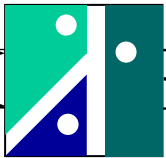
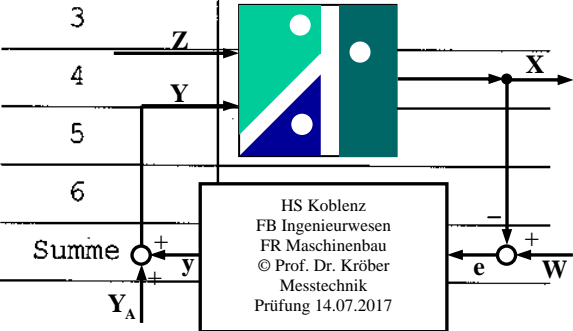


Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

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

Note : _____

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	



K U R Z F R A G E N :

1. Wie lautet der Teil des Anzeigebereiches, für den die Fehlerspezifikationen gelten? (2P)

Messbereich

2. In der Schwingungsmesstechnik wird der Relativweg einer seismischen Masse gemessen. Der dazugehörige Frequenzgang ist angegeben. (4P)

Welche Terme werden bei einem seismischen Wegaufnehmer vernachlässigt/rausgestrichen? $\longleftrightarrow \frac{x_{rel}}{y} = \frac{\omega^2}{(j\omega)^2 + \frac{b}{m}(j\omega) + \frac{c}{m}}$

Welche Terme werden bei einem Beschleunigungsaufnehmer vernachlässigt/rausgestrichen? $\longleftrightarrow \frac{x_{rel}}{y} = \frac{\omega^2}{(j\omega)^2 + \frac{b}{m}(j\omega) + \frac{c}{m}}$

3. In einem Smartphone sind Beschleunigungsaufnehmer verbaut. Auf welcher Basis erfolgt das Abtastsystem der seismischen Masse? (falsche Antwort: induktives Abtastsystem) (2P)

Kapazitives Abtastsystem

4. Kennzeichnen Sie den Gefügeanteil und den geometrischen Anteil beim k-Faktor eines DMS! (2P)

$k = 1 + 2 \cdot \nu + \frac{\Delta \rho / \rho}{\Delta l / l}$ Gefügeanteil

5. In welcher Größenordnung liegt der k-Faktor eines DMS? (1P)

2

6. Durch welche Maßnahme kann man die Kennlinie eines NTC-Widerstandes linearisieren? (2P)

Parallelschaltung eines Festwiderstandes

7. Bei welchen Aufnehmertypen werden Ladungsverstärker eingesetzt? (2P)

piezoelektrische Aufnehmer

8. Weshalb können induktive Aufnehmer nicht mit einem Gleichspannungsmessverstärker gespeist werden? (2P)

$i \rightarrow \infty$ (Kurzschluss)

Welcher Verstärker muss verwendet werden? (1P)

Trägerfrequenzmessverstärker

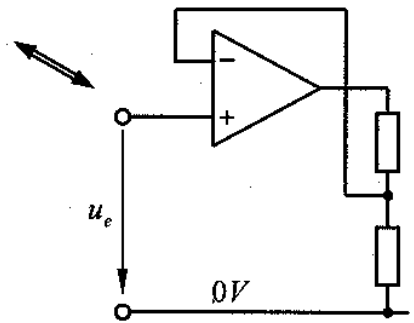
9. Bei der Untersuchung des dynamischen Verhaltens eines Temperaturfühlers ergibt sich nebenstehende Gleichung. Wie ermittelt man daraus die Zeitkonstante? (2P)

$$\alpha \cdot A \cdot (\vartheta - \vartheta_{\infty}) = m \cdot c \cdot \frac{d\vartheta}{dt} \quad \left| \frac{1}{\alpha \cdot A} \right.$$

$$t - t_0 = \frac{m \cdot c}{\alpha \cdot A} \frac{d\vartheta}{dt}$$

10. Welcher Messumformer ist hier dargestellt? (2P)

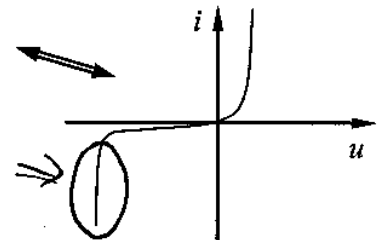
$U \rightarrow J$



11. Worin liegt der prinzipielle Unterschied zwischen Justieren und Kalibrieren? (2P)

\hookrightarrow Nullpunkteinstellung
Verstärkung
 $y = m \cdot x + b$

12. In der Abbildung ist die Kennlinie einer Zenerdiode eingetragen! Markieren Sie den Bereich, der zu Spannungsbegrenzungen/ Referenzspannungszwecken verwendet wird! (2P)



