

**Klausur im Modulfach
„Automatisierungs- und Messtechnik“**

Teil 2: „Grundzüge des Messens“

ausgelegt für 90 min

Juli 2012

Platz-Nr.	Reihe
↑ Nur vom Aufsichtspersonal ↑ auszufüllen !	

Am Beginn der Prüfung auszufüllen:

Name:

Vorname:

Matrikelnummer:

Aufgabe	1	2	3	4	5	Σ
Punkte	9	9	9	9	4	max. 40

Hinweise:

- die Klausur **zu Beginn und bei Abgabe** auf Vollständigkeit prüfen
- **Lösungswege angeben!**
- **Abkürzungen** bitte mindestens einmal im Text **erklären!**
- Bitte **Blattrückseiten** benutzen, falls der vorgegebene Platz nicht ausreicht!
- **Skizzen** bitte frei Hand zeichnen!
- Für **Text, Berechnungen und Skizzen** bitte Kugelschreiber oder **Füller** verwenden (**kein Bleistift!**)

Zugelassene Hilfsmittel:

- 1 DIN A4 Blatt, einseitig, handbeschrieben (keine Kopien!)
- Taschenrechner: Casio FX xxx-ES, Casio FX xxx-DE, Casio FX xxx-MS, Sharp 500er Serie, Texas Instruments 30er Serie
- Schreibutensilien (kein Bleistift, kein rot)
- keine eigenen Blätter verwenden

Folgende Sachverhalte werden als Betrugsversuch gewertet:

- Nutzung anderer als die zugelassenen Hilfsmittel, insbesondere Nutzung von Notebooks, Organizer, PDA, Fotoapparat und ähnlichen Geräten
- Mobiltelefon außerhalb Ihrer Tasche
- eingeschaltetes Mobiltelefon innerhalb Ihrer Tasche
- jegliche Kontaktaufnahme zu anderen Prüfungsteilnehmern

Aufgabe 1

Eine Gleichspannung u_E soll mittels idealem OPV verstärkt und gemessen werden (siehe Abb. 1).

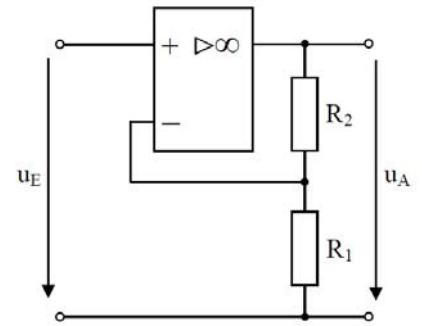


Abb. 1: Verstärkerschaltung

a) Welche Angaben enthält ein vollständiges Messergebnis (allgemein)?

1 Punkt

b) • Geben Sie die Gleichung zur Berechnung von u_E in Abhängigkeit von u_A , R_1 und R_2 an!
 • Berechnen Sie die maximale relative systematische Messabweichung für u_E (Formel), wenn die maximale relative systematische Messabweichung von R_1 und R_2 jeweils F_R beträgt!

$u_E =$

$|\Delta u_E / u_E| =$

2 Punkte

c) Für u_E gelte nun eine unbekannte systematische Messabweichung von $|\Delta u_E| \leq 50$ mV und eine zufällige Messabweichung mit einer Standardabweichung von $\sigma_{u_E} = 150$ mV.

- Berechnen Sie die Standardunsicherheit σ_{gesamt} der Spannung u_E nach GUM (Formel; Wert)!
- Nennen Sie eine Möglichkeit, den dominierenden Beitrag zur Messunsicherheit zu reduzieren!

$\sigma_{\text{gesamt}} =$

Reduzieren durch:

3 Punkte

d) Folgende Stichprobe wurde aufgenommen: $u_E = [935; 922; 957; 967; 919; 914; 945; 981; 948; 987]$ mV. Geben Sie für u_E den Mittelwert μ , die empirische Standardabweichung s sowie das Vertrauensintervall des Mittelwertes für eine statistische Sicherheit von 95% (Annahme: Normalverteilung) an (Werte)!

P%	68,3	95,0	99,0	99,73	N
t	1,06	2,26	3,25	4,09	10
	1,03	2,08	2,96	3,45	20
	1,00	1,98	2,63	3,08	100

P%	68,3	95,0	99,0	99,73
a	1	1,96	2,56	3,00

$\mu =$

$s =$

Vertrauensintervall:

3 Punkte

Aufgabe 2

An einem Biegebalken (Abb. 2) wird die Dehnung ε mittels Brückenschaltung (Abb. 3) gemessen, dabei gelte $R_{\text{DMS1}} = R_0 \cdot (1+k\varepsilon)$, $R_{\text{DMS2}} = R_0 \cdot (1-k\varepsilon)$ mit $k = 2$.

