


**ZIEL**

**Aufnahme der Kennlinien verschiedener Thermoelemente und Bestimmung der Empfindlichkeit**

**AUFGABEN**

- Messung der Thermospannung  $U_{th}$  in Abhängigkeit von der Temperatur  $T_1$  und Bestätigung des linearen Zusammenhanges für drei verschiedene Thermolemente.
- Bestimmung der Empfindlichkeiten  $S$  aus den  $U_{th}(T_1)$ -Diagrammen.
- Abschätzung der Referenztemperatur  $T_2$  aus den Messkurven.

**ZUSAMMENFASSUNG**

In einem Metalldraht, dessen Enden sich auf unterschiedlichen Temperaturen befinden, findet auf Grund der unterschiedlich schnellen thermischen Bewegung der Elektronen am warmen und am kalten Ende eine Thermodiffusion statt. Durch den Diffusionsstrom lädt sich das kalte Ende negativ gegenüber dem warmen Ende auf. Zwischen den beiden Enden entsteht eine Thermodiffusionsspannung, die proportional zur Temperaturdifferenz zwischen den Drahtenden ist, mit dem Seebeck-Koeffizient als Proportionalitätskonstante. Werden zwei unterschiedliche Metalldrähte zusammengefügt, deren Berührungsstellen sich auf unterschiedlichen Temperaturen befinden, entsteht ein Thermolement, wenn ein Voltmeter dazwischen geschaltet wird. Das Voltmeter zeigt dann die Thermospannung an, die direkt proportional zur Temperaturdifferenz zwischen den Berührungsstellen ist. Dies wird im Experiment für drei verschiedene Materialpaarungen überprüft.

**BENÖTIGTE GERÄTE**

Anzahl	Geräte	Art.-Nr.
1	Satz 3 Thermopaare	1017904
1	Thermometer -20–110°C	1003384
1	Thermometerclip	1003528
1	Satz 10 Bechergläser, hohe Form	1002873
1	Magnetrührer und Heizung (230 V, 50/60 Hz)	1002807 oder
	Magnetrührer und Heizung (115 V, 50/60 Hz)	1002806
1	Mikrovoltmeter (230 V, 50/60 Hz)	1001016 oder
	Mikrovoltmeter (115 V, 50/60 Hz)	1001015

**2**
**ALLGEMEINE GRUNDLAGEN**

In einem Metalldraht, dessen Enden sich auf unterschiedlichen Temperaturen befinden, findet eine Thermodiffusion statt. Da die thermische Bewegung der Elektronen am warmen Ende schneller ist als am kalten Ende, bewegen sich im Mittel mehr Elektronen vom warmen zum kalten Ende als umgekehrt. Durch diesen Diffusionsstrom lädt sich das kalte Ende im vorliegenden Fall der Elektronenleitung negativ gegenüber dem warmen Ende auf, und zwischen den beiden Enden entsteht eine Thermodiffusionsspannung. Diese wirkt der Bewegung der Elektronen zunehmend entgegen, bis kein Diffusionsstrom mehr fließt.

Die Thermodiffusionsspannung  $U_{td}$  ist proportional zur Temperaturdifferenz  $T_1 - T_2$  zwischen den Drahtenden, mit dem materialabhängigen Seebeck-Koeffizienten  $k$  als Proportionalitätskonstante:

$$(1) \quad U_{td} = k \cdot (T_1 - T_2)$$

$U_{td}$ : Thermodiffusionsspannung,  
 $k$ : Seebeck-Koeffizient,  
 $T_1$ : Temperatur am warmen Ende  
 $T_2$ : Temperatur am kalten Ende

Werden zwei unterschiedliche Metalldrähte zusammengefügt, und befinden sich deren Berührungsstellen auf unterschiedlichen Temperaturen, entsteht ein thermoelektrischer Kreisstrom. Das Metall mit der größeren Thermodiffusionsspannung gibt die Stromrichtung vor. Diese Anordnung wird zu einem Thermolement, wenn ein Voltmeter dazwischen geschaltet wird. Auf Grund des hochohmigen Eingangs fließt praktisch kein Strom mehr, und das Voltmeter zeigt eine Thermospannung an, die direkt proportional zur Temperaturdifferenz zwischen den Berührungsstellen ist:

$$(2) \quad U_{th} = U_{td,B} - U_{td,A} = (k_B - k_A) \cdot (T_1 - T_2)$$

$U_{th}$ : Thermospannung,  
 $U_{td,A}, U_{td,B}$ : Thermodiffusionsspannungen der Metalle A und B  
 $k_A, k_B$ : Seebeck-Koeffizienten der Metalle A und B

