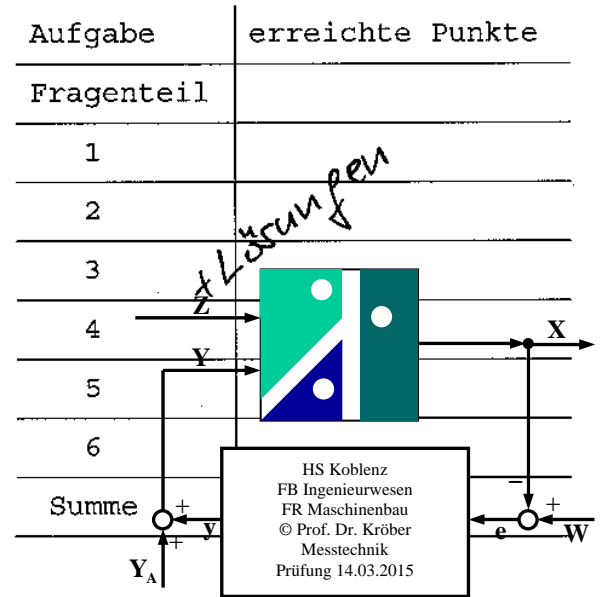


Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

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

Note : _____

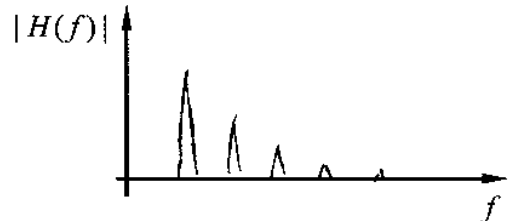
K U R Z F R A G E N :



1. Das Datenerfassungssystem USB6009 hat einen Eingangsspannungsbereich von ± 10 V und eine Auflösung von 14 bit. Wie groß ist die Auflösung (LSB) des AD-Wandlers? (3P)

$20V/2^{14} = 1,221 mV$

2. Skizzieren Sie das Amplitudenspektrum eines periodischen Messsignals, in dem Oberwellen enthalten sind! (3P)



3. Weshalb können bei piezoelektrischen Kraftaufnehmern keine statischen Kräfte über einen Zeitraum von z.B. 5 Stunden gemessen werden? (2P)

Drift (Ladung im Kondensator wird „abgebaut“)

4. Mit welchen Aufnehmertypen ist eine Kraftmessung (Messzeit über mehrere Stunden) möglich? (2P)

DMS - Aufnehmer

5. Weshalb werden piezoelektrische Aufnehmer dann im Vergleich zu den "Aufnehmertypen aus Fragestellung 4" überhaupt eingesetzt? (3P)

höhere Steifigkeit, größerer Temperaturbereich

6. Welcher Werkstoff wird zu präzisen Temperaturmessungen eingesetzt? (1P)

Platin

7. Bei der Messwertübertragung spielt als unerwünschter Störeinfluss die induktive Kopplung, kapazitive Kopplung und ... eine Rolle. Wie lautet das fehlende Wort? (2P)

Widerstandskopplung

8. Um welches Thermopaar handelt es sich bei den folgenden Kurzbezeichnungen? (4P)

K-Typ: NiCr-Ni

J-Typ: Fe-Konstantan

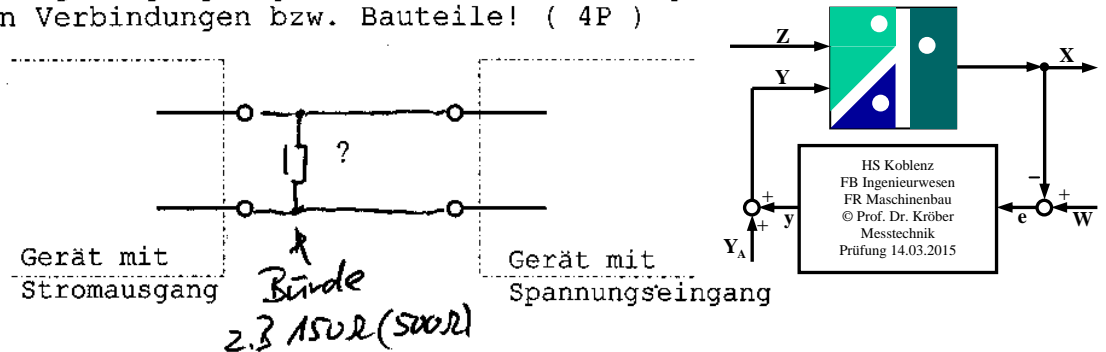
9. Welche Wirkung hat bei einer Viertelbrücke ein unterschiedlicher Längenausdehnungskoeffizient zwischen DMS und Bauteil? (2P)

