

Aufgabenblatt Labor 1

letzte Änderung: 07.05.2018

Thema: Temperaturmessung mit Pt100-Temperaturfühler und sein Messumformer

Einleitung:

Die Temperatur ist die meist gemessene physikalische Größe im technischen Bereich. Bei ihrer Messung unterscheidet man grundsätzlich in kontaktlose Methoden und Kontaktmethoden. In dieser Veranstaltung wird nur auf die Kontaktmethoden eingegangen. Die verschiedenen Kontaktmessungen beruhen alle auf einer Messkette. Solch eine Messkette ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt. Der Temperatursensor (auch Temperaturfühler genannt) erfasst die Temperatur von einem Objekt und wandelt sie in eine elektrische Größe um, hier beispielhaft in einen elektrischen Widerstandswert. Der elektrische Widerstand R des Sensors besitzt eine Abhängigkeit von der Temperatur ϑ . Das Problem der Temperaturmessung wird in eine Widerstandsmessung umgewandelt. Damit der Widerstandswert von einem Mikroprozessor oder einem Rechner verstanden wird, muss dieser in ein elektrisches Signal bzw. eine elektrische Spannung umgewandelt werden. Der Signalwandler (auch Messumformer genannt) erledigt diese Aufgabe. Sein Ausgang stellt eine von Temperatur ϑ abhängige elektrische Spannung dar. Der Signalwandler wird meistens durch eine elektrische Schaltung realisiert.

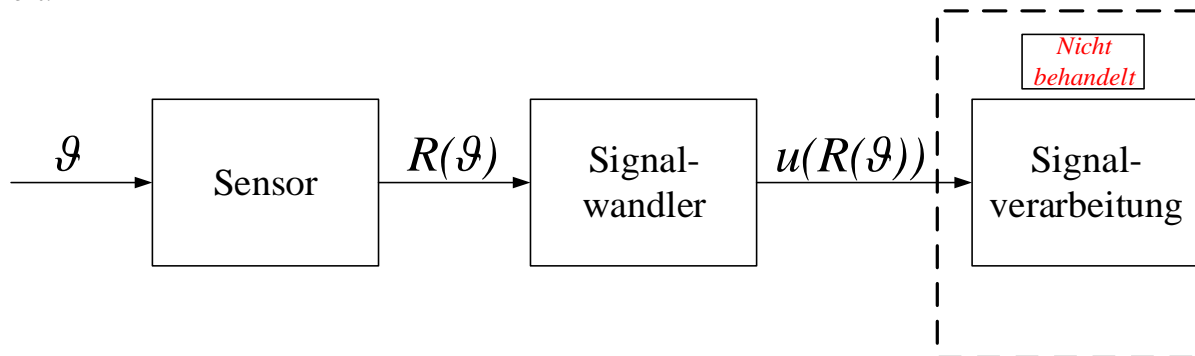


Abbildung 1. Messkette zur Temperaturbestimmung

Pt100 Temperaturfühler (Sensor)

Die Temperaturabhängigkeit des Widerstands von Metallen wird genutzt um die absolute Temperatur zu erfassen. Die gebräuchlichsten Metalle zur Temperaturerfassung sind u.a. Nickel und Platin, weil sie im Vergleich zu anderen Metallen chemisch sehr stabil sind und sich mit einem hohen Reinheitsgrad herstellen lassen. Diese Temperaturfühler sind in der Industrie sehr beliebt, da Normen existieren, die das Verhalten der Fühler genau beschreiben.

Die Bezeichnung des Temperaturfühlers erfolgt über das Material und seinen Widerstandswert bei einer Temperatur von 0°C. Ein Pt100 besteht aus Platin und besitzt einen Widerstand von 100 Ω bei 0°C, ein Pt1000 einen Widerstand von 1000 Ω . Die Kennlinie der meisten Temperaturfühler ist nicht linear. Das Platin weist aber im Bereich „gängiger“ Temperaturen

(0°C bis 80°C) einen nahezu linearen Zusammenhang zwischen Temperatur und Widerstand auf und sein Verhalten kann durch die folgende Formel angenähert werden:

