

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

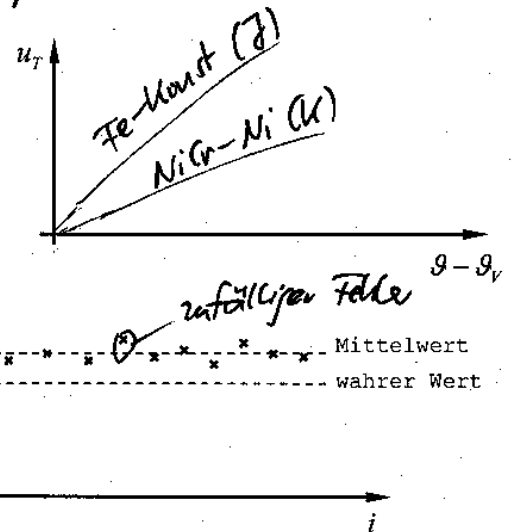
- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
  - Schreib- und Zeichengerät
  - Taschenrechner

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

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

1. Was versteht man unter Justieren und Kalibrieren, bzw. worin besteht der Unterschied? ( 3P )  
Justieren → Abgleich, damit Messsignal stark Null  
wenn Messgröße gleich Null  
Kalibrieren → Anpassung an Empfindlichkeit

2. Benennen Sie zwei Thermopaare und tragen Sie die Kennlinien in das nebenstehende Diagramm ein! ( 4P )



3. Kennzeichnen Sie in der Skizze den systematischen und zufälligen Fehler! Ist der systematische Fehler hier positiv oder negativ oder Null? ( 3P )

positiv

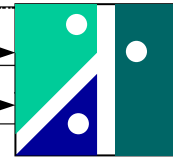
4. Wozu wird ein Peltier-Element eingesetzt? ( 1P )

Erzeugung von Kälte (Kühlzwecke)

5. Zur Messung der Umgebungstemperatur wird der Sensor der direkten Sonnenstrahlung eingesetzt. Durch die absorbierte Wärmestrahlung wird der Sensor immer wärmer. Durch welchen Transportmechanismus wird bei wachsender Sensortemperatur mehr Wärmeleistung an die Umgebung abgegeben (so dass ein Gleichgewicht entsteht)? ( 2P )

Konvektion

| Aufgabe    | erreichte Punkte |
|------------|------------------|
| Fragenteil |                  |
| 1          |                  |
| 2          |                  |
| 3          |                  |
| 4          |                  |
| 5          |                  |
| 6          |                  |
| Summe      |                  |



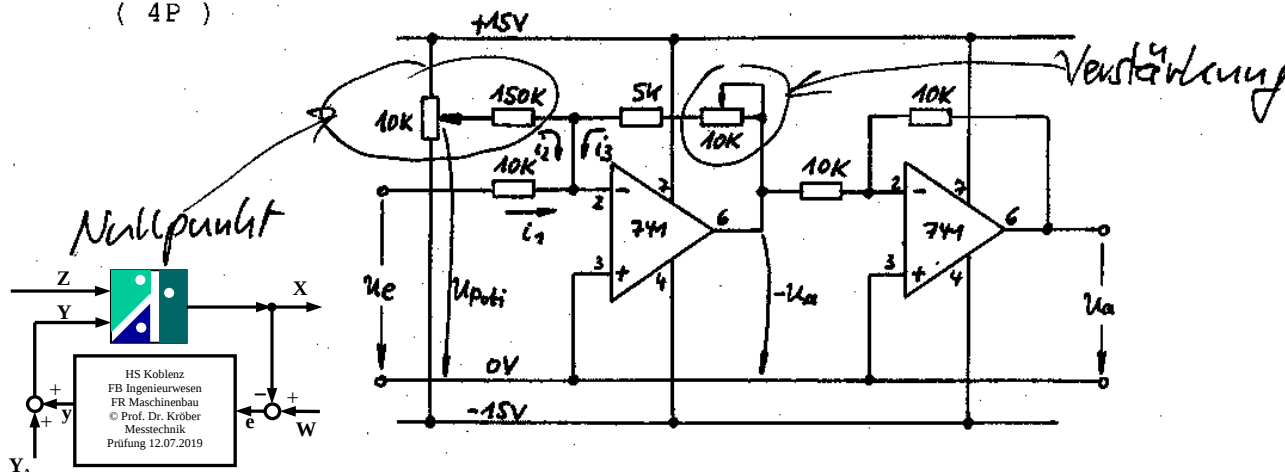
HS Koblenz  
 FB Ingenieurwesen  
 FR Maschinenbau  
 © Prof. Dr. Kröber  
 Messtechnik  
 Prüfung 12.07.2019