bei Temperaturänderung → Nullpunktverschiebung

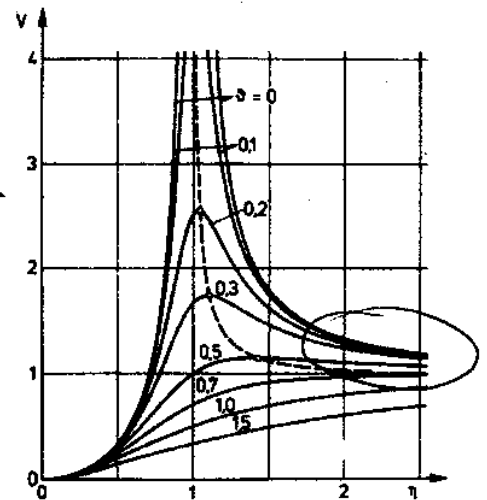
Nennen Sie eine Möglichkeit der Abhilfe! (2P)

zweiten DMS zur Temperaturkompensation einsetzen

10. Ein Messgerät mit einem Stromausgang soll an ein Registriergerät mit einem Spannungseingang angeschlossen werden. Ergänzen Sie die notwendigen Verbindungen bzw. Bauteile! (4P)



11. Kennzeichnen Sie in dem Frequenzgang den Bereich, in dem der Aufnehmer als seismischer Wegaufnehmer eingesetzt wird! (2P)



12. Wenn man an der Kaffeemaschine in der Hochschulmensa die Karte zu lange stecken lässt, kann man mit einer geeigneten APP den/einen Warnton von 2500 Hz messen. Mit welcher Abtastfrequenz muss das akustische Signal dann mindestens abgetastet werden? (2P)

5000 Hz

13. Weshalb ist die Eintauchlänge eines Temperaturfühlers wesentlich größer als beispielsweise der Durchmesser des Temperaturfühlers? (2P)

zum Wärmeeleitung längs Sensor (nach außen) zu minimieren

14. Welcher Verstärkertyp muss eingesetzt werden, wenn ein Wegaufnehmer mit Drosselprinzip verwendet wird? (2P)

Trägerfrequenzmessverstärker

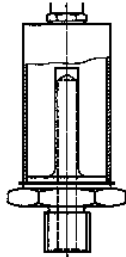
15. PC-Messwerterfassungssysteme besitzen standardmäßig einen Spannungseingang. Wird zur Temperaturmessung ein Pt100 verwendet, kann dieser nicht direkt an den Eingang angeschlossen werden. Beschreiben/Skizzieren Sie die Vorgehensweise! (3P)

Pt100 mit konstantem Strom speisen, Spannungsabfall mit PC-Messsystem messen (anschließen)

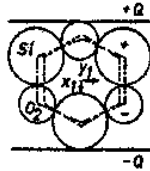
16. Wie groß ist der Eingangswiderstand eines handelsüblichen Voltmeters? (2P)

10 MΩ

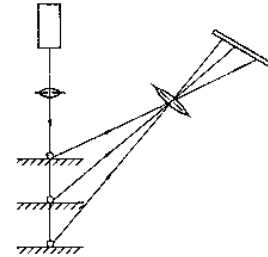
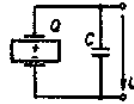
17. Welche physikalischen Größen werden mit den abgebildeten Messwertaufnehmern gemessen? Wie wird der Aufnehmer benannt/Prinzip/... ? (12P)