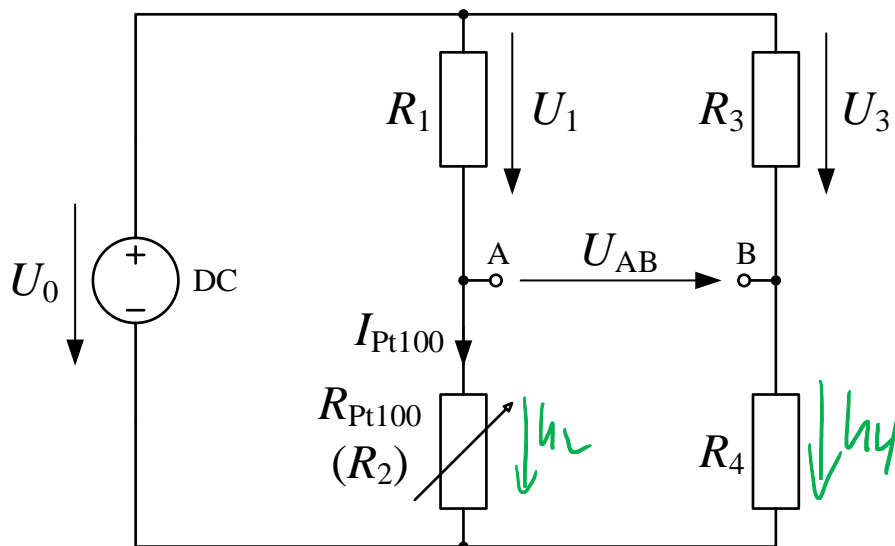
$$R(T) = R_0 (1 + \alpha T) \quad (1)$$

Das exakte Verhalten eines Metallwiderstandsmessfühlers wird üblicherweise in einer Tabelle angegeben. Solche Tabelle für den Pt100 ist im Anhang zu finden.

Messbrücke (Signalwandler)

Wie oben beschrieben wandelt ein Signalwandler den Widerstandswert in ein elektrisches Signal um. In diesem Schritt wird die Widerstandsänderung des Pt100-Messfühlers erfasst und in eine elektrische Spannung (el. Signal) umgewandelt. Eine mögliche Realisierung eines solchen Signalwandlers ist die Messbrückenschaltung in Abbildung 2.

Eine Messbrücke ist eine Parallelschaltung von zwei Spannungsteilern. Ein spezielles Anwendungsbeispiel einer solchen Wheatstone - Brücke ist die Abgleichbrücke.



$$R_1 = R_3 = 5,1 \text{ k}\Omega, R_2 = 100 \text{ }\Omega \text{ bei } 0^\circ\text{C}, \\ R_4 = 100 \text{ }\Omega, U_0 = 5 \text{ V}$$

Abbildung 2. Abgleichbrücke

$$U_{AB} = U_2 - U_4 \\ = U_0 \cdot \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right)$$

Ist das Verhältnis der Widerstände der parallelen Spannungsteiler R_1 zu R_2 und R_3 zu R_4 gleich groß, so herrscht zwischen den Punkten A und B keine Potentialdifferenz und die Messbrücke ist abgeglichen. Es ergibt sich eine Brückenspannung $U_{AB} = 0 \text{ V}$. Wenn nur ein Widerstandswert, z.B. R_2 , geändert wird, fällt eine Brückenspannung $U_{AB} \neq 0 \text{ V}$ ab. Diese Messbrücke eignet sich daher hervorragend für Messungen von Widerständen im Labor. Die Brückenspannung U_{AB} besitzt eine Abhängigkeit von der Änderung des Widerstands R_2 . Grundsätzlich lassen sich solche Brückenschaltung für alle Sensoren einsetzen, dessen Widerstandswert sich durch chemische oder physikalische Einflüsse ändern.

$$= 5 \text{ V} \cdot \left(\frac{R_2}{5,1 \text{ k}\Omega + R_2} - 0,95717 \right)$$

1. Aufgabe: Vorbereitung

- a) 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.
- b) 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?
- c) Bestimmen Sie die Formel der Brückenspannung $U_{AB}(R_{Pt100})$ in Abhängigkeit von dem Widerstand des Pt100-Temperaturfühlers:
- Stellen Sie allgemein die Gleichungen für die Teilspannungen links und rechts (U_1 und U_3) mit Hilfe des Spannungsteilers auf. $U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U$ $U_3 = \frac{R_3}{R_3 + R_4} U$ $U_{AB} = U_3 - U_1$
 - Verwenden Sie die Maschenregel, um die Brückenspannung U_{AB} zu bestimmen.
- d) 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.
- e) Leiten Sie aus der Aufgabe 1c) die Abgleichbedingung ($U_{AB} = 0$ V) her.

2. Aufgabe: Durchführung

Der Versuchsaufbau besteht aus einem Steckbrett, einer Heizplatte, einer Gleichspannungsquelle U_0 , drei Widerständen und dem Pt100-Temperaturfühler. In Abbildung 3 ist der Versuchsaufbau dargestellt. Bauen Sie diesen wie abgebildet auf. Achten Sie auf korrekte Strom- und Spannungsmessung mittels Ampere- und Voltmeter (Strommessung im mA-Messbereich).

