

Hans M. Strauch

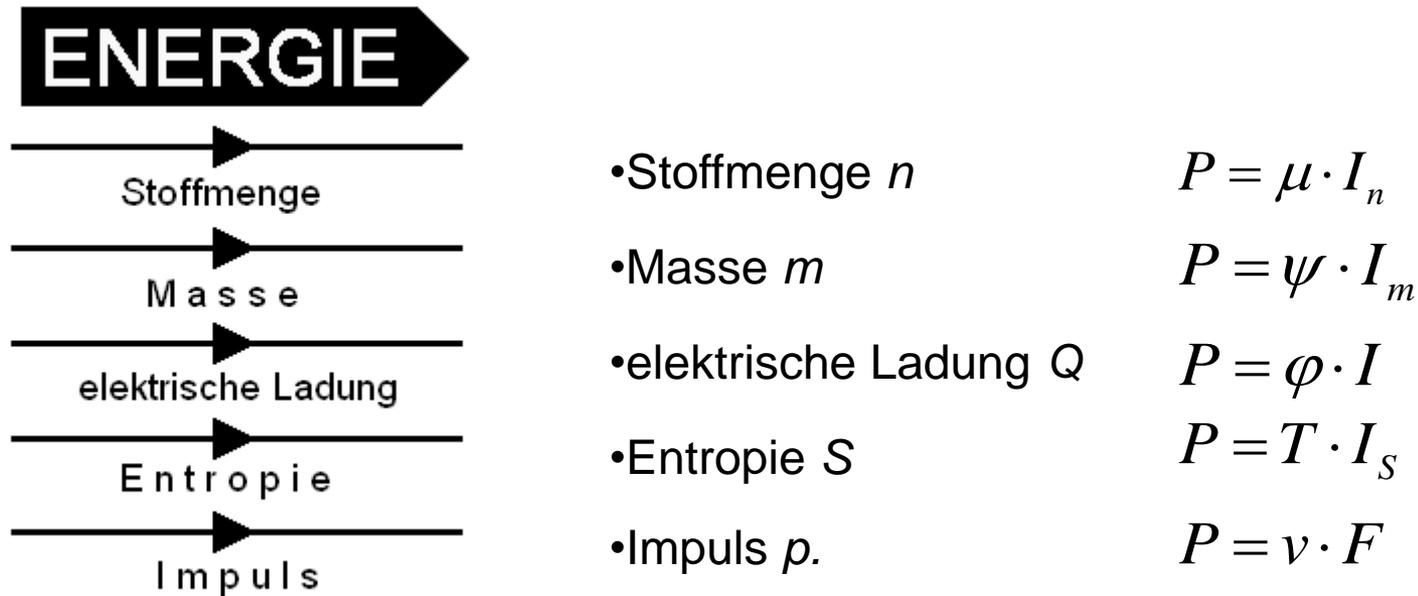
Thermoelement und Peltierelement

Thermoelement und Peltierelement

- **Ein Stoff – mehrere Energieträger**
- **Elektrische Energiequellen**
- **Schwache Kopplung zwischen zwei Strömen**
Thermoelement
- **Halbleiter Thermoelement, Peltierelement**
- **Ein Element zwei Funktionen**

Ein Stoff – mehrere Energieträger

Im Allgemeinen gibt es *mehrere* Energieträger bei einem Energietransport:



$$P = \mu \cdot I_n + \psi \cdot I_m + \varphi \cdot I + T \cdot I_S + v \cdot F + \dots$$

Ein Stoff – mehrere Energieträger

$$P = \mu \cdot I_n + \psi \cdot I_m + \varphi \cdot I + T \cdot I_S + v \cdot F + \dots$$

Die Gleichung vereinfacht sich, wenn

- fast alle Stromstärken gleich null sind:

Beispiel:

