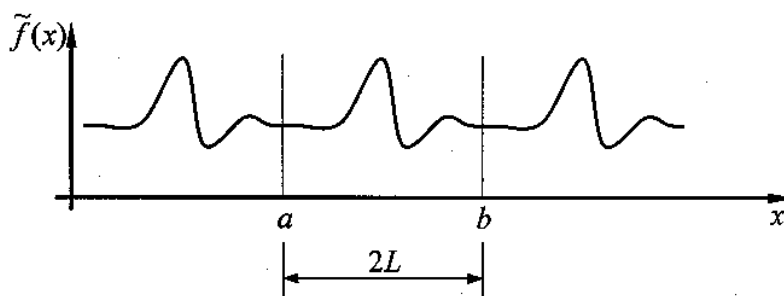
Sei $\tilde{f}(x)$ eine periodische Funktion der Periode $2L$, dann lässt sich $\tilde{f}(x)$ durch folgende Reihenentwicklung approximieren:

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

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 03.02.17

zu 1, a) $\frac{p_1}{p_0} = e^{-t/T} \Rightarrow \ln \frac{p_0}{p_1} = \frac{t}{T} \Rightarrow T = \frac{t}{\ln \frac{p_0}{p_1}} = \frac{200s}{\ln \frac{4}{1}} = \underline{\underline{144,275}}$

b) $\frac{p_2}{p_0} = e^{-t/T} \Rightarrow \ln \frac{p_0}{p_2} = \frac{t}{T} \Rightarrow t = T \cdot \ln \frac{p_0}{p_2} = 144,275 \cdot \ln \frac{4}{2} = \underline{\underline{100,05}}$
(exakt)

zu 2, a) $m = \sqrt{\frac{\alpha \cdot \lambda \cdot T}{\lambda \cdot d \cdot \frac{2P}{4}}} = \sqrt{\frac{4\alpha}{\lambda \cdot d}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 45}{50 \cdot 0,004}} \text{ m}^{-1} = \underline{\underline{30 \text{ m}^{-1}}}$

$\cosh(m \cdot l) = \cosh(30 \cdot 0,08) = \underline{\underline{5,557}}$

$\underline{\underline{u(x=0)}} = u_0 + \frac{u_w - u_0}{\cosh(m \cdot l)} = 120^\circ\text{C} + \frac{100^\circ\text{C} - 120^\circ\text{C}}{5,557} = \underline{\underline{116,4^\circ\text{C}}}$

b) syst. Fehler = Messwert - wahrer Wert = $116,4^\circ\text{C} - 120^\circ\text{C} = \underline{\underline{-3,6^\circ\text{C}}}$

zu 3, a) $\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \frac{R_0}{R_0 + R_P} \Rightarrow 4(R_0 + R_P) = \frac{R_0}{u_D/u_B}$

$\underline{\underline{R_P}} = \frac{R_0}{4 u_D/u_B} - R_0 = \frac{350 \Omega}{4 \cdot 0,4 \cdot 10^{-3}} - 350 \Omega = \underline{\underline{218,4 \text{ k}\Omega}}$

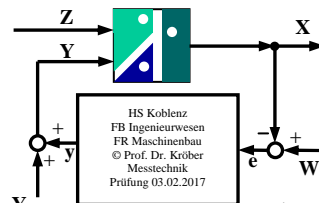
b) $\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} K \cdot \varepsilon \Rightarrow \underline{\underline{\varepsilon}} = \frac{4 \cdot \frac{u_D}{u_B}}{K} = \frac{4 \cdot 0,4 \cdot 10^{-3}}{2} = \underline{\underline{800 \frac{\mu\text{m}}{\text{m}}}}$

zu 4) $\underline{\underline{\varepsilon_2 = \varepsilon_4 = \frac{\sigma_{ZF}}{E} = \frac{F}{EA_2}}}$ $\underline{\underline{\varepsilon_1 = \varepsilon_3 = \frac{F}{EA_1}}}$

$\frac{u_D}{u_B} = \frac{K}{4} (\varepsilon_2 + \varepsilon_4 - \varepsilon_1 - \varepsilon_3) = \frac{K}{4} \left(\frac{F}{EA_2} \cdot 2 - \frac{F}{EA_1} \cdot 2 \right)$

$\underline{\underline{= \frac{K}{2E} \left(\frac{1}{A_2} - \frac{1}{A_1} \right) \cdot F}}$

$A_1 = A_2 \Rightarrow \underline{\underline{\frac{u_D}{u_B} = 0}}$



Zugkraftmessung mit $A_1 = A_2$
nicht möglich.

Prüfung Messtechnik 03.02.17

m5) Spannungsteiler ($R=R$) $\Rightarrow \underline{u_1} = 2 \cdot u_2 = 2 \cdot 5V = \underline{10V}$

$\underline{i_2} = 0$ (hochohmiger Eingang)

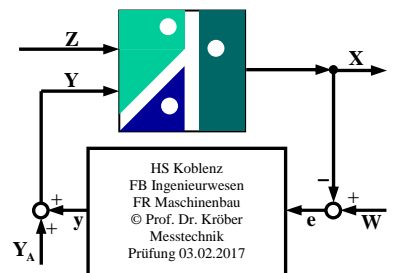
$\underline{i_1} = \frac{10V}{2 \cdot R} = \frac{10V}{2 \cdot 10k\Omega} = \underline{0,5mA}$

Nichtinvertierender Verstärker

$\frac{u_a}{u_e} = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{R}{R} = 2 \Rightarrow u_{a1} = u_{a3} = \underline{2 \cdot 5V = 10V}$

$\vec{5V}$

$\underline{i_3} = -\frac{u_3}{2R} = -\frac{10V}{2 \cdot 10k\Omega} = \underline{-0,5mA}$



m6) $2L = b - a = 6 - 0 = 6 \Rightarrow L = 3$

$\underline{\frac{a_0}{2}} = \frac{2+2}{6} = \underline{\frac{2}{3}}$ (auch Mittelwert)

$b_1 = \frac{1}{3} \int_0^2 2 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{3}x\right) dx + \frac{1}{3} \int_2^4 1 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{3}x\right) dx$

$= \frac{2}{3} \int_0^2 \sin\left(\frac{\pi}{3}x\right) dx + \frac{1}{3} \int_2^4 \sin\left(\frac{\pi}{3}x\right) dx$

$= \frac{2}{3} \left[-\frac{3}{\pi} \cos\left(\frac{\pi}{3}x\right) \right]_0^2 + \frac{1}{3} \left[-\frac{3}{\pi} \cos\left(\frac{\pi}{3}x\right) \right]_2^4$

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

$= 2 \left[\frac{1}{\pi} \right]$

$\underline{\underline{b_1 = \frac{2}{\pi} \approx 0,6366}}$