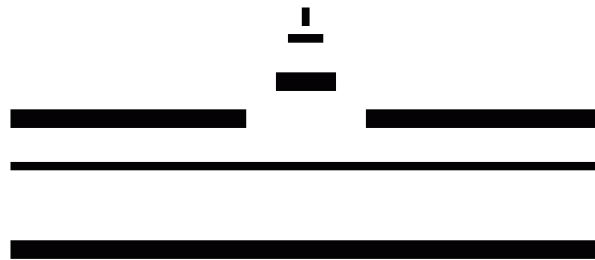


Versuchsprotokoll E2

Wheatstonesche Brücke & Thermoelement

10.12.2014



Alexander Schlüter, Josh Wewers, Frederik Edens

Gruppe 15/mi

alx.schlueter@gmail.com

joshw@muenster.de

f_eden01@wwu.de

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Wheatstonesche Brücke	1
1.2	Thermoelement	5
1.2.1	Seebeck-Effekt	5
1.2.2	Peltier-Effekt	5
2	Versuche	5
2.1	Wheatstonesche Brücke	5
2.2	Thermoelement	5
3	Auswertung	7
3.1	Wheatstonesche Brücke	7
3.2	Thermoelement	7

1 Einführung

1.1 Wheatstonesche Brücke

Die Wheatstonesche Brücke ist eine Schaltung zur Bestimmung eines unbekannten ohmschen Widerstandes R_1 . Dazu werden bekannte Widerstände R_2 bis R_4 so gewählt, dass der in der Mitte des Schaltbildes gemessene Strom I_M verschwindet. Bei der

