

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

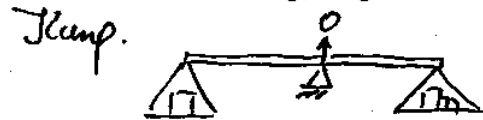
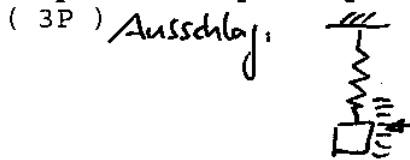
- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
  - Schreib- und Zeichengerät
  - Taschenrechner

Note : \_\_\_\_\_

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	$Y_A$

**K U R Z F R A G E N :**

1. Skizzieren Sie je ein Beispiel für das Ausschlagprinzip und für das Kompensationsprinzip am Beispiel einer Kraftmessung/Wägetechnik! ( 3P )



2. Nennen Sie ein Beispiel für eine sogenannte Messkette, die aus mindestens 3 Elementen besteht! ( 2P )

Zahnrad - Sensor - Verstärker - Monoblocator - Anzeige

3. Ein 8 bit A/D-Wandler hat einen Eingangssignalbereich von 0 bis 10 Volt. Wie groß ist die Auflösung [in mV]? ( 2P )

$10V/28 = 39,06 mV$

4. Wie wird der Bereich unterhalb des Anzeigebereiches bezeichnet? ( 1P )

Unterdrückungsbereich

5. Jemand behauptet: Übliche Strommessbereiche gehen von 0 mA bis 40 mA. Wie muss es richtig lauten: ( 2P )

0...20mA

6. Der Betrag eines Frequenzganges sei  $|G|=0,1$ . Wie groß ist das Amplitudenverhältnis in [dB]? ( 1P )

-20 dB

7. Ein Operationsverstärkerausgang wird mit einem  $10k\Omega$ -Widerstand belastet. Welches Problem stellt sich ein, wenn anstatt  $10k\Omega$  ein Widerstand von  $1k\Omega$  oder  $100\Omega$  verwendet wird? ( 3P )

Ströme werden zu groß  $1/10$  &  $5mA$

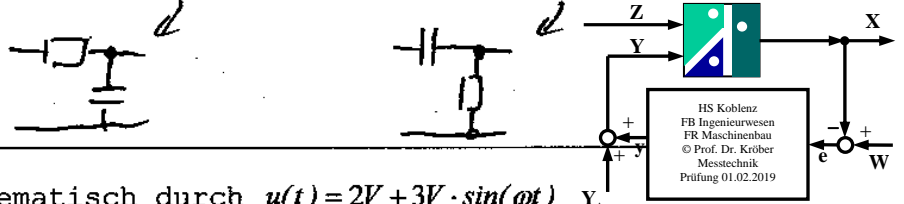
8. Bei der Drehzahlmessung dreht sich die Welle mit 50 Hz. Welches Bild sieht man, wenn die Blitzfrequenz 49 Hz beträgt?

( 2P )

Welle dreht „scheinbar“ mit 1 Hz in Drehrichtung

9. Skizzieren Sie einen passiven Tiefpass und passiven Hochpass!

( 4P )



10. Ein Messsignal wird mathematisch durch  $u(t) = 2V + 3V \cdot \sin(\omega t)$  beschrieben. Das Signal wird mit einem Voltmeter gemessen. Welche Werte werden angezeigt, wenn es auf "DC" bzw./oder "AC" steht?

( 3P )

DC = 2V      AC =  $3\sqrt{2} \approx 4,24V$

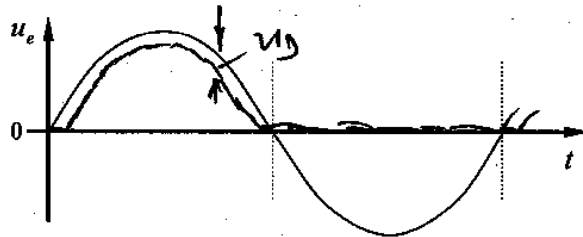
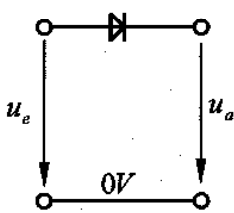
11. Wenn man bei der Kaffeemaschine im Foyer der Mensa die Karte stecken lässt, ertönt ein Ton von (ca.) 2500 Hz. Mit einer geeigneten APP kann man diese Frequenz messen. Mit welcher Abtastfrequenz muss diese Messung mindestens erfolgen?

