

# HANDBUCH ZUR STATION

STATION:

KÜHLUNG FÜR UNTERWEGS – DAS PELTIER-ELEMENT

---

## INHALTSVERZEICHNIS

**Hinweise zu Gefährdungen**

**ab Seite 3**

**Genauere Versuchsdurchführungen**

**ab Seite 4**

**Hintergrundwissen**

**ab Seite 7**

## Hinweise zu Gefährdungen

### ⚠ Umgang mit dem Peltier-Element:

*Unter Strom!*

- Angewiesenen Maximalstrom nicht überschreiten!
- Vorsicht bei freiliegenden Drähten! Spannungsquelle immer abschalten, bevor Stecker gelöst werden.

*Vorsicht heiß!*

- Element kann sich im Betrieb stark erhitzen.

### ⚠ Umgang mit der Wasserpumpe:

*Unter Strom!*

- Wasser darf sich nie in direkter Nähe zu elektrischen Bauteilen, insbesondere Netzgeräten, befinden.
- Pumpen mit maximal 12V Gleichspannung betreiben.



## Wie funktioniert eine Kühlbox?

### Aufbau:

1. Schließt das Peltier-Element in Reihe mit dem Amperemeter an die Spannungsquelle an. Achtet darauf die Kabelfarben sinnvoll zu wählen!
2. Beim Amperemeter müssen die Eingänge „10A max“ und „COM“ verwendet werden!

### Durchführung:

1. Kontrolliert, ob ...
  - a) ... das Messgerät auf der Einstellung „10 A“ steht,
  - b) ... alle Regler am Netzgerät auf Null gedreht sind (gegen den Uhrzeigersinn bis zum Anschlag drehen)
2. Schaltet das Netzgerät ein und dreht den Regler für die Spannung auf maximal.
3. Dreht den Regler für den Maximalstrom vorsichtig hoch. Achtet dabei immer auf den Wert, den das Amperemeter anzeigt (die Anzeige des Netzgerätes ist unzuverlässig). Stoppt bei 1A!

**Tipp:** Nehmt das Peltier-Element zwischen Daumen und Zeigefinger, so spürt man den Effekt am besten!

4. Dreht zum Schluss Strom- und Spannungsregler wieder auf Null herunter!

## Wie funktioniert das Peltier-Element?

### Aufbau:

1. Das Foto zeigt euch einen fertigen Versuchsaufbau.
2. Achtet darauf, dass der Regler am Schiebewiderstand auf Maximal eingestellt ist.
3. Beim Amperemeter müssen die Eingänge „mA,  $\mu$ A, ...“ und „COM“ verwendet werden.

**Tipp:** Wenn das Messgerät einen negativen Strom anzeigt, müsst ihr die Anschlüsse tauschen.

### Durchführung:

1. Dreht den Spannungsregler auf maximal, während der Stromregler auf Null stehen bleibt.
2. Dreht langsam den Stromregler hoch, so dass sich der zu untersuchende Wert aus der Tabelle eingestellt.
3. Wartet nach Einstellen des Stroms jeweils ca. eine Minute, damit sich eine konstante Temperatur einstellt und messt diese dann am Reißzwecken-Kopf.
4. Dreht den Stromregler wieder auf Null und schaltet das Netzgerät aus. Ändert jetzt die Polung, so dass der Strom in die andere Richtung durch die Thermoelemente fließt. Wiederholt die Messreihe, beginnend mit dem kleinsten Strom.

## Wirkungsgrad eines Peltier-Elements

### Aufbau:

1. Baut das Peltier-Element in den Kühlkörper ein. Dazu müsst ihr...
  - a) ... die vier großen Schrauben abwechselnd lösen, bis sich der Aufsatz mit den Schläuchen anheben lässt,
  - b) ... das Peltier-Element so wie im Foto zwischen Kupferblock und Aufsatz schieben. Achtet darauf, dass die kalte Seite am Kupferblock anliegt!
2. Befestigt den Kühlkörper mit dem Stativ so, dass die Pumpe gut im Becherglas liegt und der Ablauf des Kühlkörpers über dem Zulauf liegt.
3. Schaltet das Peltier-Element in Reihe zu dem Ampere-Meter und dem Schiebe-Widerstand.
4. Lasst den Aufbau von einem Assistenten kontrollieren.