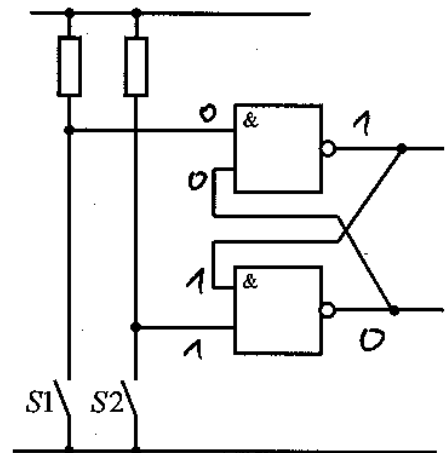
13. Tragen Sie an beiden NAND-Bauelementen alle Zustände an allen Ein- und Ausgängen ein! (5P)

Darzustellen ist folgender Fall:

S1 ist betätigt
S2 ist nicht betätigt

Hilfestellung:

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



14. Wie lauten die Gegensätze? (2P)

Ausschlagverfahren: Kompensationsverfahren
aktives Messprinzip: passives Messprinzip

15. Ein Spannungssignal kann durch folgende Gleichung beschrieben werden: $u = 2V + 2V \cdot \sin(\omega t)$.

Welche Spannung zeigt das Voltmeter an, wenn es auf dem Messbereich DC steht?
(1P) 2V

Welche Spannung zeigt das Voltmeter an, wenn es auf dem Messbereich AC steht?
(2P) $\sqrt{2}$ V

16. Nennen Sie 2 Vorteile von piezoelektrischen Kraftaufnehmern im Vergleich zu DMS Kraftaufnehmern! (2P)

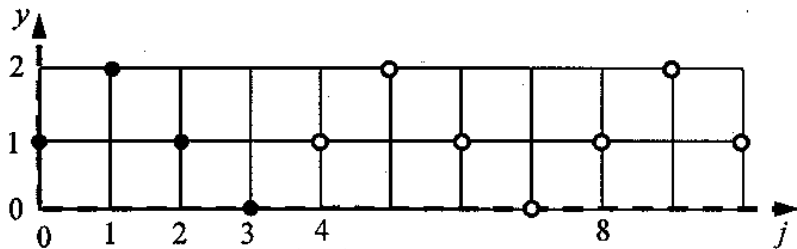
höhere Steifigkeit ; größerer Temperaturbereich

17. Wie wirkt sich das Totvolumen eines Druckaufnehmers auf das Messergebnis aus? (2P)

(nur) bei dyn. Messungen, Druckspitzen werden abgemindert, T.1

18. Bei der diskreten Fourieranalyse wird der Koeffizient a_1 nach der untenstehenden Formel berechnet. Ergänzen Sie die Formel zur Berechnung von b_1 !

(3P)



$$a_1 = \frac{2}{4} \cdot (1 \cdot \cos(0^\circ) + 2 \cdot \cos(90^\circ) + 1 \cdot \cos(180^\circ) + 0 \cdot \cos(270^\circ))$$

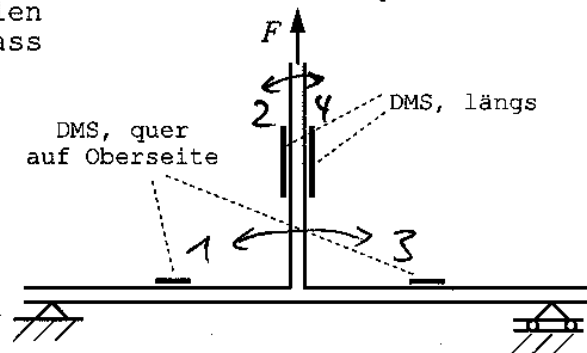
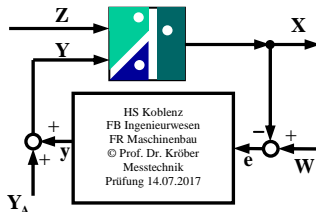
$$b_1 = \frac{2}{4} \cdot (1 \cdot \sin 0^\circ + 2 \cdot \sin 90^\circ + 1 \cdot \sin 180^\circ + 0 \cdot \sin 270^\circ)$$

19. Bei der digitalen Messwerterfassung wird ein Abtast-/Halteglied eingesetzt. Weshalb ist dies notwendig bzw. worin besteht seine Aufgabe? (2P)

Eingangssignal während A/D Wandlung konstant halten

20. Bei der gegebenen Anordnung sollen die DMS so bezeichnet werden, dass sich ein maximales positives Ausgangssignal ergibt.