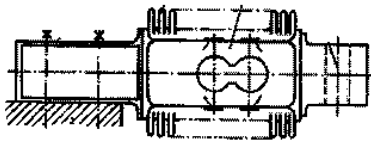
Druckaufnehmer
DMS-Prinzip



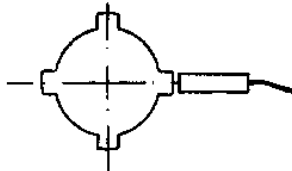
piezoelektrisches
Messsystem (z.B. Kraft)



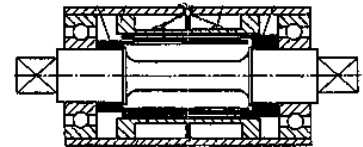
Triangulationsmessver-
fahren, Abstandsmessung



Kraftaufnehmer
DMS-Prinzip

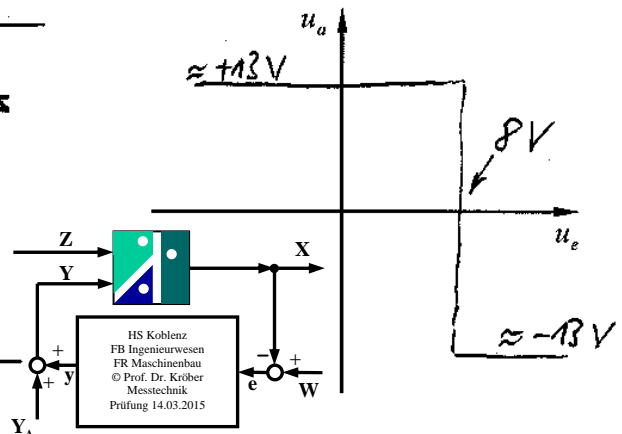
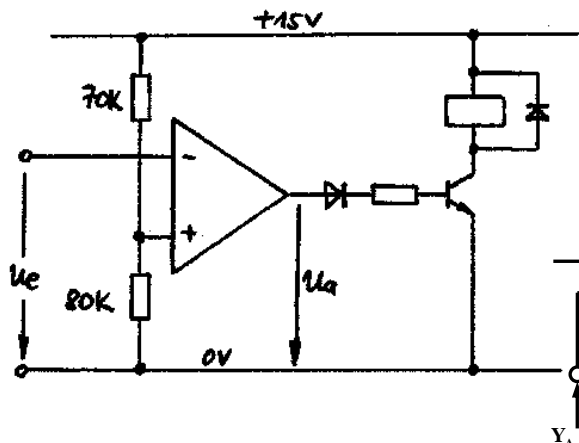


induktiver Aufnehmer
digitale Drehzahlmessung



Drehmomentmessung
induktiv

18. Die Abbildung zeigt einen Komparator. Ergänzen Sie im nebenstehenden Achsenkreuz das Übertragungsverhalten! (4P)



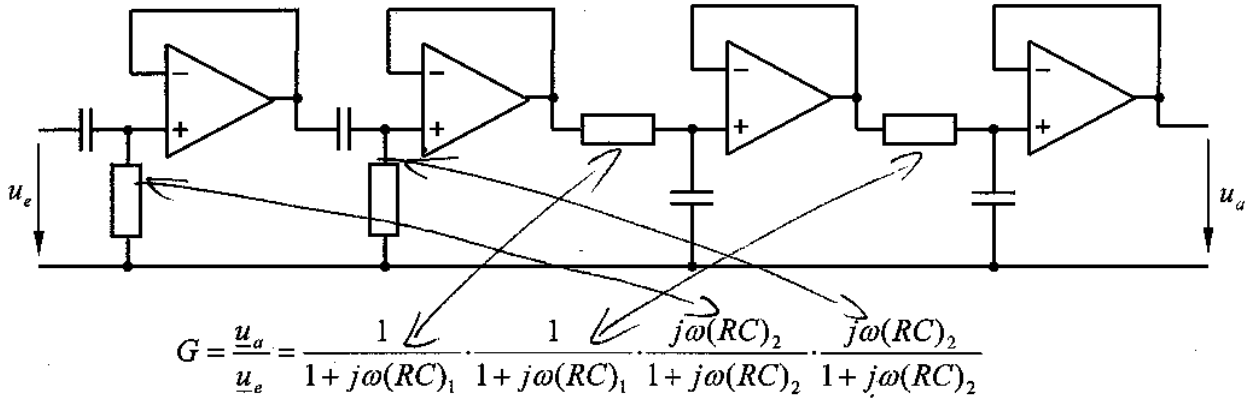
19. Welche Aufgabe hat bei einem Messwerterfassungssystem das Sample/Hold-Glied? (2P)

