Protokoll zum Laborversuch

Temperaturmessung mit Pt100-Temperaturfühler und sein Messumformer

WiSe 2017/2018

Hiermit versichern wir, dieses Protokolls eigenständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln und Quellen angefertigt zu haben.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Name | Matr.-Nr | Unterschrift |
| Schöffer, Laszlo | 373220 |  |
| Nolde, Nader | 378934 |  |
| Karschau, Nathalie | 380683 |  |
| Bienek, Patrick | 386107 |  |
| Grippa, Nemo | 381347 |  |
| Krämer, Tim | 389091 |  |
| Sturm, Denis |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Vorbereitung | Punkte |  | Durchführung | Punkte |  | Auswertung | Punkte |
| 1a | /4 |  | 2 | /4 |  | 3a | /3 |
| 1b | /3 |  |  |  |  | 3b | /2 |
| 1c | /4 |  |  |  |  | 3c | /9 |
| 1d | /2 |  |  |  |  | Fazit | /2 |
| 1e | /2 |  |  |  |  |  |  |
| Summe | /15 |  | Summe | /4 |  | Summe | /16 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Gesamt:** | /35 | |  |  |  |  |  |

# Vorbereitungsaufgaben

1. Die Kennlinie des Pt100 (Tabelle im Anhang) ist nicht linear. Approximieren Sie die Kennlinie des Pt100 mit der Gleichung (1), indem Sie den Temperaturkoeffizienten α des Pt100 berechnen. Führen Sie die Approximation für Temperaturen zwischen 0°C und 80°C durch.

###### Lösung:

Die Näherungsformel zur Bestimmung des Widerstandes in Abhängigkeit von der Temperatur lautet (bei konstantem α, also linearem Zusammenhang)

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Die Approximation ist in folgendem Plot wiederzufinden und verbindet die Wertepaare bei 0°C und 80°C.

Abbildung : Approximierte Temperaturabhängigkeit eines Pt100 Temperaturfühlers

Somit ergibt sich das approximierte alpha zu

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |
|  |  |
|  | () | |

1. Zeichnen Sie ein Fehlerdiagramm, das den Approximationsfehler aus der Aufgabe 1a) darstellt. Wie groß ist der maximale Fehler für Temperaturen zwischen 0°C und 80°C?

###### Lösung:

Es gilt für den Fehler

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Abbildung : Fehler der linearen Approximation des Pt100 Temperaturfühlers

Der maximale Fehler liegt mit bei .

1. Bestimmen Sie die Formel der Brückenspannung *U*AB(*R*Pt100) in Abhängigkeit von dem Widerstand des Pt100-Temperaturfühlers:
   1. Stellen Sie allgemein die Gleichungen für die Teilspannungen links und rechts (*U*1 und *U*3) mit Hilfe des Spannungsteilers auf.
   2. Verwenden Sie die Maschenregel, um die Brückenspannung *U*AB zu bestimmen

###### Lösung:

1. Spannungsteiler:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

1. Maschenregel:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |
|  |  |
|  | () | |
|  |  |

1. Zeichnen Sie ein Diagramm, das die Abhängigkeit der Brückenspannung *U*AB von der Temperatur *ϑ* für ein Temperaturintervall von 0°C bis 80°C darstellt.

###### Lösung:

Abbildung : Theoretisch ermittelte Brückenspannung in Abhängigkeit der Temperatur

1. Leiten Sie aus der Aufgabe 1c) die Abgleichbedingung (*U*AB = 0) her.

###### Lösung:

Mit ergibt sich

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

# Durchführung

Beschreibung der Versuchsdurchführung: **(2 Punkte)**

**Versuchsgeräte:**

Steckbrett, Heizplatte, Spannungsquelle, 100 Ω Widerstand, 2 x 5,1 kΩ Widerstände, Pt100 Widerstand, 2 x Multimeter, diverse Verbindungskabel

**Durchführung:**

Vor der Messwertaufnahme wird der Innenwiderstand des Amperemeters mit dem anderen Multimeter gemessen und notiert.

Die Schaltung wird nun gemäß des Ersatzschaltbildes auf dem Steckbrett aufgebaut. Die Gleichspannungsquelle wird auf + 5 V eingestellt.