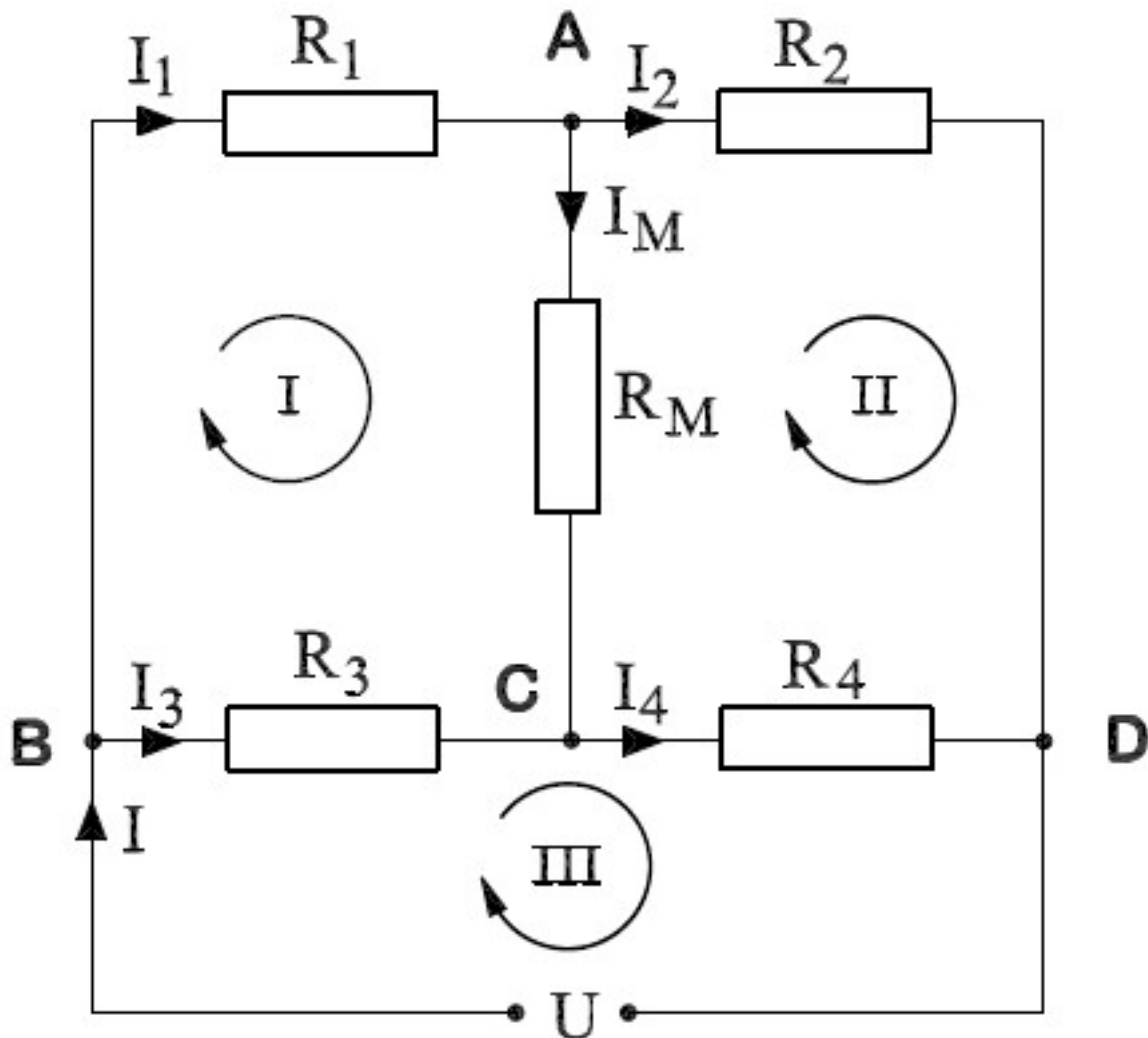


Abbildung 1: Wheatstonesche Brücke

Gleichstrombrücke werden die Widerstände R_3 und R_4 durch ein Potentiometer ersetzt. Es gilt der Zusammenhang:

$$R_x = \frac{l}{L-l} \cdot R_2 \quad (1.1)$$

Dabei ist R_x der unbekannte Widerstand.

