Fahrzeugmechatronik I

Prof. Dr.-Ing. Steffen Müller Vincent Gregull, M.Sc.

3. Übungsaufgabe

Abgabe: 10.01.2018

Auslegung von Sensoren

bestanden

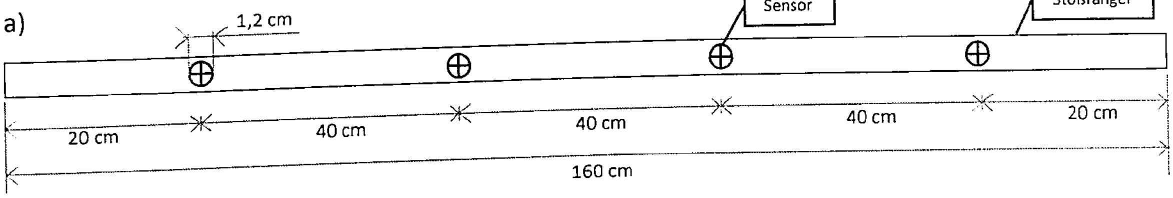
V. Gregull

Gruppe 12

1. Tom-Morten Theiß 367624
2. Michael Fiebig 363310
3. Hussein Obeid 330475
4. Timo Unbehaun 353357
5. Jingsheng Lyu 398756

Aufgabe 1

a)

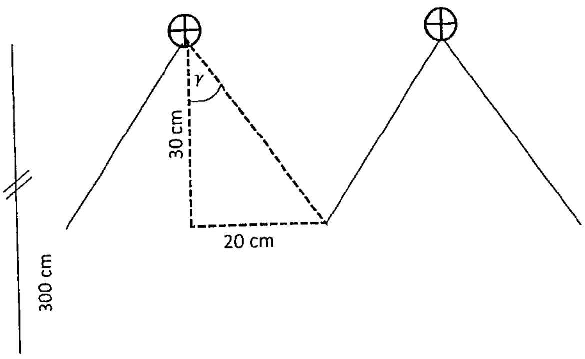


(Skizze ist nicht maßstabsgetreu)

✓

b)

Aus der Forderung, dass ab 30 cm eine vollständige Abdeckung der Umgebung stattfinden soll ergibt sich die folgende Winkelbeziehung. Die Mindestreichweite der Sensoren soll 3 Meter betragen.



$$\cos^{-1}\left(\frac{30cm}{\sqrt{20cm^2+30cm^2}}\right)=33{,}69°$$ ✓

$$\sin\gamma=\frac{0{,}51\cdot v_s}{f\cdot D} \Rightarrow f=\frac{0{,}51\cdot v_s}{\sin\gamma\cdot D}$$

mit v_s=c

$$f=\frac{0{,}51\cdot\sqrt{\frac{1{,}402\cdot 8{,}3145\frac{J}{molK}\cdot 233{,}15K}{0{,}02896\frac{kg}{mol}}}}{\sin 33{,}69°\cdot 0{,}012m}$$

$$f=23.471{,}56\ Hz$$ ✓

c)

Aus dem gegeben formelmäßigen Zusammenhang ergibt sich die folgende Beziehung:

$f\uparrow \rightarrow \frac{0{,}51\cdot v_s}{f\cdot D}\downarrow \rightarrow \sin\gamma\downarrow$

mit steigender Frequenz sinkt der Öffnungswinkel. ✓

d)

Die Zeit zur Erkennung eines 3m weit entfernten Objektes bei -40°C errechnet sich aus:

$$2 \cdot \frac{\Delta x}{v_s} = \Delta t$$

$$2 \cdot \frac{3m}{306{,}34\frac{m}{s}} \approx 0{,}02s$$

Daraus folgt eine Triggerfrequenz von 50 Hz:

$$f = \frac{1}{0{,}02} = 50Hz \qquad f_{Trigger} < \frac{1}{\Delta t}$$

e)

Die prozentuale Abweichung zwischen der gemessenen und realen Schallgeschwindigkeit erhält man durch:

$$\frac{c_{gemessen} - c_{gemessen}}{c_{real}} = \frac{c_{gemessen}}{c_{real}} - 1 = \frac{\sqrt{\frac{k \cdot R \cdot T_{gemessen}}{M}}}{\sqrt{\frac{k \cdot R \cdot T_{real}}{M}}} - 1 = \sqrt{\frac{T_{gemessen}}{T_{real}}} - 1$$

$$\sqrt{\frac{315{,}15K}{295{,}15K}} = 3{,}3\%$$

f)