( 2P )

5000 Hz

12. Auf den Eingang der einfachen Schaltung wirkt eine sinusförmige Spannung. Tragen Sie die Ausgangsspannung in das nebenstehende Diagramm ein!

( 3P )



13. Ein Pt100 Widerstand hat bei 100°C einen Widerstand von 138,5 Ohm. Wie groß ist der Widerstand bei 50°C?

( 2P )

$(100 + 138,5) \cdot 2 / 2 = 119,25 \Omega$

14. Zunächst soll angegeben werden, wodurch sich potentiometrische und induktive Wegaufnehmer hinsichtlich der Speisung unterscheiden.

( 4P )

Speisung induktiver Aufnehmer: Wechselspannung

Speisung potentiometrischer Aufnehmer: Gleichspannung

Antwortbeispiele: Gleichspannung, Wechselspannung, Gleichstrom, Wechselstrom

Welcher Aufnehmer ist für rauere Umgebungsbedingungen geeignet?

induktive Aufnehmer

Welcher Aufnehmer liefert als Ausgangssignal direkt eine wegproportionale Spannung?

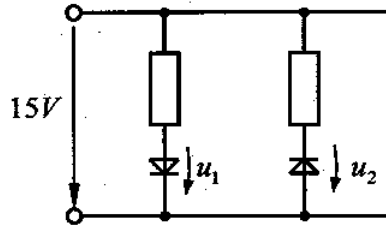
potentiometrischer Aufnehmer

15. Auf einer Welle werden zwei DMS unter  $\pm 45^\circ$  zur Längsachse angeordnet. Welche physikalische Größe wird hier gemessen?  
( 1P )

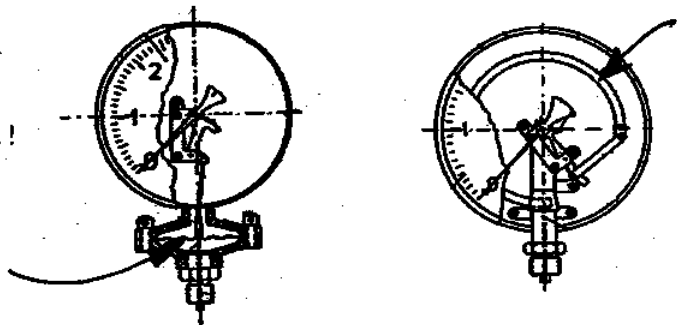
Drehmoment

16. Bei der abgebildeten Schaltung gelten übliche Werte für die Bauelemente. Wie groß sind die Spannungen  $u_1$  und  $u_2$ ?  
( 3P )

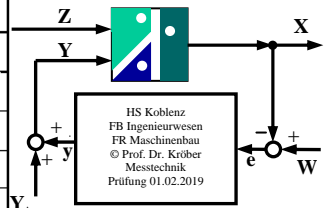
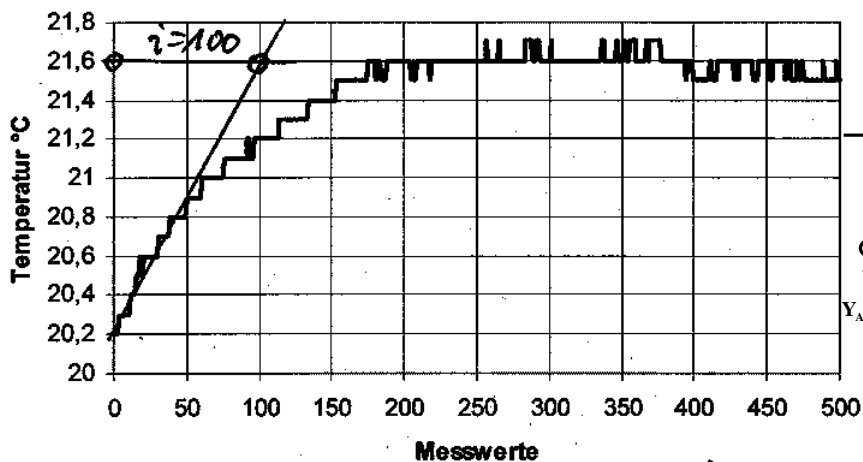
$u_1 = 0,7V$      $u_2 = 15V$



17. Die Abbildungen zeigen zwei Druckmanometer. Kennzeichnen Sie jeweils das Bauelement, welches sich bei Druckbeaufschlagung verformt!  
( 3P )



18. Am letzten Messtechnik-Vorlesungstag des WS18/19 wurde mit dem Fluke975 während der Vorlesung die Temperatur aufgezeichnet. Der Temperaturverlauf ist in der Abbildung dargestellt. In guter Näherung ergab sich der Verlauf einer E-Funktion.