Nur die in Gleichung (2) auftretende Differenz

$$(3) \quad k_{BA} = k_B - k_A$$

der Seebeck-Koeffizienten kann problemlos gemessen werden. Sie entspricht der Empfindlichkeit

$$(4) \quad S = \frac{dU_{th}}{dT_1}$$

des Thermolementes aus den Metallen A und B. Es ist daher üblich, Pt als Referenzmaterial zu wählen und die Koeffizienten  $K_{APt}$  anzugeben. Im Experiment werden die Empfindlichkeiten  $S$  für drei verschiedene Paarungen bestimmt. Dazu wird Wasser in einem Becherglas auf eine Temperatur  $T_1$  erhitzt und ein Ende des Thermolementes eingetaucht. Das andere Ende des Thermolementes wird zur Spannungsmessung an ein Mikrovoltmeter angeschlossen, dessen Eingangsbuchsen die konstante Temperatur  $T_2$  haben.

**AUSWERTUNG**

Die Thermospannung wird für die verschiedenen Thermolemente gegen die Temperatur in einem  $U_{th}(T_1)$ -Diagramm aufgetragen, an die linearen Verläufe jeweils Geraden angepasst und aus deren Steigungen die Empfindlichkeiten der Thermolemente bestimmt.

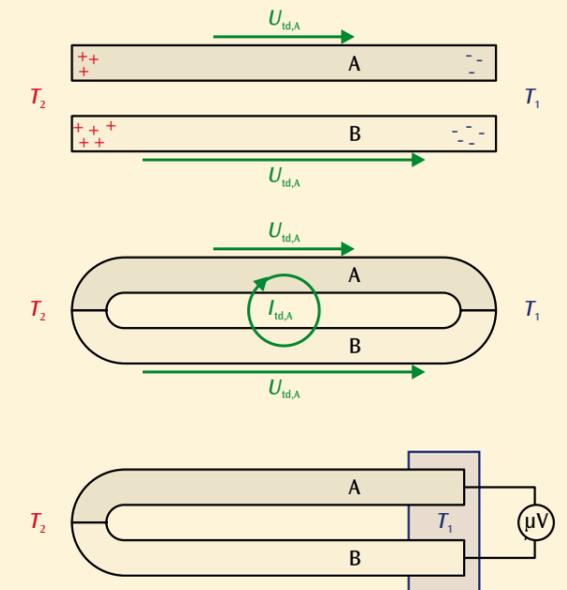


Abb. 1: Thermodiffusion in Metalldrähten (oben), thermoelektrischer Kreisstrom (Mitte) und Thermospannungen in einer Schleife aus zwei unterschiedlichen Metalldrähten (unten)

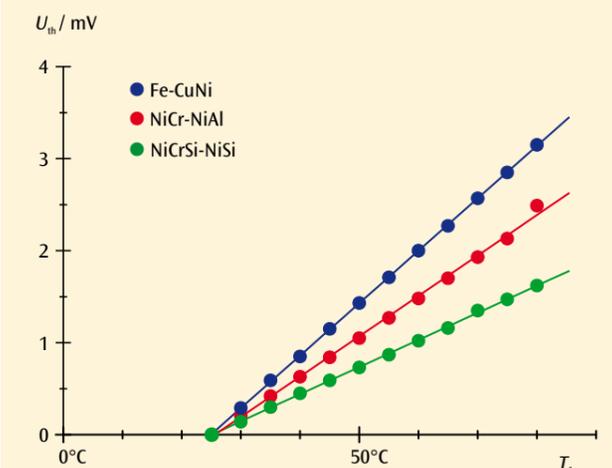


Abb. 2: Thermospannungen in Abhängigkeit von der Temperatur für Thermolemente vom Typ Fe-CuNi, NiCr-NiAl und NiCrSi-NiSi. Die Messkurven schneiden die  $T_1$ -Achse des Diagramms bei der Referenztemperatur  $T_2 = 23^\circ\text{C}$