(3P)



21. Bei der korrelativen Durchflussmessung wird ein homogenes Medium verwendet. Weshalb kann dies nicht funktionieren?

(2P)

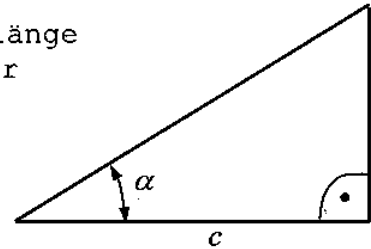
Es wird die „Strömungszeit“ von Turbulenzen gemessen

RECHENTEIL

Aufgabe 1 (8P)

In dem rechtwinkligen Dreieck sind die Seitenlänge $c = 90 \text{ mm}$ und der Winkel $\alpha = 40^\circ$ gegeben, ferner die Standardabweichungen $S_c = 2 \text{ mm}$ und $S_\alpha = 1^\circ$. Die Fläche des Dreiecks ergibt sich zu:

$$A = \frac{1}{2} \cdot c^2 \cdot \tan(\alpha)$$



Bestimmen Sie die Standardabweichung der Fläche!

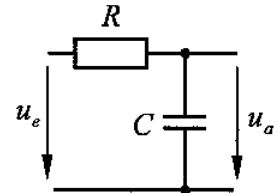
$$S_x = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \cdot S_{x_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \cdot S_{x_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n} \cdot S_{x_n}\right)^2}$$

$$\frac{d}{dx}(\tan x) = 1 + \tan^2(x)$$

Aufgabe 2 (8P)

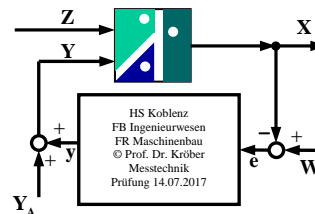
Der Tiefpassfilter soll so ausgelegt werden, dass ein sinusförmiges Messsignal von $f = 30 \text{ Hz}$ um 1 % abgemindert wird.

- Wie groß muss dann das Produkt $R \cdot C$ sein?
- Die Filterauslegung von zuvor wird beibehalten. Wie groß ist $|G|$, wenn ein Störsignal von $f = 500 \text{ Hz}$ vorliegt?



Hilfestellung:

$$|G| = \frac{\hat{u}_a}{\hat{u}_e} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}$$



Aufgabe 3 (9P)

Die Halbbrücke wird mit $u_B = 5 \text{ V}$ gespeist. Der Widerstand R_V beträgt $10 \text{ k}\Omega$. Die Daten des NTC's sind so, dass bei 25°C der Widerstand R_{NTC} ebenfalls genau $10 \text{ k}\Omega$ beträgt. Somit ist $u_a = 2,5 \text{ V}$.

Daten NTC: $R_0 = 10 \text{ k}\Omega$; $B = 4000 \text{ K}$; $T_0 = (273,15 + 25) \text{ K}$

- Wie groß muss der Widerstand R_{NTC} sein, damit die Ausgangsspannung $u_a = 2,50488 \text{ V}$ beträgt?

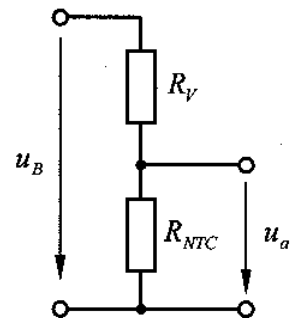
Bemerkung für Wissensdurstige: Die Auflösung des AD-Wandlers beträgt $4,88 \text{ mV}$.

- Wie groß ist dann die Temperatur [in $^\circ\text{C}$]?
- Wie groß ist die erzielbare Temperatureauflösung [in $^\circ\text{C}$]?