Analogsignal während A/D Wandlung konstant halten

20. Wie groß muss bei der Shunt-Kalibrierung der Widerstand gewählt werden, damit sich eine Brückenverstimmung von 1 mV/V ergibt? (2P)

R_{Shunt} = 250 · R_{DMS}

21. Das Mensch kann Frequenzen unterhalb einer bestimmten Frequenz und oberhalb einer bestimmten Frequenz nur abgeschwächt oder gar nicht mehr hören (Hörschwelle). Für laute Geräusche kann man dieses Verhalten durch eine Kombination von Hochpass- und Tiefpassfiltern annähern. Die abgebildete Schaltung und der dazu angegebene Frequenzgang beschreiben das Verhalten des menschlichen Gehörs. Ordnen Sie die 4 angegebenen Schaltungen den 4 angegebenen Frequenzgängen zu! (4P)

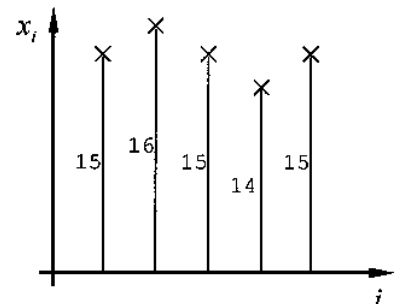


Hinweis für "höhere" Semester:
 Hierbei handelt es sich um die sogenannte C-Bewertung. Eine multiplikative Konstante von K wurde weggelassen. Durch den Wert $K = 1,00715$ wird $|G|$ bei 1000 Hz auf $|G| = 1$ normiert.

RECHENTEIL

Aufgabe 1 (10P)

Bestimmen Sie von den 5 abgebildeten Messwerten den Mittelwert, die Standardabweichung und die untere und obere Vertrauensgrenze (95% statistische Sicherheit)!



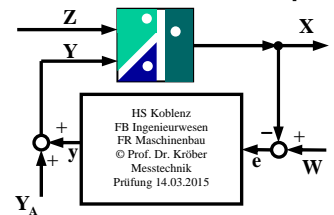
Ferner gegeben: $t = 2,78$

Hilfestellungen:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

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

$$u = \frac{t}{\sqrt{n}} \cdot S_x$$



Aufgabe 2 (10P)

Für die Abhängigkeit eines NTC-Widerstandes von der Temperatur gilt folgende Gleichung:

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

Werden kleine Temperaturänderungen um einen Arbeitspunkt untersucht, dann kann man die Abhängigkeit in linearisierter Form schreiben als:

$$\Delta R = \frac{\partial R}{\partial T} \Big|_{T=T_0} \cdot \Delta T = K_T \cdot \Delta T$$

Bestimmen Sie K_T (formelmäßige und numerische Lösung)!

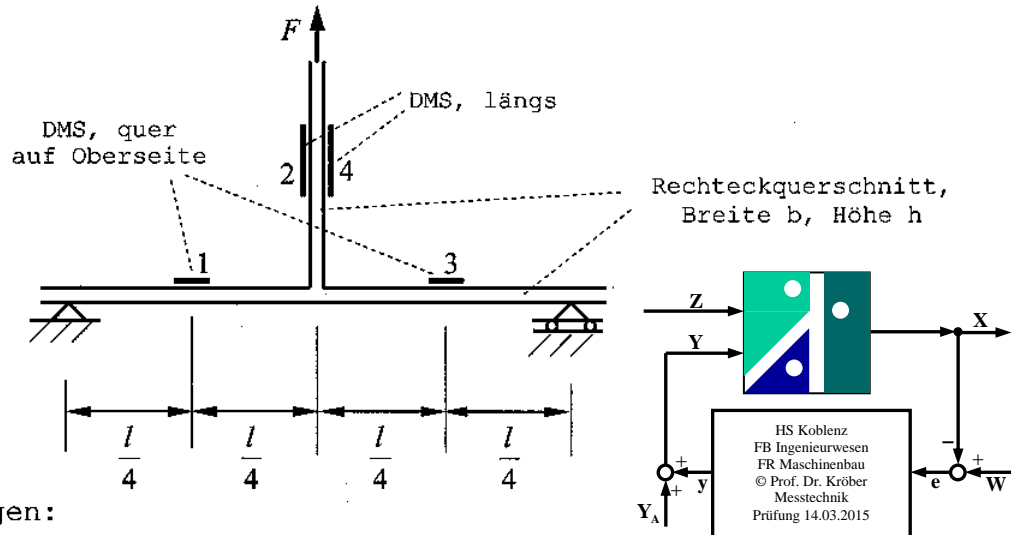
Zahlenwerte: $R_0 = 10 \text{ k}\Omega$; $B = 4000 \text{ K}$; $T_0 = (273,15 + 25) \text{ K} = 298,15 \text{ K}$