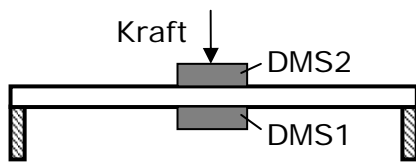


Abb. 2: Biegebalken mit Dehnungsmessstreifen (DMS)

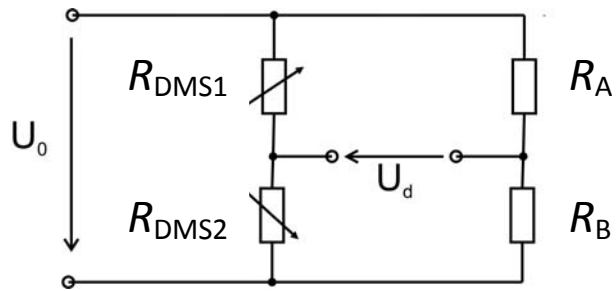


Abb. 3: Brückenschaltung

a) Handelt es sich um ein Ausschlags- oder Kompensationsmessverfahren?

1 Punkt

b) • Berechnen Sie $U_d(\varepsilon)$ (Formel)!
 • Dimensionieren Sie anschließend die Widerstände R_A und R_B so, dass die Brücke bei $\varepsilon = 0$ abgeglichen ist (Formel)!

$U_d(\varepsilon) =$

Dimensionierung von R_A und R_B :

2 Punkte

c) • Wie groß ist nun die Brückenspeisespannung U_0 zu wählen, damit bei der Dehnung $\varepsilon = 0,1\%$ die Brückendiagonalspannung $U_d = 10\text{ mV}$ beträgt (Wert)?
 • Berechnen Sie für diesen Fall die relative Standardunsicherheit $\sigma_\varepsilon / \varepsilon$ der Dehnung, wenn das Voltmeter zur Messung der Brückendiagonalspannung U_d eine relative Standardunsicherheit von 1% aufweist (Wert)!
 • Über wie viele Werte N muss gemittelt werden, um die Standardunsicherheit um den Faktor 10 zu verringern?

$U_0 =$

$\sigma_\varepsilon / \varepsilon =$

$N =$

3 Punkte

d) • Skizzieren und beschriften Sie eine Schaltung mit höherer Empfindlichkeit, wenn 2 zusätzliche Dehnungsmessstreifen mit $R_{\text{DMS3}} = R_{\text{DMS2}}$ sowie $R_{\text{DMS4}} = R_{\text{DMS1}}$ zur Verfügung stehen!
 • Geben Sie die Brückendiagonalspannung $U_{d,2}(\varepsilon)$ sowie die resultierende Empfindlichkeit an (Formeln)!

Schaltung: $U_{d,2}(\varepsilon) =$

$\partial U_{d,2} / \partial \varepsilon =$

3 Punkte

Aufgabe 3

Die Temperatur ϑ soll mit einem Pt100 ($\alpha_{\text{Platin}} = 3,85 \cdot 10^{-3} / \text{K}$; $\vartheta_0 = 0^\circ\text{C}$) gemessen werden.

a) Nennen Sie 2 weitere SI-Einheiten neben dem Kelvin!

1 Punkt

b) • Geben Sie eine Gleichung an, welche die Temperaturabhängigkeit eines Widerstands $R(\vartheta)$ beschreibt und erläutern Sie dabei alle in der Gleichung enthaltenen Größen!

• Geben Sie eine Verschaltung des Pt100-Sensors an, um die Temperatur elektrisch zu messen!

$R(\vartheta) =$

Schaltung:

2 Punkte

c) • Die gemessene Temperatur betrage $20,0^\circ\text{C}$, wobei auf eine Nachkommastelle gerundet wurde. Geben Sie die aus der Rundung resultierende Standardunsicherheit σ_ϑ der Temperatur nach GUM an (Wert)!

• Der Widerstand $R(\vartheta, \varepsilon)$ des Pt100 besitze eine Querempfindlichkeit zur Dehnung ε . Wie groß ist die hieraus resultierende maximale systematische Messabweichung $|\Delta\vartheta|$ für $|\varepsilon| \leq 0,1\%$, $k=4$ und $\vartheta = 20^\circ\text{C}$, wobei die Widerstandsmessung nicht fehlerbehaftet sei (Formel; Wert)?

$\sigma_\vartheta =$

$|\Delta\vartheta| =$

3 Punkte

d) Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird der Pt100-Sensor in eine Flüssigkeit mit der Temperatur $\vartheta = 55^\circ\text{C}$ getaucht. Für die Ausgabe des Sensors gelte $\vartheta_{\text{mess}}(t) = (\vartheta - \vartheta_1) \cdot (1 - e^{-t/\tau}) + \vartheta_1$ mit $\tau = 1 \text{ s}$, $\vartheta_1 = 23^\circ\text{C}$.

• Berechnen Sie die relative systematische Messabweichung dieser Temperaturmessung in Abhängigkeit der Zeit t ! (Formel)

• Ab welchem Zeitpunkt t^* gilt für die relative Messabweichung $|\Delta\vartheta| / \vartheta < 1\%$ (Wert)?