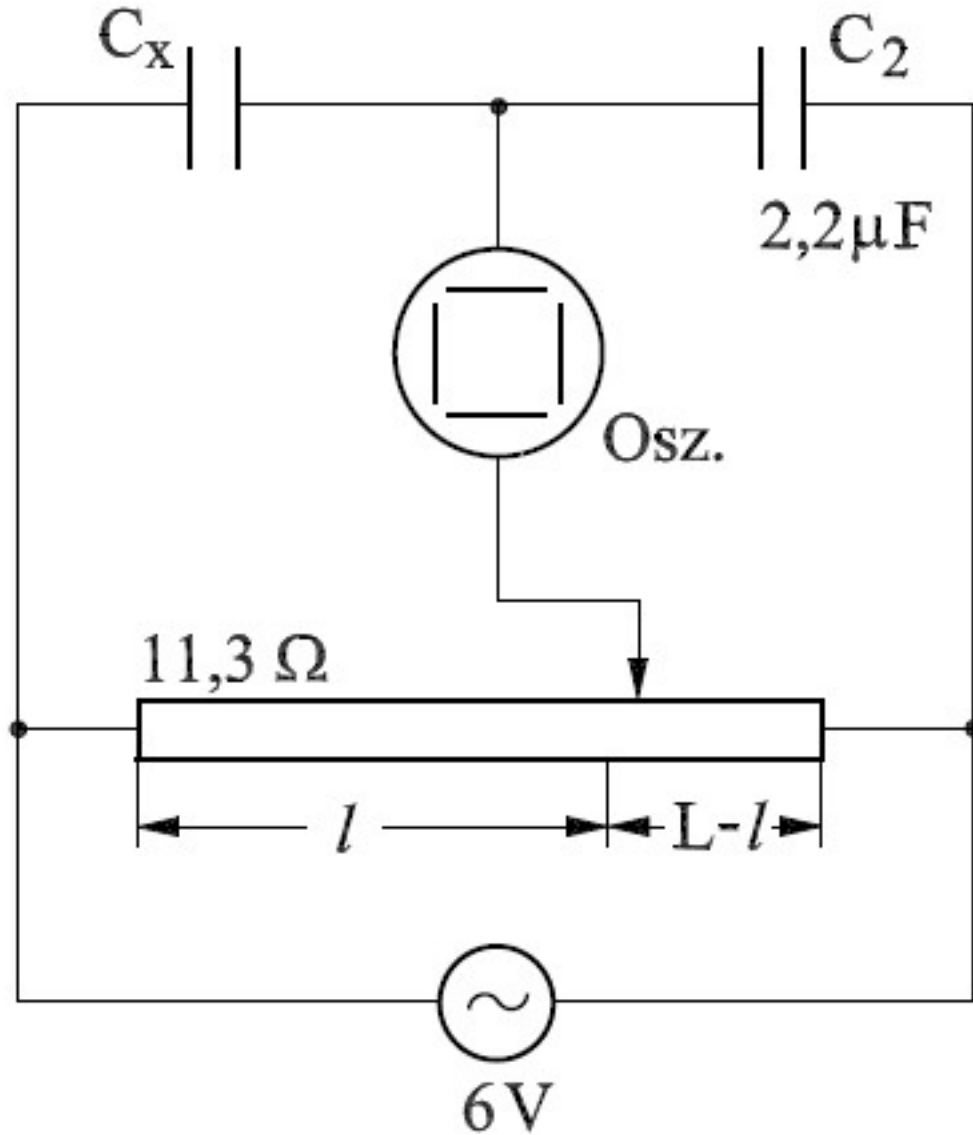


Abbildung 3: Wechselstrombrücke (C-Bestimmung)

Die Brücke kann angepasst werden, um allgemeine komplexwertige Impedanzen zu bestimmen. Die Kapazität C eines Kondensators (vgl. Schaltbild Abb. 3) ergibt sich aus