Hilfestellungen:

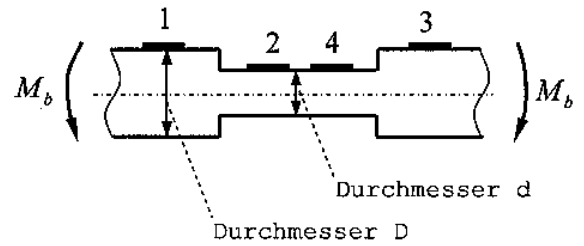
$$\frac{u_a}{u_B} = \frac{R_{NTC}}{R_V + R_{NTC}}$$

$$R_{NTC} = R_0 \cdot e^{B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$



Aufgabe 4 (8P)

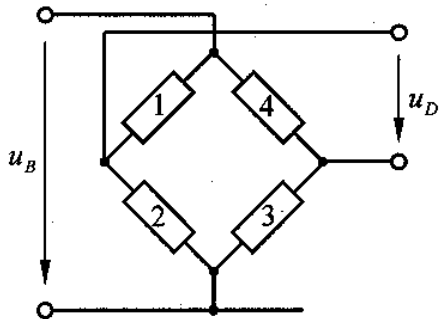
Auf dem abgebildeten Biegestab sind 4 DMS (alle längs) appliziert. Entwickeln Sie eine Gleichung zur Bestimmung der Brückenverformung in Abhängigkeit der gegebenen Größen! Bei welcher Beziehung zwischen den Durchmessern D und d erscheint ein besonderes Ergebnis? Welches?



Geg.: M_b, D, d, k, E

Primäres Ziel: $\frac{u_D}{u_B} = f(M_b, D, d, k, E) = \dots$

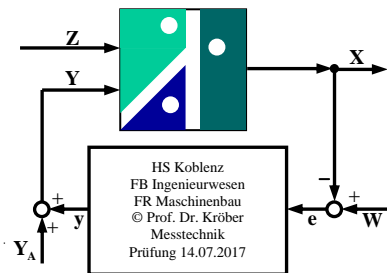
Verschiedene Hilfestellungen:



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

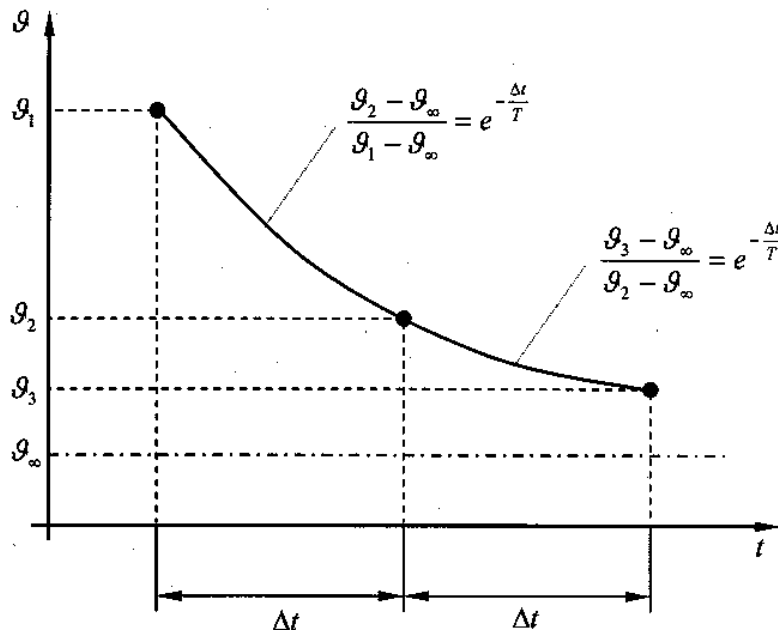
$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \varepsilon$$

$$W_b = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$



Aufgabe 5 (9P)

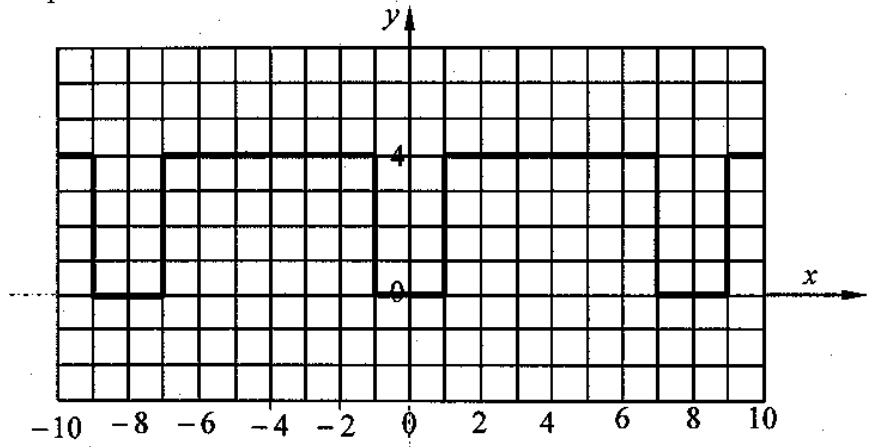
Bei einem Abkühlvorgang wird zunächst die Temperatur ϑ_1 gemessen. Nach einer Zeit Δt beträgt die Temperatur ϑ_2 . Wird nochmals die Zeit Δt abgewartet, beträgt die Temperatur ϑ_3 . Bestimmen Sie daraus die Temperatur ϑ_∞ (zunächst formelmäßige Lösung, dann numerische Lösung)!
Zahlenwerte für die numerische Lösung: $\vartheta_1 = 50^\circ\text{C}; \vartheta_2 = 30^\circ\text{C}; \vartheta_3 = 20^\circ\text{C}$