### Durchführung:

1. Schaltet die Spannungsversorgung der Pumpe ein (max. 12V).
2. Misst die Temperatur des Kupferblocks und schaltet dann das Netzgerät ein.
3. Betreibt das Peltier-Element mit 2A und stoppt die Zeit, bis der Kupferblock auf 10°C abgekühlt ist.
4. Baut zum Schluss das Peltier-Element wieder aus (für die nächste Gruppe).

# HINTERGRUNDWISSEN

**STATION:**

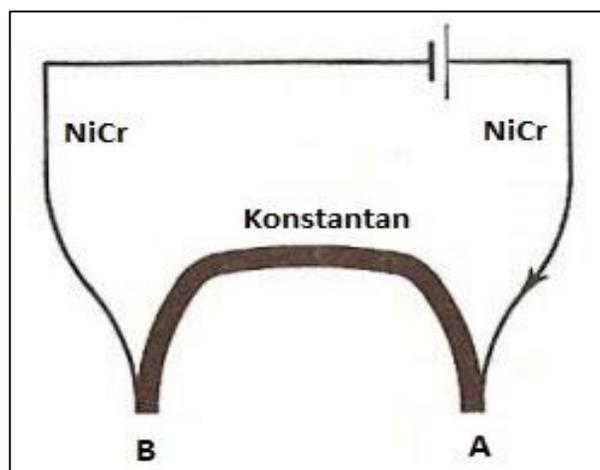
**KÜHLUNG FÜR UNTERWEGS – DAS PELTIER-ELEMENT**

## Wie funktioniert ein Peltier-Element?

### Erklärung des Modellversuchs

Um den Modellversuch zu erklären, kann man nebenstehende Skizze benutzen: Man verbindet drei Drähte aus zwei unterschiedlichen Metallen (hier NiCr, Konstantan und wieder NiCr) und legt daran eine Spannung an.

Dabei erhält man zwei unterschiedliche Kontaktstellen A&B: Jede Kontaktstelle wird aufgrund der Schaltung in einer anderen Weise von Strom durchflossen:



Bei Kontaktstelle A liegt im Beispiel NiCr am positiven Pol und Konstantan am negativen Pol. Bei Kontaktstelle B ist das jeweils genau umgekehrt. Das heißt, der Strom fließt einmal von NiCr zu Konstantan und ein anderes Mal von Konstantan zu NiCr. Durch den Peltier-Effekt kommt es an einer der beiden Kontaktstellen zur Abkühlung und an der anderen Stelle zur Erwärmung. Eine umfassende Erklärung, warum das so passiert, ist leider sehr kompliziert und bedient sich der Quantenmechanik. Anschaulich gesprochen kann man Folgendes sagen:

Die Ladungsträger (hier Elektronen) müssen an der kälteren Kontaktstelle einen Energieberg erklimmen. Um dies zu schaffen, entziehen sie ihrer Umgebung Energie in Form von Wärme und wandeln diese dann in potenzielle Energie um. So können sie auf den Berg „klettern“ und weiter fließen. Das ist ähnlich wie die Umwandlung von kinetischer in potenzielle Energie, bei einem Ball, der einen Berg hochrollt und dabei langsamer wird.

Erreichen sie nun an die andere Kontaktstelle, so „fallen“ sie den Berg wieder herunter und geben die dabei frei werdende Energie wiederum in Form von Wärme an ihre Umgebung ab. Also wird es an dieser Kontaktstelle wärmer. In der Analogie mit dem Ball heißt das, er wird schneller, wenn er herunterrollt.