$$C_x = \frac{L-l}{l} C_2 \quad (1.2)$$

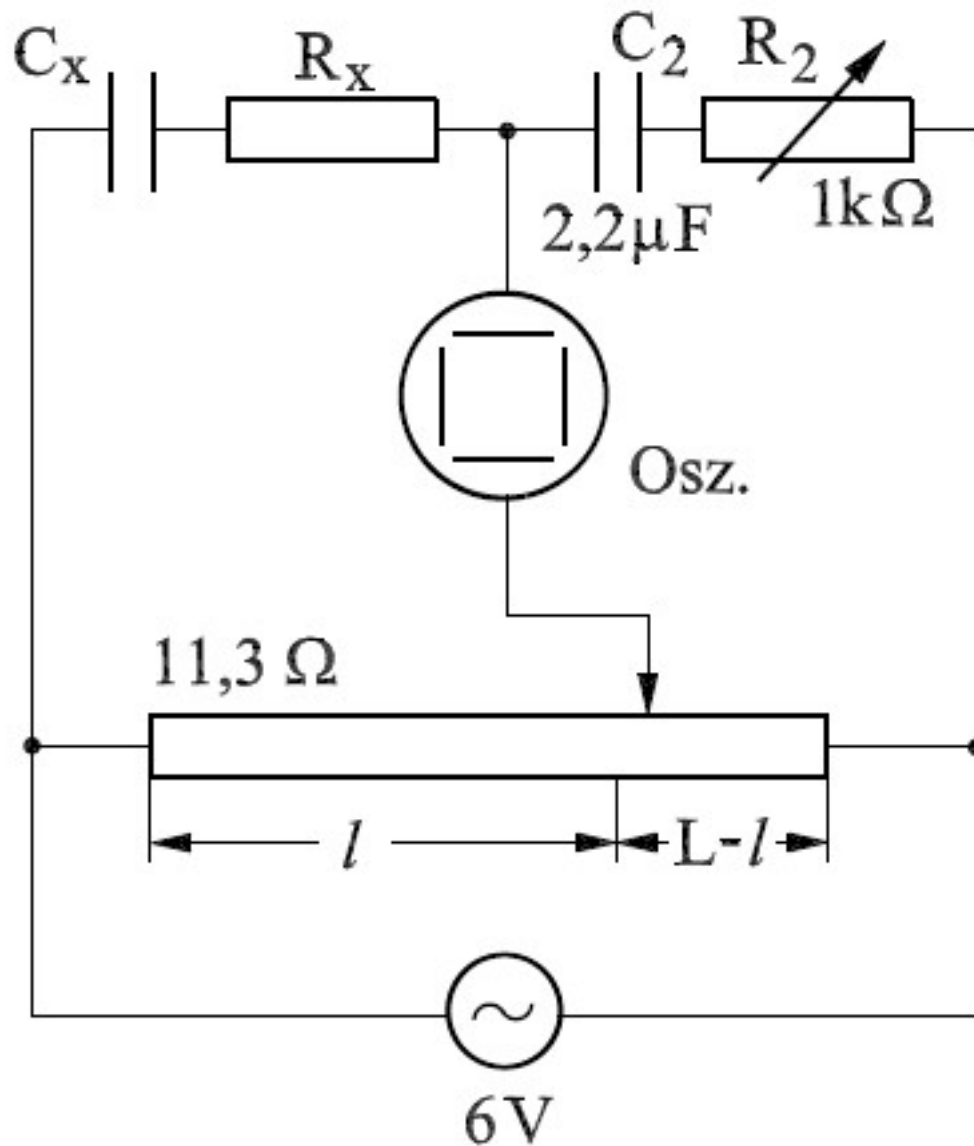


Abbildung 4: Wechselstrombrücke (C- und R-Bestimmung)

Wird eine Kapazität C_x mit einem ohmschen Widerstand R_x in Reihe geschaltet, so können dieses mittels Wechselstrombrücke Abb. 4 bestimmt werden:

$$R_x = \frac{l}{L-l} \cdot R_2 \quad \text{und} \quad C_x = \frac{L-l}{l} \cdot C_2 \quad (1.3)$$