Aufgabe 6 (8P)

Von dem abgebildeten Signalverlauf sind der Konstantanteil $a_0/2$ und die Koeffizienten a_1 , b_1 und A_1 zu ermitteln.

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



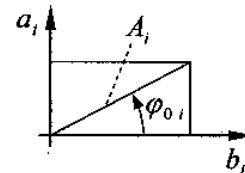
Hilfestellungen:

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

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

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

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



Hinweis:

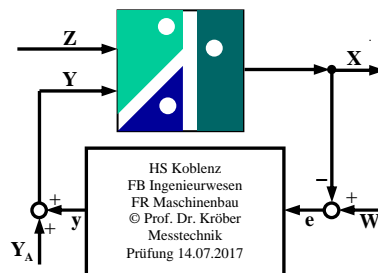
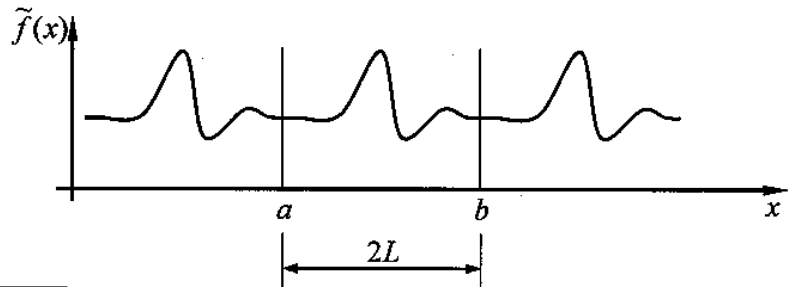
Sei $\tilde{f}(x)$ eine periodische Funktion der Periode $2L$, dann lässt sich $\tilde{f}(x)$ durch folgende Reihenentwicklung approximieren:

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

wobei:

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

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

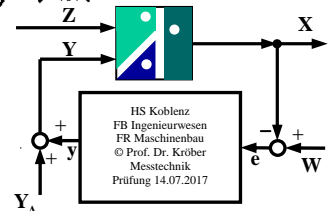


Lösungen Prüfung Messtechnik 14.07.17

$$u_1) S_A = \sqrt{\left(\frac{\partial A}{\partial c} S_c\right)^2 + \left(\frac{\partial A}{\partial \alpha} S_\alpha\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{2} \cdot 8c \tan \alpha S_c\right)^2 + \left(\frac{1}{2} c^2 (1 + \tan^2 \alpha) S_\alpha\right)^2}$$

$$= \sqrt{\underbrace{(90 \cdot \tan 40^\circ \cdot 2)^2}_{151,038} + \underbrace{\left(\frac{1}{2} 90^2 (1 + \tan^2 40^\circ) \cdot 1^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}\right)^2}_{120,455}} \text{ mm}^2$$

$$\underline{S_A = 193,19 \text{ mm}^2}$$



$$u_2) |G| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} \Rightarrow \frac{1}{|G|^2} = 1 + (\omega RC)^2 \Rightarrow \frac{1}{|G|^2} - 1 = (\omega RC)^2$$

$$\underline{RC} = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{1}{|G|^2} - 1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 30} \sqrt{\frac{1}{499^2} - 1} \text{ s} = \underline{7,559 \cdot 10^{-4} \text{ s}}$$

$$\underline{|G|} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (2 \cdot \pi \cdot 500 \cdot 7,559 \cdot 10^{-4})^2}} = \underline{0,388}$$

$$u_3) \frac{U_a}{U_B} = \frac{R_{NTE}}{R_V + R_{NTE}} \Rightarrow U_a R_V + U_a R_{NTE} = U_B R_{NTE}$$