Es gilt der Zusammenhang:

$$l_{real} = t \cdot c_{real}$$

$$l_{real} = \frac{l_{gemessen}}{c_{gemessen}} \cdot c_{real}$$

$$\frac{l_{real}}{l_{gemessen}} = \frac{c_{real}}{c_{gemessen}} => \frac{l_{gemessen}}{l_{real}} = \frac{c_{gemessen}}{c_{real}} = 1{,}033$$

$$l_{gemessen} = 1{,}033 \cdot l_{real}$$

Daraus folgt, dass beispielsweise eine Parklücke größer angenommen wird, als sie in der Realität ist.

Bei einer Fahrzeuglänge von 4,4 Metern würde das System bei diesem Fehler eine Länge von 8,9 Metern errechnen. Übertragen auf die Vermessung einer Parklücke würde diese viel zu groß angenommen werden. Der Fehler ist für diese Anwendung zu groß.

$l_g = 1{,}03 \cdot 4{,}4m \approx 4{,}54m$? ⊖

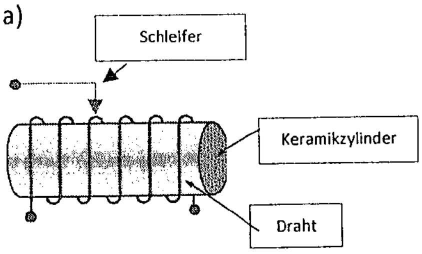
→ Der Messbereich des Sensors ist nur von 0,3 ... 3 m.

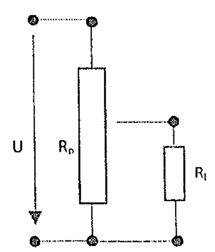
→ die Abweichung ist hier immer kleiner als 0,3m

→ Kollision eigentlich nicht möglich ?

Aufgabe 2

a)





b)

Aus der Formel für den Umfang und dem Durchmesser des Keramikkörpers ergibt sich:

$$\pi \cdot 20mm = 62{,}83mm$$

→ Dicke des Drahtes berücksichtigen?

Multipliziert mit der Anzahl der Windungen folgt die Länge des Drahtes:

$$2000 \cdot 62{,}83mm = 125{,}66m$$

f

Und schließlich erhält man für den Widerstand unter Zuhilfenahme der Fläche des Drahtes und der elektrischen Leitfähigkeit:

Ab hier Folgefehler

$$R = \frac{\left(\frac{l}{A}\right)}{k}$$

$$R = \frac{\left(\frac{125{,}66m}{\pi \cdot 0{,}1mm^2}\right)}{2\frac{m}{\Omega mm^2}} = 2000\Omega$$

c)

Die mechanische Auflösung ergibt sich aus:

$$\frac{0{,}45m}{2000} = 2{,}25 \cdot 10^{-4}m$$

Eine Wicklung hat entsprechend einen Widerstand von einem Ohm.

d)

$$\Delta\theta = \frac{\Delta R}{R_{20}\alpha}$$

$$\Delta\theta = \frac{1\Omega}{2000\Omega \cdot 1 \cdot 10^{-5}\frac{1}{K}} = 50K$$

Daraus ergibt sich ein Temperaturintervall ist von -4°C bis 45°C.

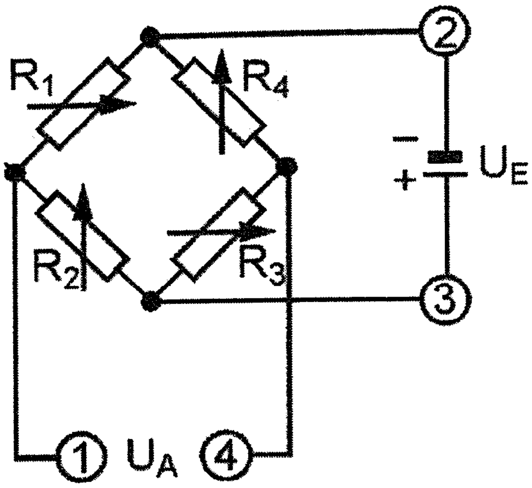
e)

Der Einsatz von Konstantan ist gegenüber anderen Werkstoffen vorteilhaft, da dieser über einen großen Bereich sehr Temperaturunabhängig ist.