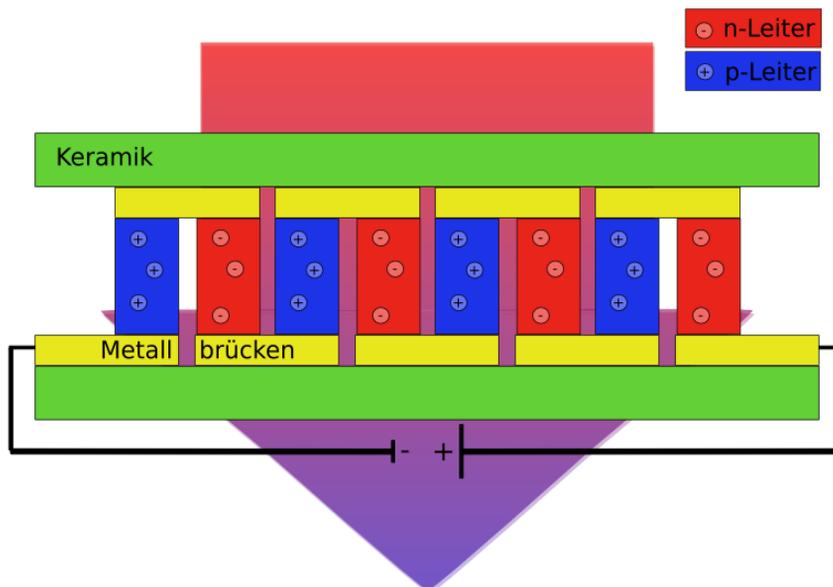
Da bei einem Stromfluss immer Wärme entsteht, ist es wesentlich leichter die Erwärmung zu messen, als die Abkühlung.

## Wie funktioniert ein Peltier-Element?

### Aufbau des Peltier-Elements

Wie man im Modellversuch sehen kann, unterscheidet sich die Stärke des Effektes je nachdem, welche Metalle man miteinander verbindet. Dies liegt an ihrem unterschiedlichen atomaren Aufbau.

Besonders stark ist der Effekt bei sogenannten Halbleitern wie zum Beispiel Silizium, Germanium oder Selen. Leider sind diese Metalle sehr anfällig gegenüber äußeren Einflüssen und standen deswegen nicht für den Modellversuch zur Verfügung. Allerdings werden sie in industriell gefertigten Peltier-Elementen verbaut. Dadurch kommt es zu einer wesentlich größeren Temperaturdifferenz zwischen den beiden Seiten.



Das obige Schema zeigt den Aufbau eines solchen Peltier-Elements. Der p- bzw. der n-Leiter sind im Modellversuch die unterschiedlichen Metalldrähte und die Keramik dient sowohl der Fixierung, als auch der elektrischen Isolierung.

Im letzten Teil der Station untersucht ihr, wie effizient so ein Peltier-Element ist.

## Der Wirkungsgrad

### Bedeutung des Wirkungsgrades

Der Wirkungsgrad ist eine physikalisch/technische Größe, die eine Aussage darüber ermöglicht, wie effizient ein Vorgang abläuft. Häufig dient der Wirkungsgrad dazu, zu entscheiden, welche Maschine effizienter arbeitet. Der Wirkungsgrad ist eine einheitenlose Größe, die als Dezimalzahl ohne Einheit oder als Prozentsatz angegeben werden kann.

Eine etwas abgewandelte Variante des physikalischen Wirkungsgrades, die euch auch im Alltag begegnet, ist die Energieeffizienzklasse bei Autos, Waschmaschinen, Kühlschränken und anderen Haushaltsgeräten.

### Berechnung des Wirkungsgrades

Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis von zugeführter und gewonnener Leistung. Bei einem Peltier-Element bietet es sich an, die gewonnene Kühlleistung durch die zugeführte elektrische Leistung zu teilen. Dafür kann man die folgenden Formeln verwenden:

Elektrische Leistung:

$$P_{el} = U * I$$

Kühlleistung:

$$P_{kühl} = m * c * \frac{T_A - T_E}{t}$$

Symbolerläuterung:

m = Masse des zu kühlenden Körpers (hier 450g Kupfer)

c = spezifische Wärmekapazität von Kupfer ( $0,382 \frac{J}{g * K}$ )

$T_A$  &  $T_E$  = Anfangs- und Endtemperatur

t = Dauer der Kühlphase