6. Ein Messsignal (Spannung) besteht aus einer konstanten Spannung und einer überlagerten Sinusfunktion. Auf dem Bereich "DC" werden 2 Volt angezeigt und auf dem Bereich "AC" genau 1 Volt angezeigt. Wie groß sind der Maximalwert und der Minimalwert der Spannung?  
( 4 P )

$$Max = 2V + 1 \cdot \sqrt{2}V \approx 3,414V$$

$$Min = 2V - 1 \cdot \sqrt{2}V \approx 0,586V$$

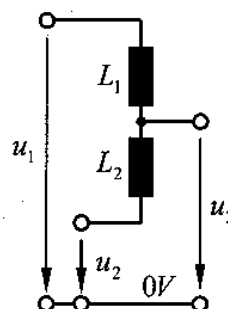
7. Kennzeichnen Sie in der Schaltung, wo die Nullpunkteinstellung und wo die Einstellung der Verstärkung durchgeführt wird!  
( 4 P )



8. Die Abbildung zeigt eine induktive Halbbrücke. Die Spannung  $u_1$  hat den Signalverlauf  $u_1 = \hat{u} \cdot \sin(\omega t)$ . Wie lautet der Signalverlauf von  $u_2$ ? Welche Bedingung muss erfüllt sein, damit die Ausgangsspannung  $u_3$  gleich Null ist?  
( 3 P )

$$u_2 = -\hat{u} \cdot \sin \omega t$$

$$\text{Bedingung: } L_1 = L_2$$



9. Bei einem Trägerfrequenzmessverstärker werden die Trägerfrequenzreste durch einen Tiefpassfilter mit der Knickfrequenz von 1000 Hz (ideal) rausgefiltert. Mit welcher Frequenz muss dann das Signal mindestens erfasst werden?  
( 2 P )

$$2000 \text{ Hz}$$

10. Bei einem Beschleunigungsaufnehmer ist die seismische Masse sehr groß, beliebig oder sehr klein. Die Federsteifigkeit kann ebenfalls sehr groß, beliebig oder sehr klein sein. Wie lauten die richtigen Antworten?  
( 2 P )

so richtig

11. Bei einem Druckmanometer der Fehlerklasse 1.0 und einem Messbereich von 100 bar wird ein Wert von 40 bar angezeigt. Zwischen welchen beiden Werten kann der tatsächliche Druck dann liegen?  
( 2 P )

$$39 \text{ bar} \leq p \leq 41 \text{ bar}$$

12. Was versteht man bei einer Diode unter der Durchlassspannung?  
( 2 P )

Spannungsabfall in Durchlassrichtung

13. Eine Welle hat eine Markierung und dreht mit 60 Hz. Bei einer Stroboskopblitzfrequenz von 60 Hz sieht man die Marke auf der Welle genau einmal. Welches Bild ergibt sich wenn die Blitzfrequenz von 30 Hz und 120 Hz? ( 4P )

30 Hz: Markierung auch einmal pro Umdrehung zu sehen  
 120 Hz: -n- zweimal zu sehen (180° versetzt)

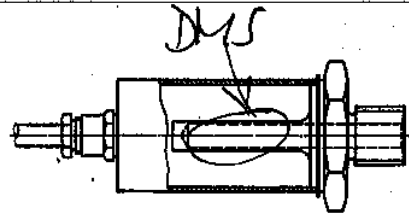
14. Auf einer Welle sind 2 DMS zur Messung des Drehmomentes angebracht/verschaltet? Alternativ werden 4 DMS verwendet (ordnungsgemäße Verschaltung). Um welchen Faktor (welches Maß) ändert sich das Messsignal durch Einsatz der Vollbrücke anstatt der Halbbrücke?  
 ( 2P )

Faktor 2 mehr

15. Welche physikalische Messgröße wird mit dem abgebildeten Messwertaufnehmer gemessen? Wo sind die DMS zu Messwertaufnahme appliziert?