Beispielhaft $\Delta\theta$ für die verschiedenen α berechnen.

Aufgabe 3

a)



Gleichung für die Vollbrücke

$$U_A = U_{R2} - U_{R3}$$

$$U_{R2} = U_E \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$U_{R3} = U_E \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_4}$$

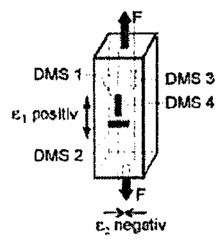
$$U_A = U_{R2} - U_{R3} = U_E \cdot \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_3}{R_3 + R_4} \right)$$

✓

b)

$$\frac{U_A}{U_E} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_3}{R_3 + R_4} = \frac{R_2 \cdot (R_3 + R_4) - R_3 \cdot (R_1 + R_2)}{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4)}$$

$$= \frac{R_2R_3 + R_2R_4 - R_1R_3 - R_2R_3}{R_1R_3 + R_1R_4 + R_2R_3 + R_2R_4}$$



Wir wissen aus diesem Bild, dass es $R_1 = R_3 = R_0(1 + \varepsilon k)$ und $R_2 = R_4 = R_0(1 - \nu\varepsilon k)$ gibt. DMS 1 und DMS 3 haben Längsdehnung. DMS 2 und DMS 4 haben Querdehnung.

Dann

$$\frac{U_A}{U_E} = \frac{R_0(1 - \nu\varepsilon k)}{R_0(1 + \varepsilon k) + R_0(1 - \nu\varepsilon k)} - \frac{R_0(1 + \varepsilon k)}{R_0(1 + \varepsilon k) + R_0(1 - \nu\varepsilon k)}$$

$$=\frac{R_0(1-\nu\varepsilon k-1-\varepsilon k)}{R_0(1+\varepsilon k+1-\nu\varepsilon k)}=\frac{-(1+\nu)\varepsilon k}{2+\varepsilon k(1-\nu)}$$

Weggen $\varepsilon k(1-\nu)\ll 1$ vernachlässigen wir $\varepsilon k(1-\nu)$. Zum Schluss leiten wir diese folgende Beziehung für die Vollbrücke her.

$$\frac{U_A}{U_E}=\frac{-(1+\nu)\varepsilon k}{2}$$

c)

$$U_A=8mV=0.008V$$

Aus $\sigma=\frac{F}{A}=\varepsilon\cdot E\left[\frac{N}{mm^2}\right]$ bekommen wir $F=\varepsilon\cdot E\cdot A$. Durch Gleichgewichtsbedingung bekommen wir $F=\varepsilon\cdot E\cdot A=mg$.

Dann

$$m=\frac{\varepsilon\cdot E\cdot A}{g}$$

Aus Aufgabe b) wissen wir

$$\frac{U_A}{U_E}=\frac{-(1+\nu)\varepsilon k}{2}$$

Dann mit $U_A=8mV=0{,}008V$, $U_E=5V$, $\nu=0{,}3$ und $k=2{,}5$ bekommen wir

$$\varepsilon=-\frac{U_A}{U_E}\cdot 2\cdot\frac{1}{(1+\nu)k}=-0{,}0012$$

Mit $A=a\cdot b=25mm^2$ und $E=2{,}1\cdot 10^5$ bekommen wir ohne angehängte Masse m_{ohne}.

$$m_{ohne}=\left|\frac{\varepsilon\cdot E\cdot A}{g}\right|=642{,}6035kg$$

Mit der gestiegenen Spannung $U_A=8{,}63mV=0.00863V$ bekommen wir angehängte Masse m_{mit}.

$$m_{mit}=\left|\frac{\varepsilon\cdot E\cdot A}{g}\right|=693{,}2085kg$$

Zum Schluss bekommen wir diese Masse

$$\Delta m=m_{mit}-m_{ohne}=50{,}605kg$$

d)

Aus Aufgabe b) wissen wir

$$U_A=\frac{-(1+\nu)\varepsilon k}{2}\cdot U_E$$

Aus $\varepsilon=\frac{\Delta L}{L}=\frac{\Delta R}{R_0\cdot k}$ bekommen wir

$$\varepsilon=\frac{\Delta L}{L}=\frac{\Delta R}{R_0\cdot k}$$

Dann

$$U_A = \frac{-(1+\nu)\frac{\Delta R}{R_0 \cdot k}k}{2} \cdot U_E = -\frac{k(1+\nu) \cdot \Delta R \cdot U_E}{2 \cdot R_0 \cdot k}$$