Über das Amperemeter wird nun der Strom gemessen, der durch den Pt100 Widerstand fließt. Das Voltmeter misst die Brückenspannung über die Punkte A und B.

Nun wird die Heizplatte von 25°C auf 80°C in 5°C-Schritten erwärmt und jeweils die Brückenspannung und der Widerstandsstrom notiert.

Messergebnisse: **(2 Punkte)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *T* (°C) | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 |
| *U*AB (mV) | 17,5 | 18,5 | 20,0 | 21,5 | 23,1 | 24,9 | 26,1 | 28,4 | 31,0 | 32,7 | 34,7 | 36,3 |
| *I*Pt100(mA) | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 |

Der Innenwiderstand des Amperemeters im mA Bereich wurde mithilfe eines Ohmmeters auf 7,70 Ω bestimmt.

# Auswertung

1. Zeichnen Sie aus den gemessenen Werten ein Diagramm der Brückenspannung *U*AB in Abhängigkeit der Temperatur *ϑ.*

**(3 Punkte)**

Abbildung : Abbildung der gemessenen Brückenspannung über die Temperatur

1. Welche Fehler sind für die Abweichungen in Aufgabe 3a) verantwortlich und wie könnte man diese vermeiden?

**(2 Punkte)**

**Systematische Fehler:**

Zum einen wurde vorausgesetzt, dass sich der Pt100-Temperaturfühler zeitglich mit der Heizplatte erwärmt. Jedoch braucht der Widerstand etwas Zeit, um die Heizplattentemperatur zu erreichen. Zum anderen besitzt der Widerstand nur eine kleine Kontaktfläche zur Heizplatte, die die Wärme überleiten könnte. Über die restliche Fläche hat der Temperaturfühler Kontakt zur Außenluft, die vor allem in den späteren Messwerten deutlich geringer als die Arbeitstemperatur ist.

Zudem besitzt das Amperemeter einen Innenwiderstand. Dieser wirkt sich auf die gemessene Brückenspannung aus. Dieser Fehler kann korrigiert werden, indem man ihn in der Schaltung berücksichtigt. Dafür wird ein weiterer Widerstand in Reihe zum Temperaturfühler geschaltet.

Zusätzlich wurden auch die Leitungswiderstände unberücksichtigt gelassen. Diese können bei detaillierterer Betrachtung, wie der Innenwiderstand des Amperemeters, im Ersatzschaltbild ergänzt und ihr Einfluss auf die Brückenspannung bestimmt werden.

**Zufällige Fehler:**

Weitere Abweichungen können durch die Ungenauigkeit der Messgeräte oder auch durch Messrauschen verursacht werden. Durch mehrere Messergebnisse lässt sich dieser Fehler statistisch minimieren. Da in unserem Versuchsaufbau zu jeder Temperatur jedoch nur jeweils ein Messwert aufgenommen wurde, fällt eine sinnvolle Korrektur hier weg.

1. Das Amperemeter besitzt bei einer Strommessung im mA-Messbereich einen Innenwiderstand:
   1. Erweitern Sie das Ersatzschaltbild in Abbildung 2 mit dem Innenwiderstand des Amperemeters.

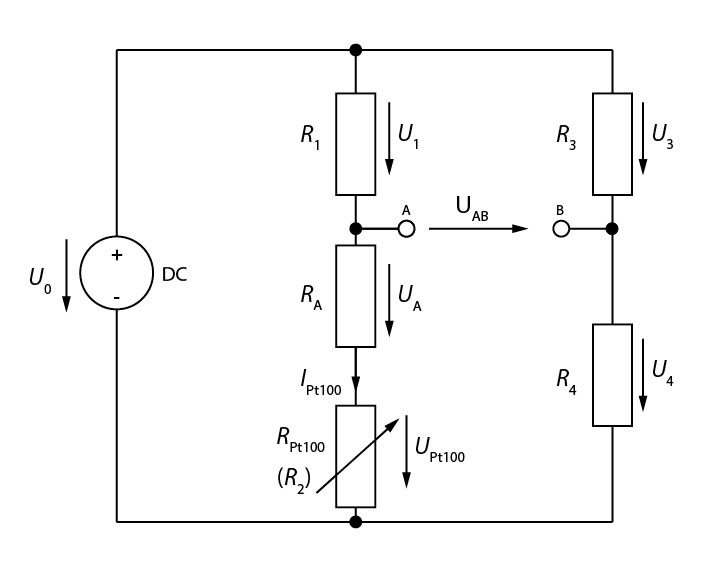
 **(2 Punkte)**

Abbildung : Ersatzschaltbild mit Innenwiderstand des Amperemeters

* 1. Stellen Sie erneut die Formel der Brückenspannung auf, die der Einfluss des Innenwiderstandes ebenfalls darstellt. Vergleichen Sie den Mittelwert des von der Formel berechneten Innenwiderstandes mit dem vom Ohmmeter gemessenen Innenwiderstand.