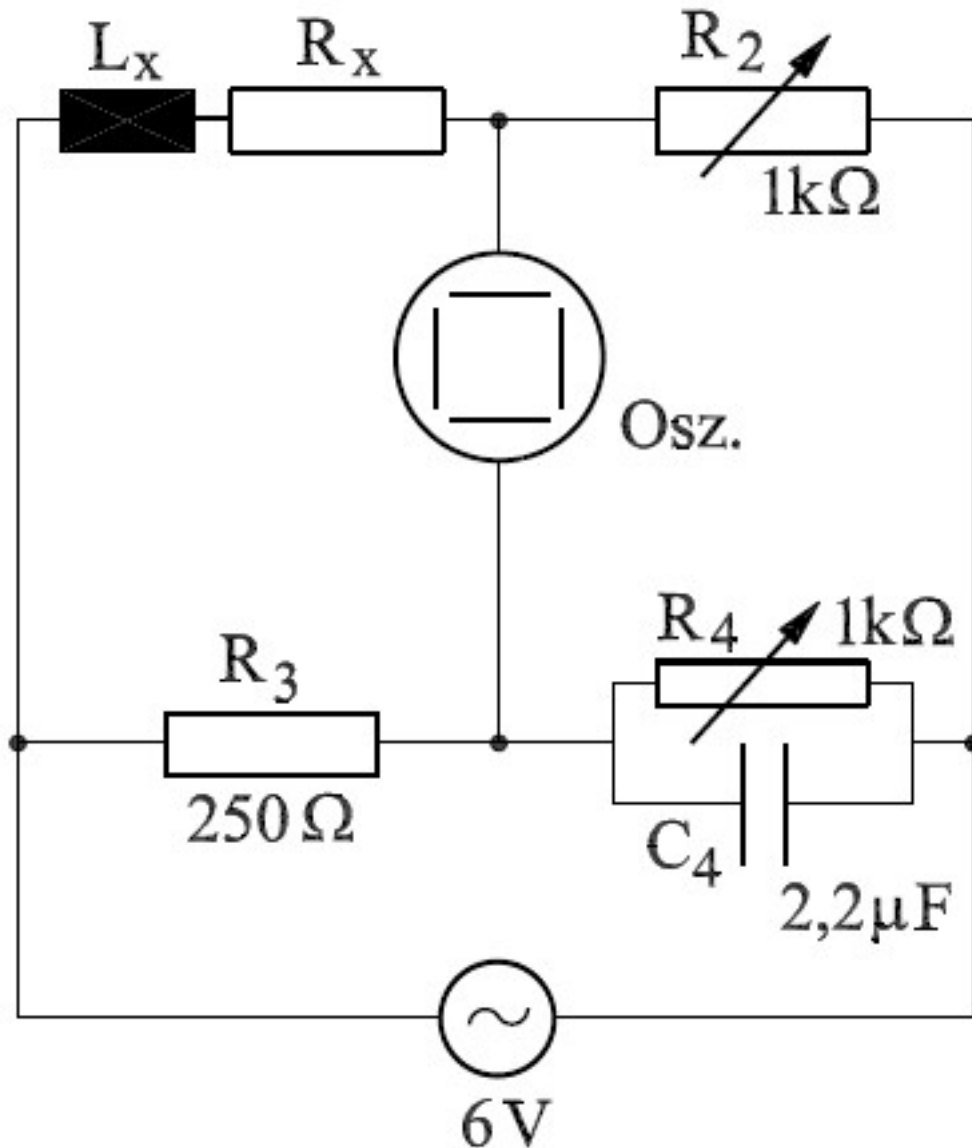


Abbildung 5: Maxwell-Brücke

Durch die Maxwellbrücke (Abb. 5) kann eine unbekannte Induktivität L_x in Serie mit einem ohmschen Widerstand R_x ermittelt werden:

$$R_x = \frac{R_3}{R_4} R_2 \quad \text{und} \quad L_x = R_2 R_3 C_4 \quad (1.4)$$

Die Abbildungen wurden aus¹ übernommen.

¹Markus Donath und Anke Schmidt. *Anleitung zu den Experimentellen Übungen zur Mechanik und*

1.2 Thermoelement

1.2.1 Seebeck-Effekt

Unter dem Seebeck-Effekt versteht man das Auftreten einer Spannung zwischen zwei Leiterenden, wenn längs des Leiters ein Temperaturgradient vorliegt. Die Spannung entsteht aus dem Bestreben der Elektronen von dem wärmeren Ende, mit mehr kinetischer Energie, zu dem kälteren Ende mit einer höheren Elektronendichte zu kommen. Diese auftretende Spannung nennt sich Thermospannung und ist proportional zur Temperaturdifferenz der Leiterenden. Es gilt

$$\Delta U \sim \Delta T \Rightarrow \Delta U = \alpha_A \Delta T. \quad (1.5)$$

Der Faktor α_A heißt Seebeckkoeffizient. Dieser Effekt ist jedoch so nicht messbar, deswegen wird der Seebeckkoeffizient, wie in Abbildung 6 dargestellt, bestimmt. Dies führt zu der Formel

$$\Delta U_{AB} = \alpha_A \cdot \Delta T - \alpha_B \cdot \Delta T = \alpha_{AB} \cdot \Delta T \quad (1.6)$$

mit $\alpha_{AB} = \alpha_A - \alpha_B$.