( 3P )

Druckaufnehmer



16. Welche physikalische Messgröße wird mit einem Gleichspannungstachogenerator gemessen?  
 ( 1P )

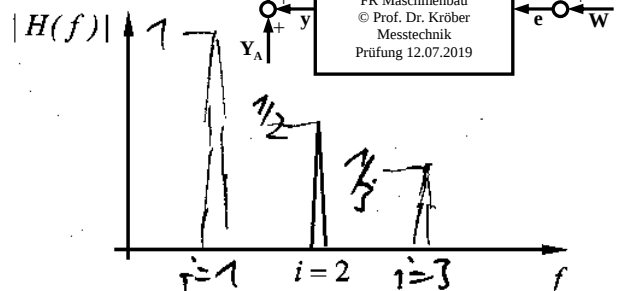
Drehzahl

17. Betrachtet man nur die Schwingungsterme, dann lautet die Fourierreihenentwicklung einer Sägezahnswingung:

$$y = \frac{1}{1} \sin(\omega t) - \frac{1}{2} \sin(2\omega t) + \frac{1}{3} \sin(3\omega t) - + \dots$$

----- Ordnungszahl  $i = 2$

In der nebenstehenden Abbildung ist das Spektrum der Ordnungszahl  $i = 2$  bereits eingetragen. Ergänzen Sie den Anteil der Ordnungszahl  $i = 1$  und  $i = 3$ ! ( 4P )



18. Bei einer Füllstandsmessung wird die Masse des Behälters mit einem piezoelektrischen Kraftaufnehmer und Ladungsverstärker gemessen. Weshalb kann dies nicht funktionieren?  
 ( 2P )

Drift des Messsignals

19. Bei einer DMS-Vollbrücke werden die DMS so angeordnet, dass 4 positive Dehnungen in der Messbrücke verschaltet werden. Dadurch erhält man durch Addition ein besonders großes Ausgangssignal. Was ist an dieser Aussage völlig falsch? ( 2P )

Ausgangssignal gleich Null / müssen 2 Dehnungen positiv und 2 Dr. negativ sein

RECHENTEIL

Aufgabe 1 ( 10P )

Eine Größe  $y$  hängt von den Eingangsgrößen  $a$  und  $b$  nach folgender Gesetzmäßigkeit ab:

$$y = a \cdot b^2$$

- a. Bestimmen Sie formelmäßig den relativen Fehler  $\Delta y/y$  in Abhängigkeit von  $\Delta a/a$  und  $\Delta b/b$ .

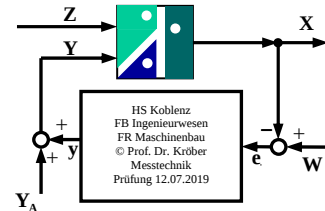
Bemerkung: Die Lösung könnte so ähnlich lauten:  $\frac{\Delta y}{y} = 2 \cdot \frac{\Delta a}{a} + 4 \cdot \frac{\Delta b}{b}$

Hilfestellung zu a:  $\Delta y = \frac{\partial y}{\partial a} \cdot \Delta a + \frac{\partial y}{\partial b} \cdot \Delta b$

- b. Der gleiche Zusammenhang wie oben soll hier für Standardabweichungen untersucht werden (formelmäßig und numerisch).

gegeben:  $\frac{S_a}{a} = 1\%$ ;  $\frac{S_b}{b} = 1\%$       gesucht:  $\frac{S_y}{y} = ?$

Hilfestellung zu b:  $S_y = \sqrt{\left(\frac{\partial y}{\partial a} \cdot S_a\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial b} \cdot S_b\right)^2}$