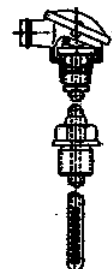
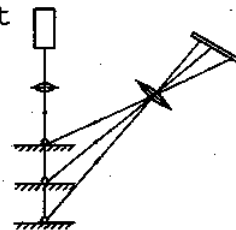
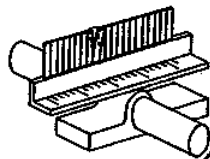
Wie groß ist die Auflösung [in °C]?  
( 1P )

0,1°C

Die Zeit von Messwert zu Messwert beträgt 10 Sekunden. Bestimmen Sie die Zeitkonstante?  
( 4P )

$100 \cdot 10s = 1000s$

19. Welche physikalischen Messgrößen werden mit den abgebildeten Aufnehmern gemessen?  
( 4P )



Weg

Drehzahl

Abstand

Temperatur

## R E C H E N T E I L

## Aufgabe 1 ( 9P )

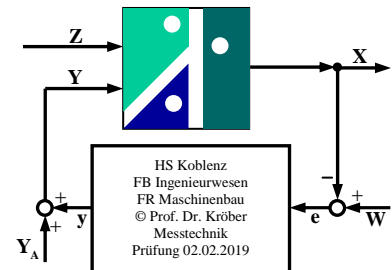
Wenn bei einer DMS-Anordnung längs und quer applizierte DMS eingesetzt werden, treten in der Gleichung Terme vom Typ  $(1+\nu)$  auf. Hier soll untersucht werden, wie ein möglicher Fehler der Querkontraktionszahl  $\nu$  in das Ergebnis eingeht.

Der Ausgangspunkt für diese Aufgabe ist folgende Gleichung:  $y=1+\nu$

- Wie groß ist der relative Fehler von  $y$  (also konkret  $\Delta y/y$ ) in [%], wenn der Wert von  $\nu$  sich um 1 % erhöht. Der Ausgangswert von  $\nu$  sei  $\nu=0,3$ . Lösen Sie diesen Aufgabenteil durch Einsetzen geeigneter Werte!
- Bestimmen Sie den relativen Fehler durch Verwendung der Fehlerformel! In Fragestellung b ist die formelmäßige und numerische Lösung in [%] gesucht. Die Zahlenwerte für die numerische Lösung stehen bei Fragestellung a.

Ziel für die formelmäßige Lösung:  $\frac{\Delta y}{y} = \dots \cdot \frac{\Delta \nu}{\nu}$

Hilfestellung:  $\Delta y = \frac{\partial f}{\partial x_1} \cdot \Delta x_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} \cdot \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} \cdot \Delta x_n$



## Aufgabe 2 ( 9P )

Die Eingangsgröße eines Tiefpassfilters ist sinusförmig. Bei einer Signalfrequenz von  $f = 30$  Hz beträgt das Amplitudenverhältnis  $|G| = \frac{1}{\sqrt{2}}$ .

- Wie groß ist die Zeitkonstante  $T$ ?
- Es sei  $C = 0,1 \mu\text{F}$ . Wie groß muss dann der Widerstand  $R$  sein?
- Das gleiche Eingangssignal wirkt nun auf einen Hochpassfilter ( $R$  und  $C$  alle gleich): Wie groß ist  $|G|$  beim Hochpassfilter?

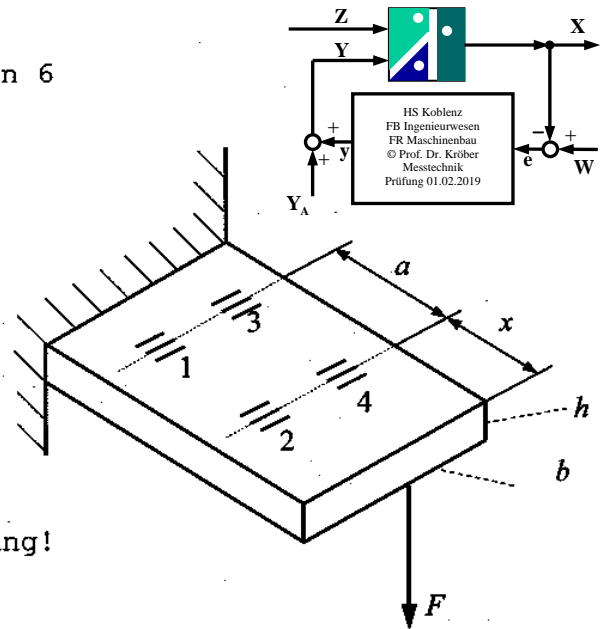
Hilfestellungen:

$$\text{Tiefpassfilter } |G| = \frac{1}{\sqrt{1+(\omega \cdot T)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+(2 \cdot \pi \cdot f \cdot T)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+(2 \cdot \pi \cdot f \cdot R \cdot C)^2}}$$

$$\text{Hochpassfilter } |G| = \frac{\omega \cdot T}{\sqrt{1+(\omega \cdot T)^2}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot T}{\sqrt{1+(2 \cdot \pi \cdot f \cdot T)^2}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R \cdot C}{\sqrt{1+(2 \cdot \pi \cdot f \cdot R \cdot C)^2}}$$

Aufgabe 3 ( 10P )

An dem einseitig eingespannten Biegebalken wirkt die Querkraft  $F$ . Durch einen "Übermittlungsfehler" wurden alle DMS quer appliziert. Aber auch daraus lässt sich noch ein verwertbares Messsignal erzeugen.

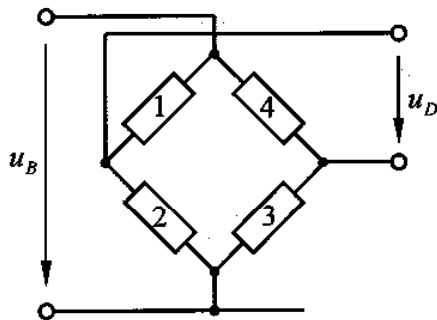


- a. Bestimmen Sie zunächst die Dehnungen  $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$  und  $\epsilon_4$ !
- b. Bestimmen Sie eine Gleichung zur Berechnung der Brückenverstimmung!

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

- c. Wie gehen Fehler der Länge  $a$  und Länge  $x$  in das Ergebnis ein (in "Worten" argumentieren, Methode "scharfes Hinsehen")?

Hilfestellungen:



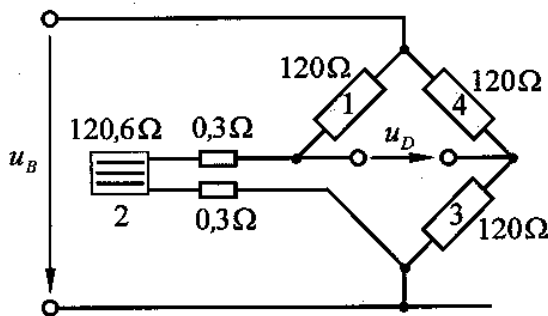
$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \left( \frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_3}{R} \right)$$

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \epsilon \quad W_b = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad \epsilon_{quer} = -\nu \cdot \epsilon_{längs}$$

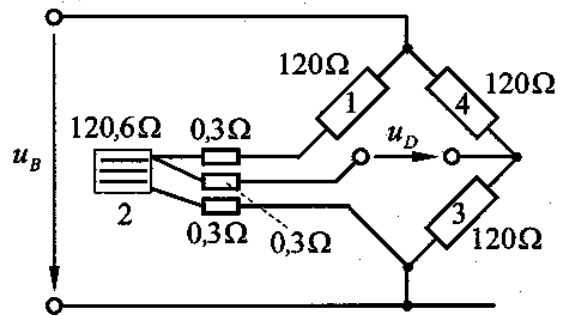
Aufgabe 4 ( 8P )

Die Abbildungen zeigen eine Viertelbrückenschaltung in Zweileiterschaltung (Fall A) und Dreileiterschaltung (Fall B).

Fall A:



Fall B:



- a. Bestimmen Sie zunächst  $\Delta R_1$  und  $\Delta R_2$  für beide Fälle!
- b. Bestimmen Sie mit der linearisierten Brückenformel für beide Fälle die Brückenverstimmung [in mV/V]!