• Ist die Abweichung korrigierbar? Begründen Sie Ihre Antwort!

$\Delta\vartheta(t) / \vartheta =$

$t^* =$

Abweichung korrigierbar: ja, weil:

nein, weil:

3 Punkte

Aufgabe 4

Die Oszillation einer Blattfeder wird durch Messung der Distanz d erfasst (Abb. 4). Es gelte $d(t) = d_{\text{amp}} \cdot \cos(\omega t) + d_{\text{Ruhelage}}$. Hierbei ist ω die bekannte Kreisfrequenz der Oszillation. Ein Triangulationssensor liefert eine zur Distanz proportionale Ausgangsspannung $u_d(t) = p \cdot d(t)$ mit p als Proportionalitätsfaktor. Die Amplitude $A = p \cdot d_{\text{amp}}$ der oszillierenden Spannung $u_d(t)$ soll nun mit einem Lock-In-Verstärker gemessen werden. Hierfür steht das Referenzsignal $u_{\text{ref}}(t) = A_{\text{ref}} \cdot \cos(\omega t)$ zur Verfügung.

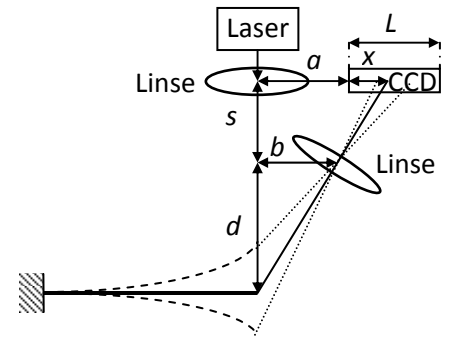


Abb. 4: schwingende Blattfeder

a) Nennen Sie ein weiteres Verfahren zur Positions- bzw. Distanzmessung (außer Triangulation)!

	1 Punkt
--	---------

b) • Zeichnen Sie den Signalflussplan eines Lock-In-Verstärkers und beschriften Sie Ein- und Ausgänge!
 • Berechnen Sie die Ausgangsspannung $u_A(A, A_{\text{ref}})$ des Lock-In-Verstärkers (Formel), wählen Sie dabei eine geeignete Grenzfrequenz des verwendeten Tiefpasses!

Hinweis: $\cos(x) \cdot \cos(y) = 0,5 \cdot [\cos(x-y) + \cos(x+y)]$

Signalflussplan:	$u_A(A, A_{\text{ref}}) =$
2 Punkte	

c) • Wie groß ist die Länge L der CCD-Zeile zu wählen, damit diese bei einer Schwingungsamplitude von $d_{\text{amp}} = 2,5 \text{ mm}$ vollständig genutzt wird (Formel; Wert)? Es gelte $a = 2 \cdot b$ und $s = b = 10 \text{ mm}$.
 • Nennen Sie eine Möglichkeit, den Messbereich des Triangulationssensors zu vergrößern!

<p>$L =$</p> <p>Messbereich vergrößern durch:</p>	3 Punkte
--	----------

d) Der Sensor soll nun kalibriert werden.

- Was versteht man unter einer Kalibrierung?
- Erläutern Sie eine Möglichkeit zur Kalibrierung des Sensors und geben Sie die zur Berechnung des Proportionalitätsfaktors p verwendete Gleichung an!
- Angenommen, u_d ist aufgrund einer systematischen Messabweichung nicht proportional zu d . Wie ist dann die Kalibrierung durchzuführen, um solche Abweichungen zu eliminieren?

Kalibrierung:	
mögliche Durchführung:	$p =$
Durchführung für $u_d \neq p \cdot d$:	
3 Punkte	

Aufgabe 5

Die Strömungsgeschwindigkeit v in einem Rohr wird mittels Hitzdrahtanemometer gemessen. Hierfür wurden 10 Wiederholungsmessungen aufgenommen, woraus sich eine mittlere Strömungsgeschwindigkeit von 20 m/s ergab.

a) Nennen Sie die zwei Betriebsarten eines Hitzdraht-Anemometers!

	1 Punkt
--	---------

b) Angenommen, die Einzelmesswerte der Geschwindigkeit unterliegen einer Normalverteilung mit einer Standardabweichung von $\sigma_v = 0,2$ m/s. Geben Sie den Vertrauensbereich der gemessenen Geschwindigkeit v für eine statistische Sicherheit von 95,5 % an (Werte)!

$v =$	1 Punkt
-------	---------

c) Die Standardabweichung sei unbekannt und soll daher aus einer Stichprobe geschätzt werden. Was ist anzustreben, um eine möglichst genaue Schätzung zu erhalten?

	1 Punkt
--	---------

d) Nennen Sie ein Mittel, mit dem die Einzelmesswerte auf Normalverteilung geprüft werden können!

	1 Punkt
--	---------