**(3 Punkte)**

###### Lösung:

1. Spannungsteiler:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

1. Maschenregel:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |
| Mit:   |  |  | | --- | --- | |  |  | | () |

Aus () folgt für den Innenwiderstand:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Durch Einsetzen der Messergebnisse und den Referenzwerten für den Widerstand bei den jeweiligen Temperaturen, ergeben sich die Innenwiderstände *R*A:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *T* (°C) | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 |
| *R*A () | 8,89 | 8,02 | 7,69 | 7,36 | 7,14 | 7,14 | 6,50 | 7,05 | 7,92 | 7,83 | 8,07 | 7,88 |

Mit einem Mittelwert von

Der Mittelwert des berechneten Widerstands weicht nur gering von dem mit dem Ohmmeter gemessenen Widerstand ab.

* 1. Zeichnen Sie wiederholt das Diagramm *U*AB(*ϑ)* und berücksichtigen Sie dabei den Innenwiderstand des Amperemeters, welcher den tatsächlichen Spannungswert verfälscht. Vergleichen Sie die korrigierten Werte mit den theoretischen Werten aus Aufgabe 1d). Sind die Messfehler angemessen, wenn man die Schaltung für eine Messung mit 1°C Genauigkeit einsetzen möchte?

**(4 Punkte)**

Die Spannung, die über den Innenwiderstand des Amperemeters abfällt, lässt sich mithilfe des Spannungsteilers berechnen:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |
| Daraus folgt: |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *T* (°C) | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 |
| *U*A () | 7,38 | 7,38 | 7,37 | 7,37 | 7,37 | 7,37 | 7,36 | 7,36 | 7,36 | 7,35 | 7,35 | 7,35 |

Somit ergibt sich für die korrigierte Brückenspannung UAB,korr:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *T* (°C) | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| *U*AB,korr () | 10,25 | 11,12 | 12,63 | 14,13 | 15,73 | 17,53 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *T* (°C) | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 |
| *U*AB,korr () | 17,74 | 21,04 | 23,64 | 25,35 | 27,35 | 28,95 |

Abbildung : Vergleich der kompensierten Brückenspannung

Aus dem Brückenspannungsmodel ergibt sich bei einer Temperaturänderung von 1 K eine Änderung der Brückenspannung von

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Hier wird vereinfacht angenommen, dass die Brückenspannung im Temperaturbereich von annähernd linear verläuft.

Mit

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Daraus folgt, dass die korrigierten Messwerte maximal vom Brückenspannungsmodell abweichen dürfen, um eine Genauigkeit von zu erreichen.

Die Maximale Abweichung der Messwerte liegt sichtbar beim Temperaturwert . Bei dieser Temperatur weicht die Messung um

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Vom Modell ab, was einem Temperaturfehler von etwa entsprechen würde.

Auch die mittlere Abweichung der Messergebnisse kann eine Genauigkeit von nicht erzielen:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Daraus ergibt sich die mittlere Abweichung der Brückenspannung zu . Dies entspricht einer Temperaturabweichung von .

Somit weisen beide Herangehensweisen eine deutlich größere Ungenauigkeit auf, als die geforderten .

# Fazit

**(2 Punkte)**

Die Ursprünglich gemessene Brückenspannung wich ursprünglich relativ stark (ca. um das 1,4 fache) vom theoretischen Model ab. Die Korrektur durch die Berücksichtigung des Innenwiderstands des Amperemeters, ergab deutlich bessere Ergebnisse, die letztendlich jedoch nicht der geforderten Genauigkeit genügten.

Durch genauere Fehlerbetrachtungen (siehe mögliche Fehlerursachen), ließen sich diese Ungenauigkeiten noch weiter minimieren.