Messen der Brückenspannung

Messen Sie die Brückenspannung für die verschiedenen Temperaturen, welche durch die Heizplatte geregelt werden. Um mögliche Eigenerwärmung des Pt100 und die damit verbundene Verfälschung zu vermeiden, darf der Strom durch diesen maximal 1mA betragen. Überprüfen Sie hierfür beim Anlegen der Spannung ob der Stromwert unterhalb der Grenze liegt. Tragen Sie die Werte in die untenstehende Tabelle ein.

Messen Sie vor Beginn des Versuches den Innenwiderstand des Amperemeters.

T (°C)	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
U_{AB} (mV)	18,2	19	20,4	22,2	22,0	23	24,7	25,5	26,4	27,2
I_{Pt100} (mA)	1	1	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48

$$R_1 = 715 \Omega$$

$$R_2 = 5090 \Omega$$

$$R_3 = 701 \Omega$$

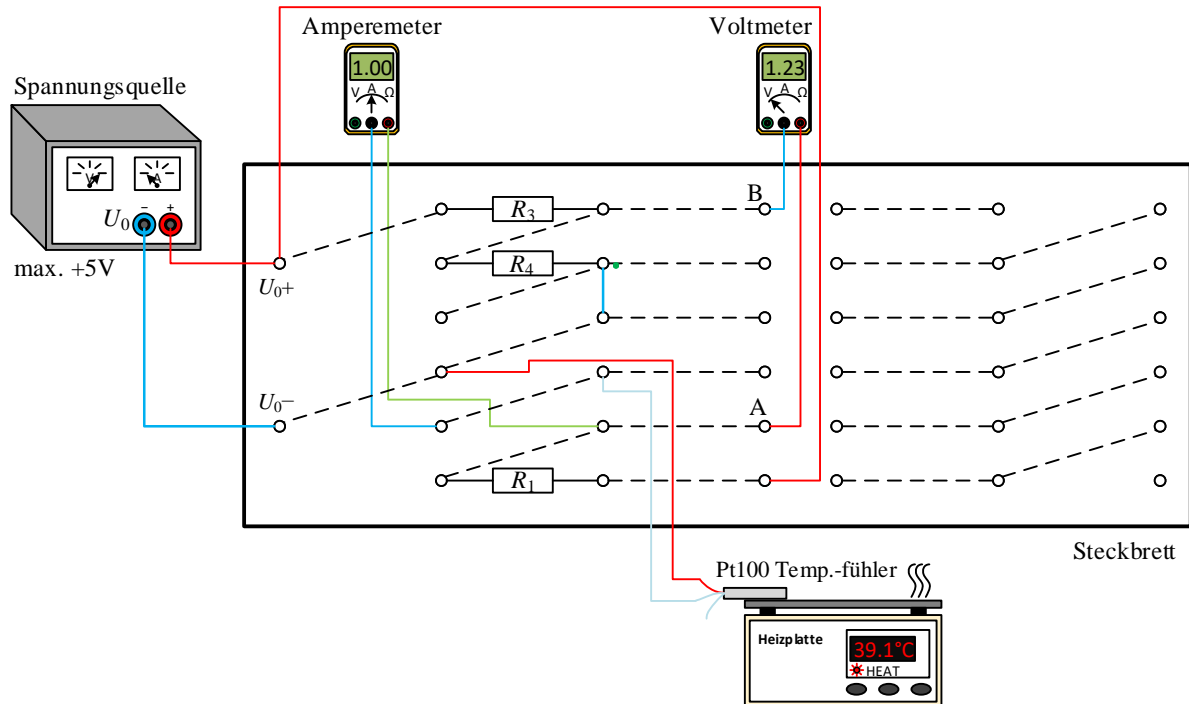


Abbildung 3. Versuchsaufbau

3. Aufgabe: Auswertung

- Zeichnen Sie aus den gemessenen Werten ein Diagramm der Brückenspannung U_{AB} in Abhängigkeit der Temperatur ϑ .
- Welche Fehler sind für die Abweichungen in Aufgabe 3a) verantwortlich und wie könnte man diese vermeiden?
- Das Amperemeter besitzt bei einer Strommessung im mA-Messbereich einen Innenwiderstand:
 - Erweitern Sie das Ersatzschaltbild in Abbildung 2 mit dem Innenwiderstand des Amperemeters.
 - Stellen Sie erneut die Formel der Brückenspannung auf, die den Einfluss des Innenwiderstandes ebenfalls darstellt. Vergleichen Sie den Mittelwert des von der Formel berechneten Innenwiderstandes mit dem vom Ohmmeter gemessenen Innenwiderstand.
 - Zeichnen Sie wiederholt das Diagramm $U_{AB}(\vartheta)$ 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. Aufgabe: Fazit

Treffen Sie eine kurze Aussage über die Übereinstimmung der theoretischen Kennlinien mit den Messwerten.