$$U_a R_V = R_{NTE} (U_B - U_a)$$

$$\underline{R_{NTE}} = \frac{U_a R_V}{U_B - U_a} = \frac{10 \text{ V} \cdot 10 \text{ k}\Omega}{20 \text{ V} - 10 \text{ V}} = \underline{10,039116 \text{ k}\Omega} \approx \underline{10,039 \text{ k}\Omega}$$

$$R_{NTE} = R_0 e^{\frac{B}{T} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)} \Rightarrow \frac{R_{NTE}}{R_0} = e^{\frac{B}{T} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)} \Rightarrow \ln \frac{R_{NTE}}{R_0} = \frac{B}{T} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)$$

$$\frac{1}{B} \ln \frac{R_{NTE}}{R_0} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \Rightarrow \frac{1}{T} = \frac{1}{B} \ln \frac{R_{NTE}}{R_0} + \frac{1}{T_0}$$

$$T = \frac{1}{\frac{1}{B} \ln \frac{R_{NTE}}{R_0} + \frac{1}{T_0}} = \frac{1}{\frac{1}{4000} \ln \frac{10,039116}{10} + \frac{1}{273,15 + 25}} \text{ K}$$

$$T = 298,063265 \text{ K} \Rightarrow \underline{\Delta T} = (298,063265 - 273,15)^\circ \text{C} = \underline{24,9133^\circ \text{C}} \approx \underline{24,91^\circ \text{C}}$$

$$\underline{\text{Auflösung}} = 25^\circ \text{C} - 24,9133^\circ \text{C} = \underline{0,0867^\circ \text{C}} (\approx 0,1^\circ \text{C})$$

Lösungen Prüfung Messtechnik 14.07.17

$$m4) \epsilon_1 = \frac{\sigma_{b1}}{E} = \frac{M_b}{E W_{b1}} = \frac{M_b}{E \frac{\pi D^3}{32}} = \frac{32 \cdot M_b}{E \pi D^3} = \epsilon_3$$

$$\epsilon_2 = \epsilon_4 = \frac{32 \cdot M_b}{E \pi d^3}$$

$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{k}{4} (\epsilon_2 + \epsilon_4 - \epsilon_1 - \epsilon_3) = \frac{k}{4} \left(\frac{32 \cdot M_b}{E \pi d^3} \cdot 2 - \frac{32 \cdot M_b}{E \pi D^3} \cdot 2 \right)$$

$$= \frac{16 \cdot k}{E \cdot \pi} \left(\frac{1}{d^3} - \frac{1}{D^3} \right) M_b$$

$d=D$ $\frac{u_D}{u_B} = 0$ Biegemoment so nicht messbar

m5) rechte Seiten gleich \rightarrow linke Seiten müssen auch gleich sein

$$\frac{r_2 - r_0}{r_1 - r_0} = \frac{r_3 - r_0}{r_2 - r_0} \Rightarrow (r_2 - r_0)^2 = (r_1 - r_0)(r_3 - r_0)$$

$$r_2^2 - 2r_2 r_0 + r_0^2 = r_1 r_3 - r_1 r_0 - r_3 r_0 + r_0^2$$

$$\downarrow$$

$$r_0(r_1 + r_3 - 2r_2) = r_1 r_3 - r_2^2$$

$$r_0 = \frac{r_1 r_3 - r_2^2}{r_1 + r_3 - 2r_2} = \frac{50 \cdot 20 - 30^2}{50 + 20 - 2 \cdot 30} \text{ °C} = 10 \text{ °C}$$

m6) $a = -4; b = +4; 2L = 4 - (-4) = 8 \Rightarrow L = 4$

$$\frac{a_0}{2} = \frac{4 \cdot 6}{8} = 3$$

$b_n = 0$ (Funktion gerade)

$$a_n = 2 \frac{1}{4} \int_1^4 4 \cdot \cos\left(1 \frac{\pi}{4} x\right) dx = 2 \int_1^4 \cos\left(\frac{\pi}{4} x\right) dx = 2 \left[\frac{4}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{4} x\right) \right]_1^4$$

\uparrow gerade Fkt...

$$= 2 \left[\frac{4}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{4} \cdot 4\right) - \frac{4}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{4} \cdot 1\right) \right] = -\frac{4\sqrt{2}}{\pi} \approx -1,801$$

$$A_n = |a_n| = \frac{4\sqrt{2}}{\pi} \approx 1,801$$

Detailalternative: $a_n = \frac{1}{4} \int_1^4 4 \cos\left(1 \frac{\pi}{4} x\right) dx$

