

LAB ZUM SEEBECK-KOEFFIZIENTEN

WAS ICH EIGENTLICH SCHON WISSEN SOLLTE:

- ➡ Der Zusammenhang zwischen der Temperaturdifferenz ΔT der beiden Verbindungsstellen und der zu erwartenden Spannung U lässt sich näherungsweise durch eine direkt proportionale Funktion der Form $U = k \cdot \Delta T$ beschreiben.
- ➡ Der Faktor k im funktionalen Zusammenhang gibt die Steigung der Trendlinie an und hatte in den bisherigen Messungen die Einheit $\text{mV}/^\circ\text{C}$.

WAS MICH HEUTE ERWARTET:

- ➡ Du baust Thermoelemente mit unterschiedlichen Materialkombinationen.
- ➡ Du bestimmst den Faktor k der verschiedenen Thermoelemente für $\Delta T = 100^\circ\text{C}$.
- ➡ Du reihst die verschiedenen Thermoelemente im Hinblick auf ihre Effizienz.

I) DER BAU DER THERMOELEMENTE

MATERIALIEN:

- ➡ Versuchbeschreibung „Lab zum Seebeck-Effekt“
- ➡ 2 Stück Bananenstecker
- ➡ Drähte aus Eisen, Kupfer, Nichrome, Nickel, Konstantan, Silber, Aluminium und Aludel

BAU DER THERMOELEMENTE:

- 1) Der Bau der Thermoelemente ist im Punkt I der Versuchsbeschreibung „Lab zum Seebeck-Effekt“ im Detail beschrieben. Lies dir diesen Abschnitt noch einmal genau durch!
- 2) Verwende anstelle des Kupferdrahtes in diesem Experiment einen Draht aus Nichrome. Nichrome (NiCr) ist eine Legierung aus 80 % Nickel (Ni) und 20 % Chrom (Cr). Verbinde je ein Ende der 40 cm langen Nichrome-Drahtstücke mit einem Bananenstecker.
- 3) Schneide von allen restlichen Drähten je ein Stück mit etwa 30 - 40 cm Länge ab.
- 4) Für den folgenden Versuch verwendest du immer die Nichrome-Drahtstücke mit den Bananensteckern und verdrehst die offenen Enden jeweils mit den unterschiedlichen restlichen Drähten aus Punkt 3.

2) DER VERSUCHSAUFBAU UND DURCHFÜHRUNG

MATERIALIEN:

- ↪ Thermoelemente (Vorseite)
- ↪ Versuchsbeschreibung „Lab zum Seebeck-Effekt“
- ↪ Thermometer mit zwei Temperaturfühlern
- ↪ Eiswürfel
- ↪ Multimeter
- ↪ Heizplatte
- ↪ 2 Bechergläser

DER VERSUCHSAUFBAU:

- 1) Positioniere die Bechergläser, die Heizplatte und das Thermometer mit den Temperaturfühlern so, wie es im Punkt 2 der Versuchsbeschreibung „Lab zum Seebeck-Effekt“ beschrieben wird.
- 2) Fülle beide Bechergläser bis ca. zur Hälfte mit Wasser. Erhitze das Wasser im Becherglas auf der Heizplatte auf 100 °C. Kühle das Wasser im anderen Becherglas mithilfe der Eiswürfel auf 0 °C ab. Achte den ganzen Versuch über, dass die Temperaturdifferenz stets auf $\Delta T = 100$ °C bleibt.

DIE VERSUCHSDURCHFÜHRUNG:

- 1) Betrachte die untenstehende Tabelle. Die Tabelle zeigt dir die verschiedenen Materialkombinationen, für die du in diesem Versuch die jeweilige Spannung bei einer Temperaturdifferenz von 100 °C misst.
- 2) Positioniere die verschiedenen Thermoelemente so in den Bechergläsern, wie es im Punkt 2 der Versuchsbeschreibung „Lab zum Seebeck-Effekt“ beschrieben wird und stelle den Schalter des Multimeters wieder auf den Millivolt-Messbereich (mV) ein.
- 3) Notiere in der Tabelle die gemessenen Spannungen der einzelnen Materialkombinationen. Achte darauf, dass du bei jedem Thermoelement solange wartest, bis sich der angezeigte Spannungswert auf der Multimeter nicht mehr wesentlich verändert.
- 4) Berechne den Faktor k jedes Thermoelements und trage ihn in der untenstehenden Tabelle ein.

DIE MESSDATEN:

Thermoelement bestehend aus den Materialien .		Temperaturdifferenz ΔT in °C	Spannung U in mV	$k = U / \Delta T$ in mV/°C
Nichrome	Alumel	100		
Nichrome	Aluminium	100		
Nichrome	Eisen	100		
Nichrome	Kupfer	100		
Nichrome	Konstantan	100		
Nichrome	Nickel	100		
Nichrome	Silber	100		

3) GRUNDLEGENDE AUSWERTUNG DER MESSDATEN

Die in der Tabelle angeführten Thermoelemente generieren mithilfe des Seebeck-Effekts bei einer Temperaturdifferenz von $\Delta T = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ eine elektrische Spannung U .

Alle von dir getesteten Thermoelemente bestanden aus Nichrome und einem weiteren Material.

Reihe die Materialien Alumel, Aluminium, Eisen, Kupfer, Konstantan, Nickel und Silber so, dass jenes Thermoelement, welches die größte Spannung bei $\Delta T = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ lieferte, als erstes angeführt wird.