Aufgabe 3 (15P)

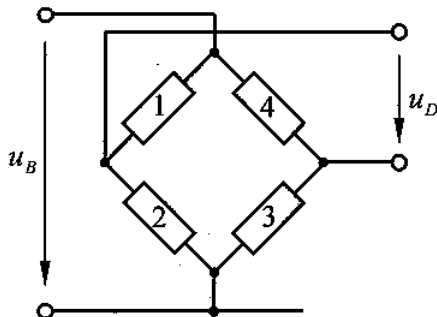
Auf der abgebildeten Konstruktion sind 4 DMS zu einer Vollbrücke verschaltet.

Geg.: F, l, b, h, k, E, ν

- Bestimmen Sie zunächst die Dehnungen unter den DMS!
- Wie groß ist die Brückenverformung in Abhängigkeit der gegebenen Größen?



Hilfestellungen:

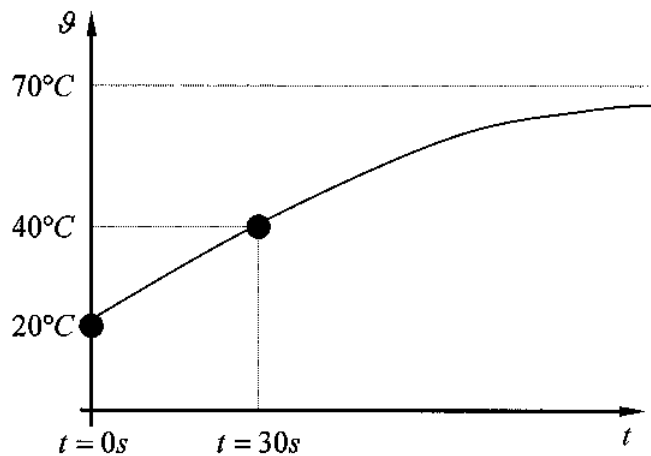


$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_3}{R} \right)$$

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

Aufgabe 4 (10P)

Bei einem Aufheizvorgang sind die in der Skizze eingetragenen Größen bekannt. Nach welcher Zeit beträgt die Temperatur 60°C?

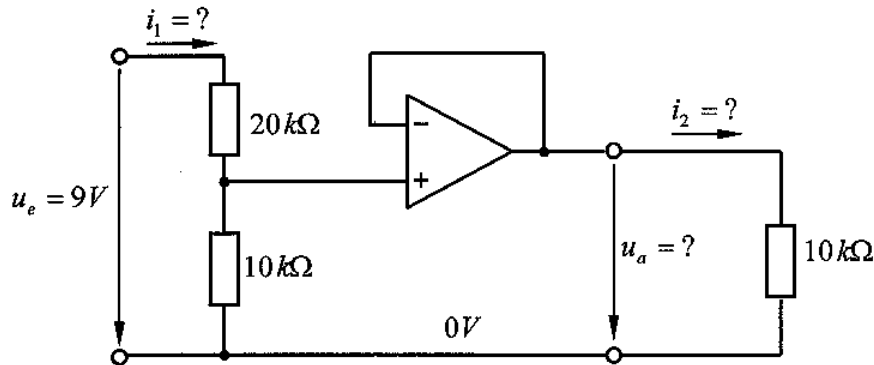


Hilfestellung:

$$\frac{\text{momentane Differenz}}{\text{Anfangsdifferenz}} = e^{-\frac{t}{T}}$$