1.2.2 Peltier-Effekt

Der Peltier-Effekt beschreibt die Umkehrung des Seebeck-Effekts, durch einen Aufbau ähnlich Abbildung 6 wird nun ein konstanter Strom I geleitet. Dabei kühlt sich ein Ende ab, während sich das andere erhitzt. Zwischen der umgesetzten Peltierwärme \dot{Q} und dem Strom I gilt

$$\dot{Q} = \pi_{AB} \cdot I \text{ mit } \pi_{AB} = \alpha_{AB} \cdot T. \quad (1.7)$$

2 Versuche

2.1 Wheatstonesche Brücke

2.2 Thermoelement

Der Versuch wird wie in dem Schema 6 aufgebaut und das Referenzbecken wird auf $T_2 = 1,6^\circ\text{C}$ mit Hilfe von Eiswasser gehalten. Nun wird das Becken 1 mit Hilfe einer Heizplatte erst bis auf $T_1 = 100^\circ\text{C}$ erhitzt und anschließend wieder auf die Ausgangstemperatur herunter gekühlt. Um den Abkühlprozess zu beschleunigen wird langsam Eis in das Becken 1 gegeben. Während des Aufwärmens und Abkühlens wird bei regelmäßigen Temperaturabständen die Spannung am Voltmeter bestimmt.

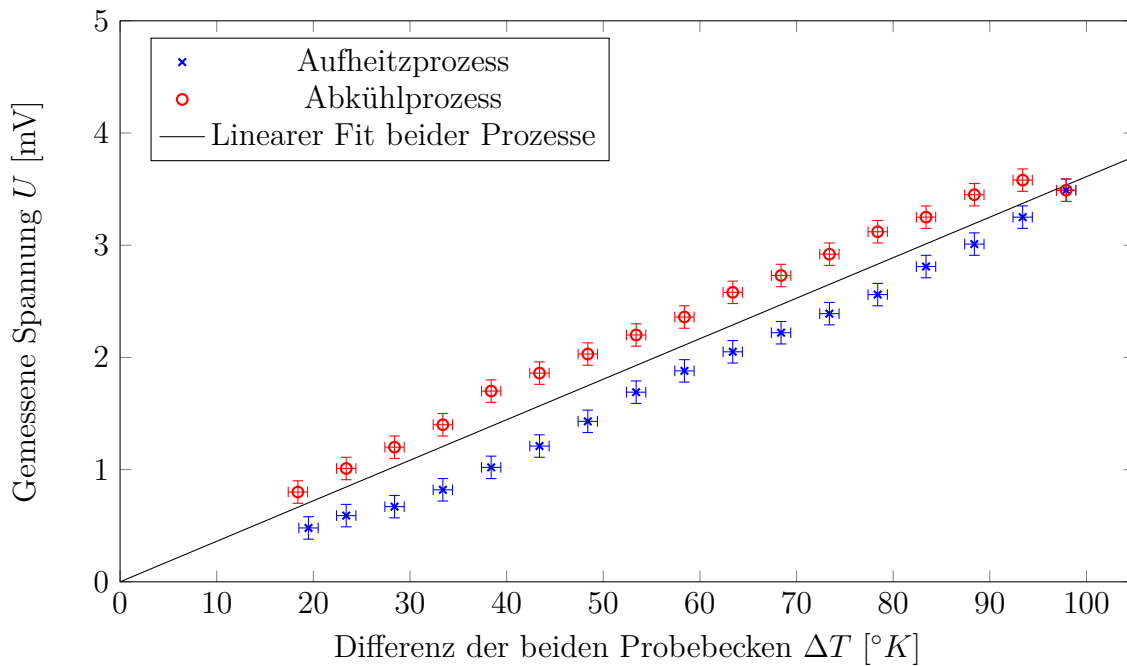


Abbildung 7: Gemessene Spannung gegen Differenz der Temperatur der Probebecken

Dem anscheinend linearen Verlaufs und der erwarteten Formel 1.6 nach wurden die Messwerte beider Prozesse zusammen gegen die Funktion $U = m \cdot \Delta T$ mit *gnuplot* nach dem *least-squares*-Verfahren gefittet.