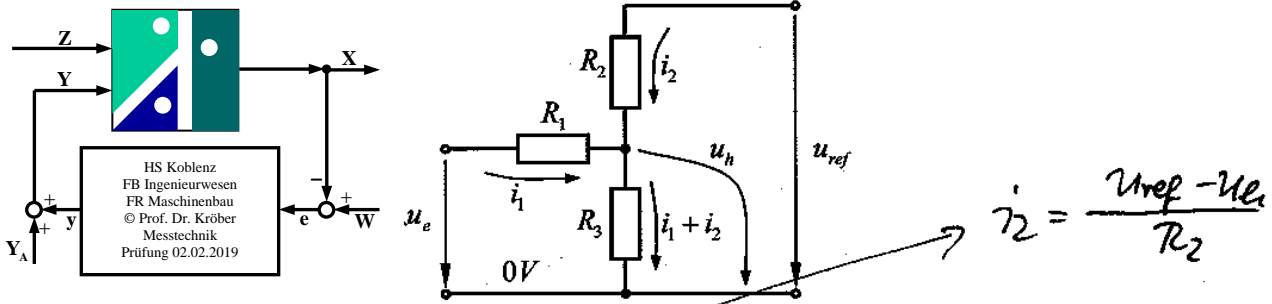
Hilfestellung (linearisierte Brückenformel):  $\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \left( \frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_3}{R} \right)$

Aufgabe 5 ( 6P )

In der Vorlesung Messtechnik wurde die Eingangsbeschaltung des USB6008 untersucht. Im Rahmen der Berechnung wurden für die drei Widerstände drei Gleichungen aufgestellt.

Für den Widerstand  $R_1$  lautet die Gleichung:  $i_1 = \frac{u_e - u_h}{R_1}$

Wie lauten die beiden Gleichungen für die Widerstände  $R_2$  und  $R_3$ ?



Gesucht sind also:

$$\dots = \frac{\dots}{R_2} \quad \dots = \frac{\dots}{R_3} \quad \longrightarrow \quad i_1 + i_2 = \frac{u_e}{R_3}$$

Aufgabe 6 ( 8P )

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

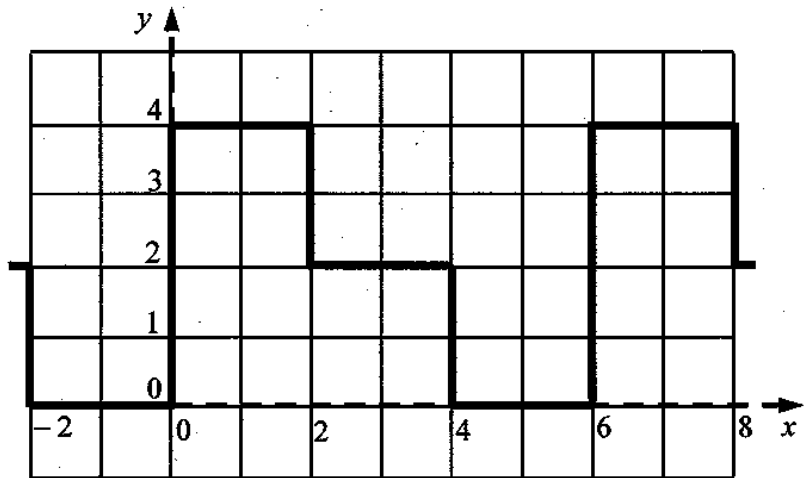
Bemerkungen:

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

Hilfestellungen:

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

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



Hinweis:

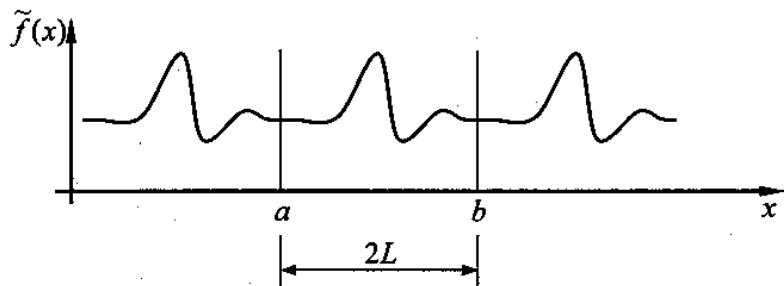
Sei  $\tilde{f}(x)$  eine periodische Funktion der Periode  $2L$ , dann lässt sich  $\tilde{f}(x)$  durch folgende Reihenentwicklung approximieren:

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

wobei:

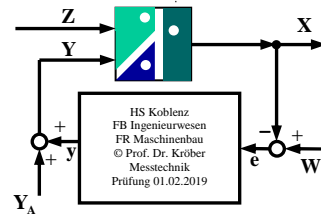
$$a_i = \frac{1}{L} \int_a^b \tilde{f}(x) \cos\left(i \frac{\pi}{L} x\right) dx$$

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



# Prüfung Messtechnik 01.02.19

zu 1, a)  $y = 1 + v$   
 $y_0 = 1 + 0,3 = 1,3$  ;  $y_1 = 1 + 0,3 \cdot 1,01 = 1,303$   
 $\frac{y_1 - y_0}{y_0} \cdot 100\% = \frac{1,303 - 1,3}{1,3} \cdot 100\% = 0,2308\%$



b)  $y = 1 + v$   
 $\frac{\Delta y}{y} = \frac{\partial y}{\partial v} \Delta v = \Delta v \cdot \frac{1}{y}$

$\frac{\Delta y}{y} = \frac{\Delta v}{y} = \frac{\Delta v \cdot y}{y^2} = \frac{v}{y} \cdot \frac{\Delta v}{v} = \frac{v}{1+v} \cdot \frac{\Delta v}{v}$

$\frac{\Delta y}{y} = \frac{0,3}{1+0,3} \cdot 0,01 \cdot 100\% = 0,2308\%$

zu 2, a)  $|G| = \frac{1}{\sqrt{1 + (2\pi f T)^2}} \Rightarrow 1 + (2\pi f T)^2 = \frac{1}{|G|^2}$

$T = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{\frac{1}{|G|^2} - 1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 30} \sqrt{\frac{1}{(1/1,6)^2} - 1} = 5,305 \text{ ms}$

b)  $T = R \cdot C \Rightarrow R = \frac{T}{C} = \frac{0,005305}{0,1 \cdot 10^{-6}} \Omega = 53,05 \text{ k}\Omega$

c)  $|G| = \frac{2\pi f T}{\sqrt{1 + (2\pi f T)^2}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 30 \cdot 0,005305}{\sqrt{1 + (2 \cdot \pi \cdot 30 \cdot 0,005305)^2}} = 0,707 (= \frac{1}{\sqrt{2}})$

zu 3, a)  $\epsilon_2 = \epsilon_f = -v \frac{F \cdot x \cdot 6}{E b l^2}$  ;  $\epsilon_1 = \epsilon_3 = -v \frac{F(x+a) \cdot 6}{E b l^2}$

b)  $\frac{u_D}{u_B} = \frac{k}{f} (2\epsilon_2 - 2\epsilon_1) = \frac{k}{f} \left( 2 \left( -v \frac{F \cdot x \cdot 6}{E b l^2} \right) - 2 \left( -v \frac{F(x+a) \cdot 6}{E b l^2} \right) \right)$   
 $= \dots = \frac{3 \cdot k \cdot v \cdot a}{E b l^2} F$

c) a proportional, x fehlt nicht ein

# Prüfung Messtechnik 01.02.19

2m4) Fall A  $\Delta R_1 = \underline{0}$ ;  $\Delta R_2 = 1,2 \underline{\Omega}$

$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \left( \frac{\Delta R_2}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} \right) = \frac{1}{4} \frac{1,2 \Omega}{120 \Omega} = 2,5 \frac{mV}{V}$$

Fall B  $\Delta R_1 = 0,3 \underline{\Omega}$ ;  $\Delta R_2 = 0,9 \underline{\Omega}$

$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \left( \frac{0,9}{120} - \frac{0,3}{120} \right) = 1,25 \frac{mV}{V}$$

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

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

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

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

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

$$= \frac{4}{3} \left[ \underbrace{-\frac{3}{\pi} \cos\left(\frac{2}{3}\pi\right)}_{-1/2} + \underbrace{\frac{3}{\pi} \cos(0)}_1 \right] + \frac{2}{3} \left[ \underbrace{-\frac{3}{\pi} \cos\left(\frac{4}{3}\pi\right)}_{-1/2} + \underbrace{\frac{3}{\pi} \cos\left(\frac{2}{3}\pi\right)}_{-1/2} \right]$$

$$= \frac{4}{3} \left[ \frac{3}{2\pi} + \frac{3}{\pi} \right]$$

$$\underline{\underline{b_1}} = \frac{4}{3} \left[ \frac{3}{2\pi} + \frac{6}{2\pi} \right] = \frac{4 \cdot 9}{3 \cdot 2\pi} = \frac{6}{\pi} \approx 1,9099$$