Wie ist der Zusammenhang zwischen dem Faktor k und der Fähigkeit der Thermoelemente Wärmeenergie direkt in elektrische Energie umzuwandeln? Formuliere dazu einen Vergleichssatz mit einer „je ..., desto ...“-Aussage!

4) HINTERGRUND ZUM SEEBECK-KOEFFIZIENTEN

Du hast festgestellt, dass verschiedene Materialkombinationen, trotz gleicher Temperaturdifferenz, unterschiedliche Spannungswerte generieren.

Um einschätzen zu können, welche Kombination von Materialien zum Bau eines Thermoelements geeignet sind, gibt es Tabellen, in denen der sogenannte **MATERIALSPEZIFISCHE SEEBECK-KOEFFIZIENT** angeführt wird.

Der materialspezifische Seebeck-Koeffizient kann sowohl positive als auch negative Werte annehmen, kann nur experimentell bestimmt werden und wird immer relativ zu Platin angegeben. Der materialspezifische Seebeck-Koeffizient hat wieder die Dimension einer Spannung pro Temperaturdifferenz, meist $\mu\text{V/K}$.

In der nebenstehenden Tabelle sind einige Materialien anhand ihres Seebeck-Koeffizienten von klein nach groß geordnet.

Materialien	Seebeck-Koeffizient in $\mu\text{V/K}$ bei 273 K
Bismuth	- 72
Konstantan	- 35
Alumel	- 17,3
Nickel	- 15
Nisil	- 11
Platin	0
Kohlenstoff	3
Aluminium	3,5
Rhodium	6
Kupfer	6,5
Gold	6,5
Silber	6,5
Eisen	19
Chromel	21,7
Nichrome	25
Nicrosil	29,3

5) DETAILIERTERE BETRACHTUNG

Wenn du die Tabelle der materialspezifischen Seebeck-Koeffizienten noch einmal betrachtest, fällt dir vielleicht auf, dass Nichrome grau hinterlegt ist. Der Grund dafür liegt darin, dass die von dir untersuchten Thermoelemente alle aus Nichrome und einem weiteren Material bestehen.

Vergleiche deine vorgenommene Reihung der Thermoelemente aus Punkt 3 mit der Tabelle der materialspezifischen Seebeck-Koeffizienten aus Punkt 4. Stelle eine Vermutung auf, wie sich die beiden materialspezifischen Seebeck-Koeffizienten der verwendeten Materialien zueinander verhalten müssen, um ein möglichst effektives Thermoelement zu bilden, also eine möglichst große Spannung bei $\Delta T = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ zu generieren. Formuliere dazu einen Vergleichssatz mit einer „je ..., desto ...“-Aussage!

6) DER DIFFERENTIELLE SEEBECK-KOEFFIZIENT

In Punkt 2 hast du für alle getesteten Thermoelemente den Faktor k berechnet. Somit könntest du für jedes Thermoelement einen funktionalen Zusammenhang der Form $U = k \cdot \Delta T$ aufstellen und daraus näherungsweise vorhersagen, wie groß die Spannung bei einer bestimmten Temperaturdifferenz ist.

$$U = k \cdot \Delta T$$

**differenzieller
Seebeck-Koeffizient**

Bisher haben wir den **DIFFERENZIELLEN SEEBECK-KOEFFIZIENTEN** als Faktor k bezeichnet.

Der differenzielle Seebeck-Koeffizient zweier Materialien wird aus der Differenz der beiden materialspezifischen Seebeck-Koeffizienten bestimmt und ist immer positiv.

= Differenz der beiden materialspezifischen Seebeck-Koeffizienten

Ein Beispiel

Ein Thermoelement aus Gold (materialspezifischer Seebeck-Koeffizient = $6,5 \text{ } \mu\text{V/K}$) und Bismuth (materialspezifischer Seebeck-Koeffizient = $-72 \text{ } \mu\text{V/K}$) hat einen differenziellen Seebeck-Koeffizienten von $78,5 \text{ } \mu\text{V/K}$ ($= 6,5 \text{ } \mu\text{V/K} - (-72 \text{ } \mu\text{V/K})$).

Der funktionale Zusammenhang für dieses Thermoelement lautet somit $U = 78,5 \cdot \Delta T$. Bei einer Temperaturdifferenz von $\Delta T = 100 \text{ K} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ würde dieses Thermoelement eine Spannung von $U = 78,5 \cdot 100 = 7850 \text{ } \mu\text{V/}^\circ\text{C} = 7,85 \text{ mV/}^\circ\text{C}$ generieren.

Aufgrund von Messungenauigkeiten der verwendeten Messinstrumente stimmen deine in Punkt 2 berechneten differenziellen Seebeck-Koeffizienten der Thermoelemente nicht exakt mit denen überein, welche sich aus der Berechnung mithilfe der beiden materialspezifischen Seebeck-Koeffizienten ergeben.

Vergleiche dennoch für zwei Thermoelemente deine berechneten differenziellen Seebeck-Koeffizienten aus Punkt 2 mit den theoretischen Werten aus der Tabelle (siehe Beispiel).

Thermoelement bestehend aus den Materialien ..		Seebeck-Koeffizient in mV/°C	
		berechneter Wert	theoretischer Wert
Nichrome			
Nichrome			