Variabel m [mV/K]	Varianz der Residuals
0,0361	0,069

Tabelle 1: Linearer Fit zu Abbildung 7

Es wurden beide Prozesse zusammengefasst, um die Trägheit der Temperaturbestimmung auszugleichen.

Unsere Variabel m entspricht dem α_{AB} aus der Formel 1.6.

3 Auswertung

3.1 Wheatstonesche Brücke

3.2 Thermoelement

Bei dem Vergleich von dem bestimmten $m = 0,0361 mV/K$ mit den Literaturwerten aus der Abbildung 8 wird deutlich, dass es mehrere Paare geben kann, die so einen Seebeckkoeffizienten haben.

Material 1	Material 2	Resultierender Seebeckkoeffizienten [mV/K]
Konstantan	Platin	-0,035
Kalium	Antimon	0,038
Bismut	Konstantan	-0,037

Tabelle 2: Einige mögliche Kombinationen die ein $\alpha_{AB} \approx m$ ergeben

Das Vorzeichen des Seebeckkoeffizienten ist dabei nicht entscheidend, weil keine bestimmte Messrichtung vorgegeben war und bei Umpolung des Messgeräts der gleiche Wert mal -1 heraus kommt.

So lässt sich sagen, dass die Messung zwar gelungen ist, es sind realistische Werte herausgekommen, jedoch reicht dies nicht aus um das Material genau zu bestimmen.