Aufgabe 5 (10P)

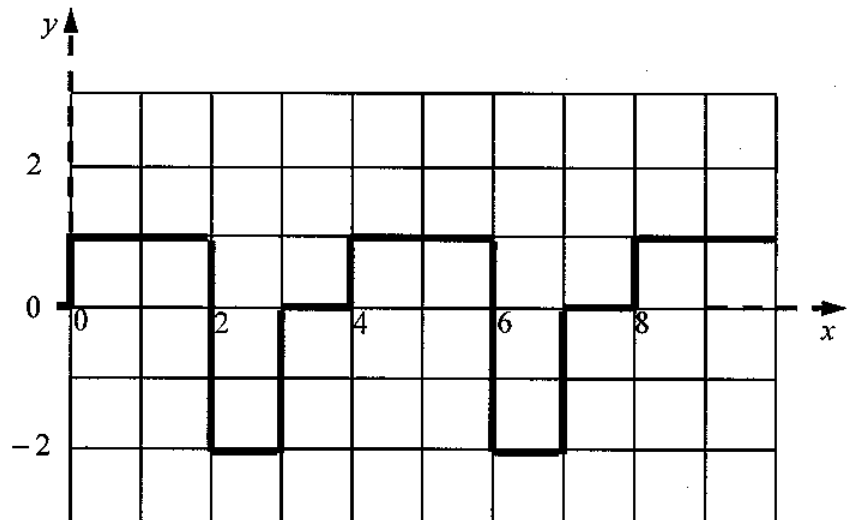
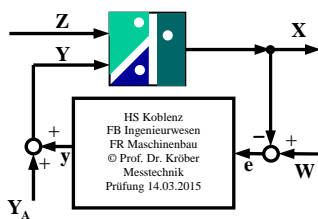
Ein Spannungsfolger wird hochohmig ausgetastet. Der Operationsverstärker wird mit einem Ausgangswiderstand belastet. Bestimmen Sie i_1 , u_a und i_2 !



Aufgabe 6 (10P)

Bestimmen Sie von dem abgebildeten Signalverlauf den Koeffizienten b_1 !

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



Hilfestellungen:

$$\int \sin(ax) dx = -\frac{1}{a} \cos(ax) + C \quad \int \cos(ax) dx = +\frac{1}{a} \sin(ax) + C \quad A_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2} \quad \tan \varphi_{0i} = \frac{a_i}{b_i}$$

Hinweis:

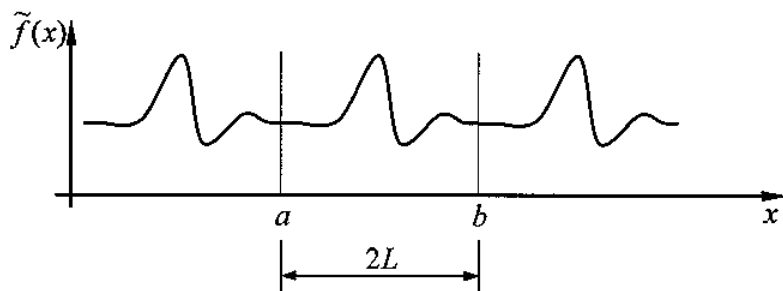
Sei $\tilde{f}(x)$ eine periodische Funktion der Periode $2L$, dann lässt sich $\tilde{f}(x)$ durch folgende Reihenentwicklung approximieren:

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

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 vom 14.03.15

2m1) $\underline{\bar{x}} = \frac{1}{5} (15+16+15+14+15) = \underline{15}$

$\underline{s_x} = \sqrt{\frac{1}{5-1} [0^2 + 1^2 + 0^2 + (-1)^2 + 0^2]} = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx \underline{0,707}$

$m = \frac{t}{\sqrt{n}} \cdot s_x = \frac{2,78}{\sqrt{5}} \cdot 0,707 = 0,879$

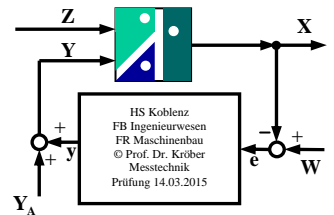
obere Vertrauensgrenze = $\bar{x} + m = 15 + 0,879 = \underline{15,879}$

untere " " = $\bar{x} - m = \dots = \underline{14,121}$

2m2) $\frac{\partial R}{\partial T} = R_0 \cdot e^{B(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0})} \cdot B(-\frac{1}{T^2})$