Aufgabe 2 ( 9P )

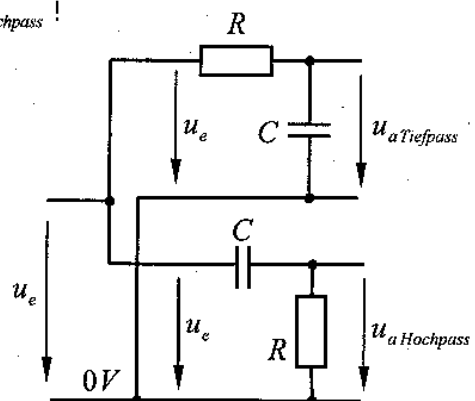
Die Eingangsspannung  $u_e$  hat einen sinusförmigen Verlauf. An beiden Filterschaltungen liegt das gleiche Eingangssignal an. Die Amplitude des Ausgangssignals des Tiefpassfilters beträgt  $\hat{u}_{aTiefpass} = 0,5 \text{ V}$ . Ferner gilt für den Tiefpassfilter  $|G|_{Tiefpass} = 0,1$ .

Bestimmen Sie  $\hat{u}_e$ , den Zahlenwert des Produktes  $\omega \cdot R \cdot C$ ,  $|G|_{Hochpass}$  und die Ausgangsamplitude des Hochpassfilters  $\hat{u}_{aHochpass}$ !

Hilfestellungen:

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

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



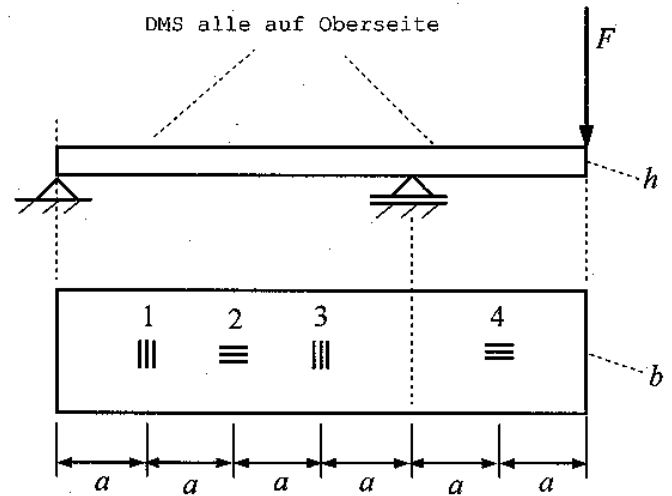
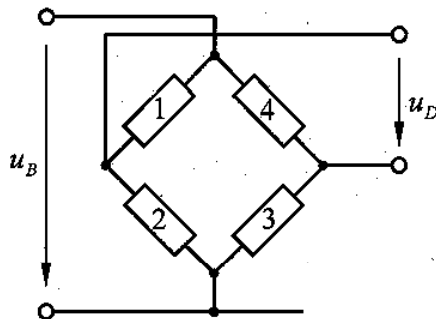
Aufgabe 3 ( 10P )

Auf dem abgebildeten Biegebalken sind 4 DMS appliziert.

- Ermitteln Sie zunächst alle vier Dehnungen in Abhängigkeit der gegebenen Größen!
- Wie groß ist die Brückenverstimmung  $u_D/u_B$  in Abhängigkeit der gegebenen Größen!

Geg.:  $F, a, b, h, E, k, \nu$

Verschiedene Hilfestellungen:



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

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \varepsilon$$

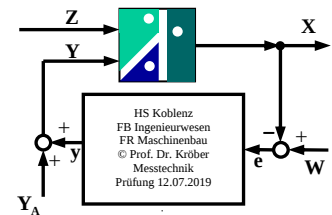
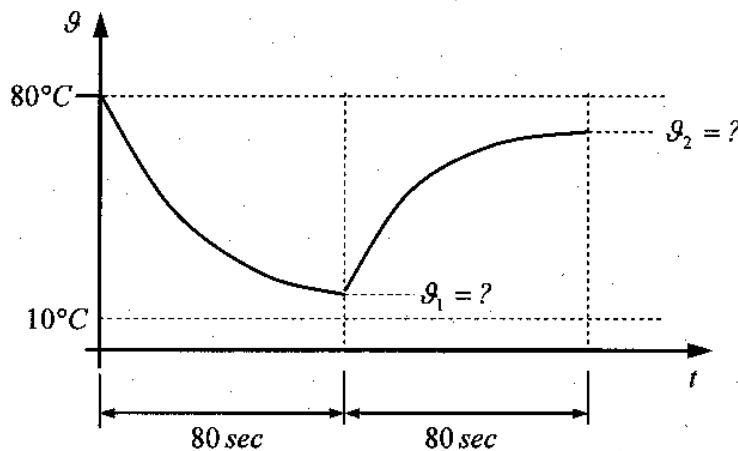
$$W_b = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

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

Aufgabe 4 ( 8P )

Ein Temperatursensor mit der Zeitkonstanten  $T = 40 \text{ s}$  ist zunächst lange Zeit in einer Umgebung von  $80^\circ\text{C}$ . Dann wird er für 80 Sekunden in eine neue Umgebung von  $10^\circ\text{C}$  gebracht. Danach kommt der Sensor wieder in die Ursprungsumgebung von  $80^\circ\text{C}$ .

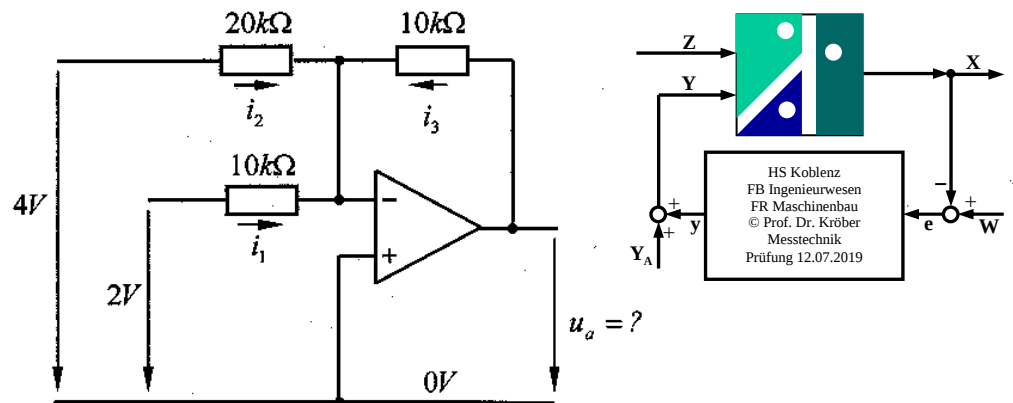
Bestimmen Sie die beiden Temperaturen  $\vartheta_1$  und  $\vartheta_2$  !



$$\frac{\text{momentane Differenz}}{\text{Anfangsdifferenz}} = e^{-\frac{\text{Zeit}}{\text{Zeitkonstante}}}$$

Aufgabe 5 ( 5P )

Wie groß ist in der angegebenen Schaltung die Ausgangsspannung  $u_a$ ?



Aufgabe 6 ( 8P )

Von dem abgebildeten Signalverlauf wurde der Koeffizient  $a_1$  bereits ermittelt. Bestimmen Sie  $b_1$  sowie  $A_1$ !

Bereits ermittelt:  $a_1 = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi}$

Bemerkungen:

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

Hilfestellungen:

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

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

Hinweis:

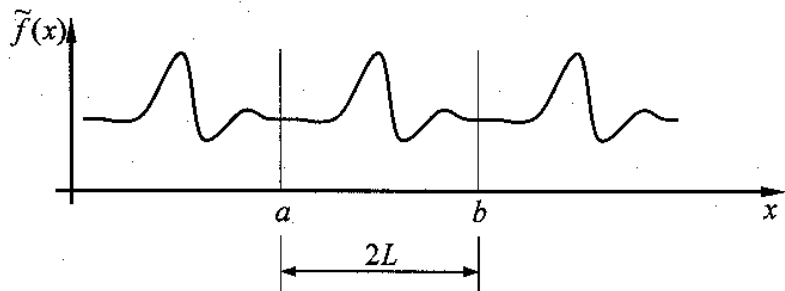
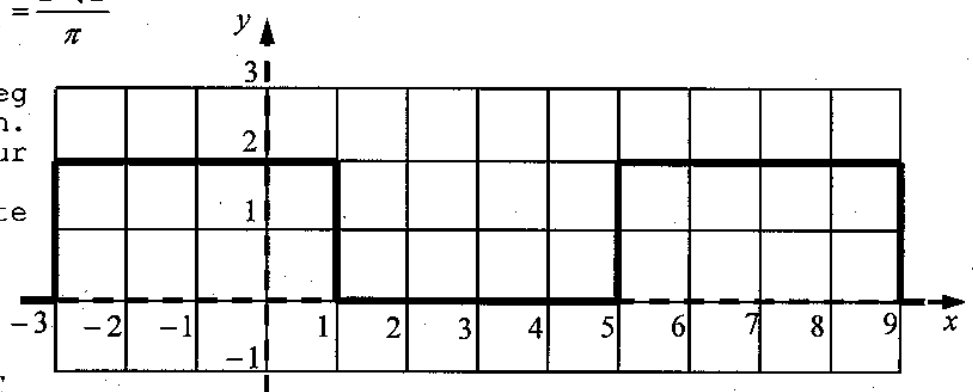
Sei  $\tilde{f}(x)$  eine periodische Funktion der Periode  $2L$ , dann lässt sich  $\tilde{f}(x)$  durch folgende Reihenentwicklung approximieren:

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

wobei:

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

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



# Prüfung Messtechnik 12.07.2019

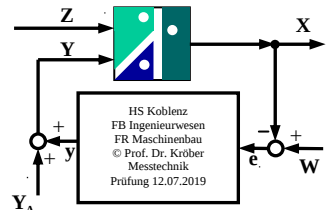
$$1. a) \Delta y = \frac{\partial y}{\partial a} \Delta a + \frac{\partial y}{\partial b} \Delta b = b^2 \Delta a + 2ab \Delta b \quad | : y$$

$$\frac{\Delta y}{y} = \frac{b^2}{ab^2} \Delta a + \frac{2ab}{ab^2} \Delta b = \frac{\Delta a}{a} + 2 \frac{\Delta b}{b}$$

$$b) \bar{y} = \sqrt{\left(\frac{\partial y}{\partial a} \bar{a}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial b} \bar{b}\right)^2} = \sqrt{(b^2 \bar{a})^2 + (2ab \bar{b})^2} \cdot \frac{1}{y}$$

$$\frac{\bar{y}}{y} = \sqrt{\left(\frac{b^2 \bar{a}}{ab^2}\right)^2 + \left(\frac{2ab \bar{b}}{ab^2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{\bar{a}}{a}\right)^2 + \left(2 \frac{\bar{b}}{b}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{\bar{a}}{a}\right)^2 + 4 \left(\frac{\bar{b}}{b}\right)^2}$$

$$= \sqrt{(1\%)^2 + (2 \cdot 1\%)^2} = \sqrt{5\%} \approx 2,236\%$$



$$2. a) |G|_{TP} = \frac{\hat{u}_{aTP}}{\hat{u}_e} \Rightarrow \hat{u}_e = \frac{\hat{u}_{aTP}}{|G|_{TP}} = \frac{9,5V}{9,1} = 5V$$