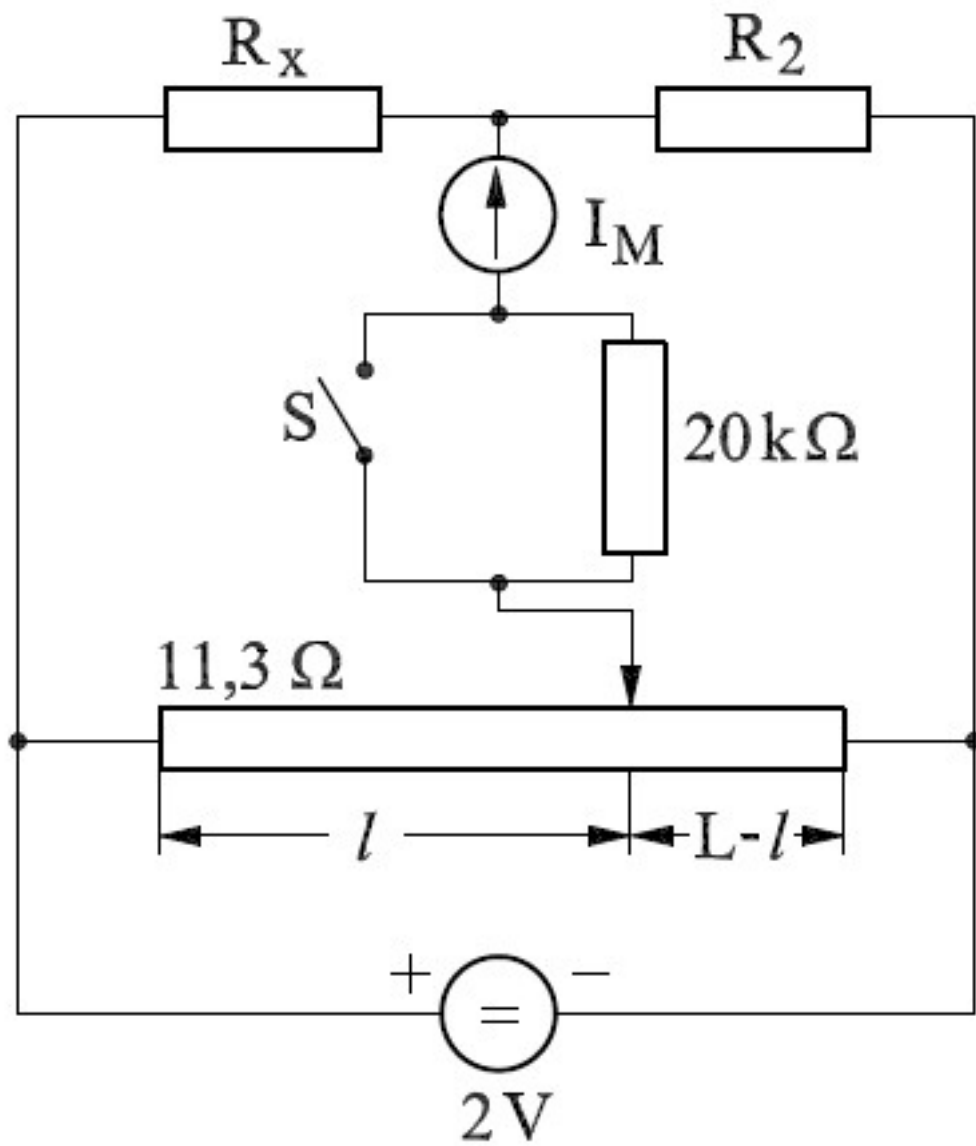


Abbildung 2: Gleichstrombrücke

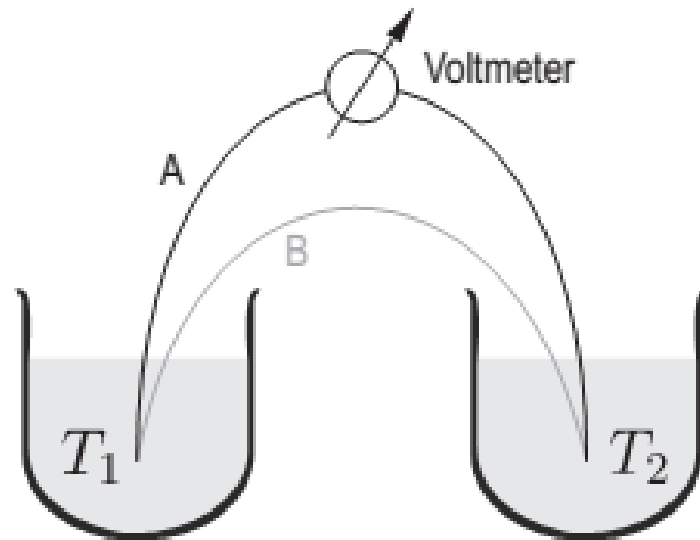


Abbildung 6: Schematische Darstellung des Thermoelementsaufbau²

Material	Seebeck Coeff. *	Material	Seebeck Coeff. *	Material	Seebeck Coeff. *
Bismuth	-72	Aluminum	3.5	Tungsten	7.5
Constantan	-35	Lead	4.0	Iron	19
Nickel	-15	Tantalum	4.5	Nichrome	25
Potassium	-9.0	Rhodium	6.0	Antimony	47
Sodium	-2.0	Copper	6.5	Germanium	300
Platinum	0	Gold	6.5	Silicon	440
Mercury	0.60	Silver	6.5	Tellurium	500
Carbon	3.0	Cadmium	7.5	Selenium	900

*: Units are $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$; all data provided at a temperature of 0°C (32°F)

Abbildung 8: Literaturwerte des Seebeckkoeffizienten³

Literatur

- Donath, Markus und Anke Schmidt. *Anleitung zu den Experimentellen Übungen zur Mechanik und Elektrizitätslehre*. Auflage Wintersemester 2014/2015. Westfälische Wilhelms-Universität Münster. Physikalisches Institut, Oktober 2014.
- Efunda. *Thermoelectric Effect*. URL: http://www.efunda.com/designstandards/sensors/thermocouples/thmcple_theory.cfm?Orderby=Seebeck0C#Sensitivity.