Wärmeleitung in Metallstab

Es fließt Entropie und $T \neq 0 \text{ K}$,

$$T \cdot I_S \neq 0$$

Es fließt keine Masse, kein Impuls

und keine elektrische Ladung,

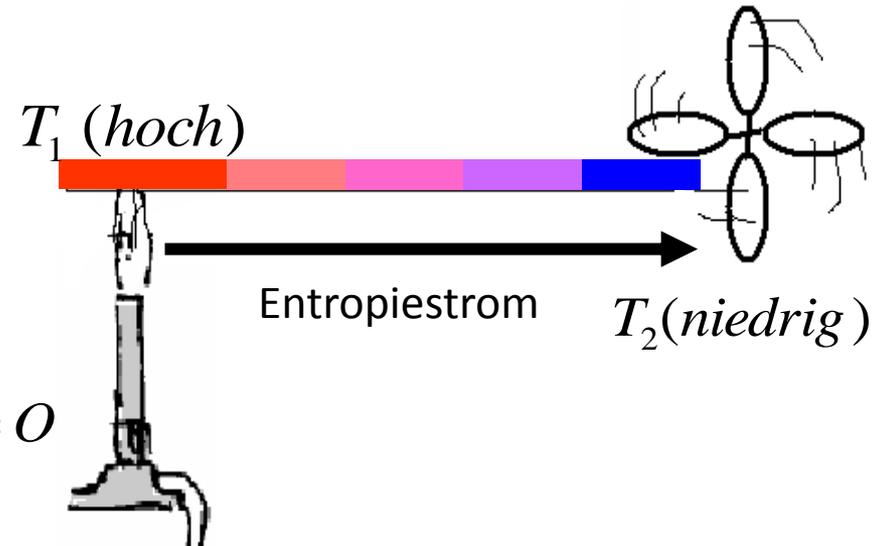
$\Psi \cdot I_m, v \cdot F$ und $\varphi \cdot I$ verschwinden:

$$P = \mu \cdot I_n + T \cdot I_S$$

- die Antriebsgröße null ist:

Es fließen zwar Teilchen *Phononen*, aber ihr chem. Potenzial μ ist null:

$$P = T \cdot I_S$$



Ein Stoff – mehrere Energieträger

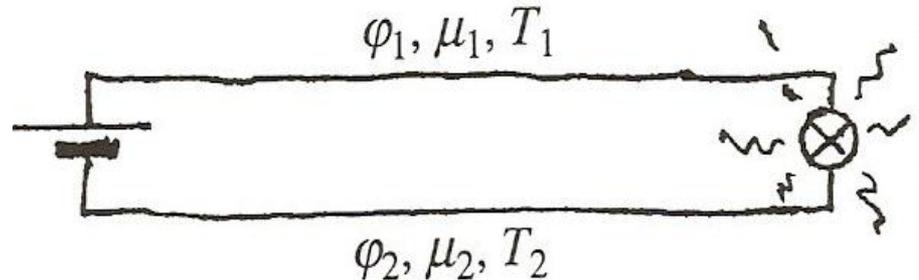
$$P = \mu \cdot I_n + \psi \cdot I_m + \varphi \cdot I + T \cdot I_S + v \cdot F + \dots$$

Die Gleichung vereinfacht sich auch, wenn

- geschlossene Kreise vorliegen, bei denen eine Antriebsgröße in Hin- und Rückleitung gleich ist:

Beispiel:

Energieversorgung el. Gerät



Vernachlässigbarer Massenstrom und Impulsstrom, da die Masse der Elektronen sehr klein ist.

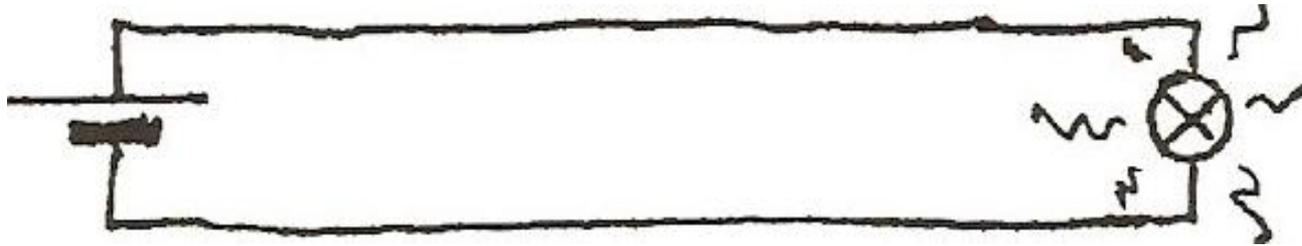
Hinleitung: $P_1 = \varphi_1 \cdot I + \mu_1 \cdot I_n + T_1 \cdot I_S$ Rückleitung: $P_2 = \varphi_2 \cdot I + \mu_2 \cdot I_n + T_2 \cdot I_S$