$\frac{\partial R}{\partial T} \Big|_{T=T_0} = R_0 \cdot e^0 \cdot B(-\frac{1}{T_0^2}) = -\frac{R_0 \cdot B}{T_0^2} = K_T$

$\underline{K_T} = -\frac{10000 \Omega \cdot 4000 K}{(298,15 K)^2} = -449,98 \frac{\Omega}{K} \approx \underline{-450 \frac{\Omega}{K}}$



2m3) $\underline{\underline{\epsilon_2 = \epsilon_4 = \frac{\sigma_2}{E} = \frac{F}{EA} = \frac{F}{E \cdot b \cdot h}}}$

$\epsilon_{1 \text{ reingr}} = +\frac{\sigma_3}{E} = \frac{M_y / W_b}{E} = \frac{\frac{F}{2} \cdot \frac{L}{F}}{E \cdot \frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{6 \cdot F \cdot L}{8 E b h^2} = \frac{3 F L}{4 E b h^2}$

$\underline{\underline{\epsilon_1 = \epsilon_3 = -\nu \epsilon_{1 \text{ reingr}} = -\nu \frac{3 F L}{4 E b h^2}}}$

$\frac{u_B}{l_B} = \frac{k}{4} (\epsilon_2 + \epsilon_4 - \epsilon_1 - \epsilon_3) = \frac{k}{4} \left(2 \frac{F}{E b h} - 2 \left(-\nu \frac{3 F L}{4 E b h^2} \right) \right)$

$\underline{\underline{\frac{u_B}{l_B} = \frac{2 \cdot k \cdot F}{4 E b h} \left(1 + \nu \frac{3 L}{4 h} \right) = \frac{k}{2 E b h} \left(1 + \frac{3}{4} \cdot \nu \frac{L}{h} \right) \cdot F}}$

Prüfung Messtechnik vom 14.03.15

2m4) $\frac{w_{\text{nom}}}{A_{\text{uf}}} = e^{-t/T}$

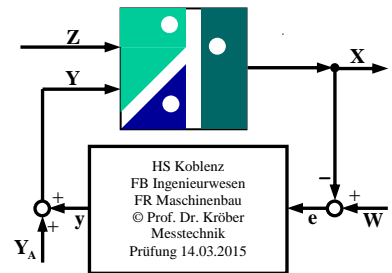
$$\frac{30}{50} = e^{-t/T} \Rightarrow \ln \frac{5}{3} = \frac{t}{T} \Rightarrow T = \frac{t}{\ln \frac{5}{3}} = \frac{30\text{s}}{\ln \frac{5}{3}} = 58,728\text{s}$$

$$\frac{10}{50} = e^{-t/T} \Rightarrow 5 = e^{t/T} \Rightarrow t = T \cdot \ln 5 = 58,728\text{s} \cdot \ln 5 = 94,52\text{s}$$

2m5) $\underline{i_1} = \frac{9\text{V}}{30\text{k}\Omega} = \underline{0,3\text{mA}}$

$$\underline{u_a} = u_+ = 0,3\text{mA} \cdot 10\text{k}\Omega = \underline{3\text{V}}$$

$$\underline{i_2} = \frac{u_a}{10\text{k}\Omega} = \frac{3\text{V}}{10\text{k}\Omega} = \underline{0,3\text{mA}}$$



2m6) $2L = b - a = 4 - 0 = 4 \Rightarrow L = 2$

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

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

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

$$= \frac{1}{2} \left[-\frac{2}{\pi} \underbrace{\cos(\pi)}_{-1} + \frac{2}{\pi} \underbrace{\cos(0)}_1 \right] - \left[-\frac{2}{\pi} \underbrace{\cos\left(\frac{3}{2}\pi\right)}_0 + \frac{2}{\pi} \underbrace{\cos(\pi)}_{-1} \right]$$

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

$$\underline{\underline{b_1 = \frac{4}{\pi} \approx 1,273}}$$