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

$$\omega RC = \sqrt{\frac{1}{9,1^2} - 1} = \sqrt{99} \approx 9,9499$$

$$\frac{\hat{u}_{aTP}}{\hat{u}_e} = \frac{\omega RC}{\sqrt{1+(\omega RC)^2}} \Rightarrow \hat{u}_{aTP} = \hat{u}_e \cdot \frac{\omega RC}{\sqrt{1+(\omega RC)^2}} = 5V \cdot \frac{\sqrt{99}}{\sqrt{1+99}} = 4,9749V$$

$$3. a) \quad \begin{array}{c} \text{Diagram of a beam of length } l \text{ with a downward force } F \text{ at the right end. The left end is fixed. The beam is divided into three segments of length } \frac{l}{3} \text{ each.} \\ \epsilon_4 = \frac{F \cdot a}{E b l^2 / 6} = \frac{6 F a}{E b l^2} \end{array}$$

$$\epsilon_1 = -\nu \frac{\frac{1}{2} F a}{E b l^2 / 6} = -\nu \frac{3 F a}{E b l^2} \quad \epsilon_2 = \frac{\frac{1}{2} F a}{E b l^2 / 6} = \frac{6 F a}{E b l^2}$$

$$\epsilon_3 = 3 \epsilon_1 = -\nu \frac{9 F a}{E b l^2}$$

$$\begin{aligned} \frac{u_D}{u_B} &= \frac{K}{4} (\epsilon_2 + \epsilon_4 - \epsilon_1 - \epsilon_3) = \frac{K}{4} \left( \frac{6 F a}{E b l^2} + \frac{6 F a}{E b l^2} - \left( -\nu \frac{3 F a}{E b l^2} \right) - \left( -\nu \frac{9 F a}{E b l^2} \right) \right) \\ &= \frac{K}{4} \frac{F a}{E b l^2} (6 + 6 + 3 \cdot \nu + 9 \cdot \nu) = \frac{3 \cdot K \cdot a (1 + \nu)}{E b l^2} \cdot F \end{aligned}$$

Prüfung Messtechnik 12.07.2019

$$\text{m4) } \frac{u_{\text{mess}}}{u_{\text{ref}}} = e^{-\frac{T}{\tau}} \Rightarrow \frac{\theta_1 - 10^\circ\text{C}}{80^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}} = e^{-\frac{80\text{s}}{40\text{s}}} \Rightarrow \dots \Rightarrow \theta_1 = 19,4735^\circ\text{C}$$

$$\frac{80^\circ\text{C} - \theta_2}{80^\circ\text{C} - 19,4735^\circ\text{C}} = e^{-\frac{80\text{s}}{40\text{s}}} \Rightarrow \dots \Rightarrow \theta_2 = 71,8086^\circ\text{C}$$

$$\text{m5) } i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

$$\frac{2\text{V}}{10\text{k}\Omega} + \frac{4\text{V}}{20\text{k}\Omega} + \frac{u_a}{10\text{k}\Omega} = 0 \Rightarrow \dots \Rightarrow u_a = -4\text{V}$$

$$\text{m6) } 2L = b - a = 5 - (-3) = 8 \Rightarrow L = 4$$

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{1}{4} \int_{-3}^{+1} 2 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}x\right) dx = \frac{1}{2} \int_{-3}^{+1} \sin\left(\frac{\pi}{4}x\right) dx \\ &= \frac{1}{2} \left[ -\frac{4}{\pi} \cos\left(\frac{\pi}{4}x\right) \right]_{-3}^{+1} = \frac{1}{2} \left[ -\frac{4}{\pi} \underbrace{\cos\left(\frac{\pi}{4}\right)}_{\frac{1}{2}\sqrt{2}} + \frac{4}{\pi} \underbrace{\cos\left(-\frac{3}{4}\pi\right)}_{-\frac{1}{2}\sqrt{2}} \right] \\ &= \frac{1}{2} \left[ -\frac{4}{\pi} \frac{1}{2}\sqrt{2} - \frac{4}{\pi} \frac{1}{2}\sqrt{2} \right] = -\frac{2\sqrt{2}}{\pi} \approx -0,9003 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_1 &= \sqrt{a_1^2 + b_1^2} = \sqrt{\left(\frac{2\sqrt{2}}{\pi}\right)^2 + \left(-\frac{2\sqrt{2}}{\pi}\right)^2} = \sqrt{2} \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \\ &= \frac{4}{\pi} \approx 1,2732 \end{aligned}$$