Aus $R_0 = R_{20}(1 + \alpha\Delta T)$ bekommen wir

$$U_A = -\frac{k(1+\nu) \cdot \Delta R \cdot U_E}{2 \cdot R_{20}(1+\alpha\Delta T) \cdot k}$$

Je größer ΔT wird, desto größer wird Nenner. Dann U_A wird zum Schluss sinken, weil andere Größen sich nicht ändern. ⇒ Gleichung für die nicht vereinfachte Vollbrücke verwenden. $(1+\alpha\Delta T)$ kürzt sich dann vollständig raus. Vorausgesetzt ΔT ist für alle DMS identisch f

e)

1. genauer

Aus Aufgabe b) wissen wir die genauer Rechnung zur Bestimmung der Masse m_{genau}.

$$\frac{\Delta U}{U_E} = \frac{-(1+\nu)\varepsilon k}{2 + \varepsilon k(1-\nu)}$$

Dann

$$\varepsilon_{genau} = -\frac{2U_A}{k \cdot (U_E(1+\nu) + U_A(1-\nu))}$$

Aus $\sigma = \frac{F}{A} = \varepsilon \cdot E$ und $F = m \cdot g$ bekommen wir mit $\Delta U = U_{A1} - U_{A2} = 0.00063V$. $U_{A1} = 0.008V$ ist die Spannung ohne angehängte Masse. $U_{A2} = 0.00863V$ ist die Spannung mit angehängter Masse.

$$\varepsilon_{genau} = \frac{F}{A \cdot E} = \frac{m_{genau} \cdot g}{A \cdot E}$$

Dann

$$\frac{m_{genau} \cdot g}{A \cdot E} = -\frac{2 \cdot \Delta U}{k \cdot (U_E(1+\nu) + U_A(1-\nu))}$$

$$m_{genau} = \left| -\frac{2 \cdot \Delta U \cdot A \cdot E}{k \cdot g \cdot (U_E(1+\nu) + U_A(1-\nu))} \right| = 642{,}0503kg$$

4

2. vereinfachter

Aus Aufgabe b) wissen wir die vereinfachte Rechnung zur Bestimmung der Masse $m_{vereinfacht}$.

$$\frac{\Delta U}{U_E} = \frac{-(1+\nu)\varepsilon k}{2}$$

Dann

$$\varepsilon_{vereinfacht} = -\frac{\Delta U}{U_E} \cdot 2 \cdot \frac{1}{(1+\nu)k} \quad \checkmark$$

Aus $\sigma = \frac{F}{A} = \varepsilon \cdot E$ und $F = m \cdot g$ bekommen wir mit $\Delta U = U_{A1} - U_{A2} = 0.00063V$. $U_{A1} = 0.008V$ ist die Spannung ohne angehängte Masse. $U_{A2} = 0.00863V$ ist die Spannung mit angehängter Masse.

$$\varepsilon_{vereinfach} = \frac{F}{A \cdot E} = \frac{m_{vereinfach} \cdot g}{A \cdot E}$$

Dann

$$\frac{m_{vereinfach} \cdot g}{A \cdot E} = -\frac{\Delta \mathrm{U}}{U_E} \cdot 2 \cdot \frac{1}{(1+\nu)k}$$

$$m_{vereinfach} = \left| -\frac{2 \cdot \Delta \mathrm{U} \cdot A \cdot E}{U_E \cdot k \cdot g \cdot (1+\nu)} \right| = 642{,}6035kg$$

Zum Schluss ist der relative Massenfehler $\Delta m[\%]$ zwischen genauer und vereinfacher Rechnung zur Bestimmung der Masse m.

$$\Delta m = \left(\frac{m_{genau} - m_{vereinfach}}{m_{genau}} \right) \cdot 100\% = \left(\frac{m_{vereinfach}}{m_{genau}} - 1 \right) \cdot 100\% = 0.0068\%$$

$$\varepsilon_{genau} = \frac{2 U_A}{U_E k (1+\nu) - U_A k (1-\nu)} - \frac{2 U_{A0}}{U_E k (1+\nu) - U_{A0} k (1-\nu)}$$