Netto-Energiestrom: $P = P_1 - P_2 = (\varphi_1 - \varphi_2) \cdot I + (\mu_1 - \mu_2) \cdot I_n + (T_1 - T_2) \cdot I_S$

Wegen $T_1 = T_2$ und $\mu_1 = \mu_2$ ist

$$P = (\varphi_1 - \varphi_2) \cdot I$$

Elektrische Energiequelle



- Nur **außerhalb der el. Energiequelle** fließt el. Ladung von Stellen **höheren** zu Stellen **niedrigeren** Potentials (wird von der Potentialdifferenz angetrieben).
- Im **Inneren der elektrischen Energiequelle** muss die el. Ladung aber von Stellen **niedrigeren** zu Stellen **höheren** Potentials (den „Potentialberg“ hoch) fließen.

Dies ist möglich, da Ladungsträger mit **weiteren** Größen verknüpft sind. Damit gibt es auch **andere** Antriebe, die an den Ladungsträgern angreifen und ihn **gegen die el. Potentialdifferenz** bewegen..

Schwache Kopplung zwischen zwei Strömen

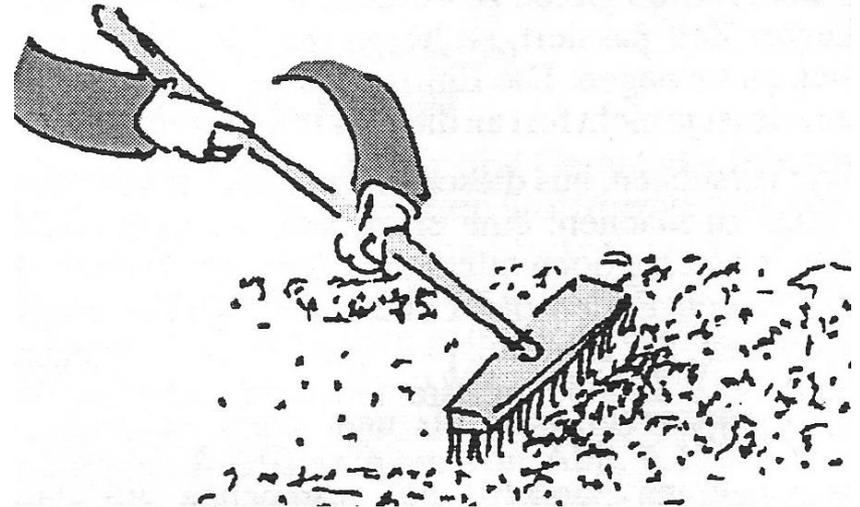
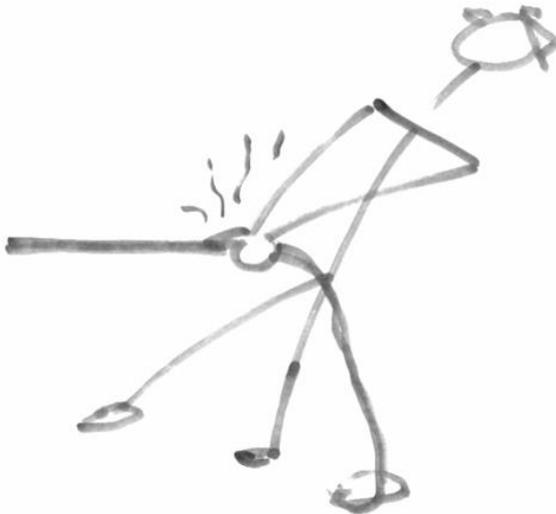
Während Stoffmenge n , Masse m und elektrische Ladung Q fest aneinander-hängen, kann Entropie S über die anderen Größen „hinwegrutschen“. Sie ist nur schwach an die anderen Größen gekoppelt.

Modelle zur Beschreibung

„Besenstrom“ und „Schmutzstrom“ sind lose aneinander gekoppelt.

Besen \Leftrightarrow Entropie

Schmutz \Leftrightarrow elektrische Ladung

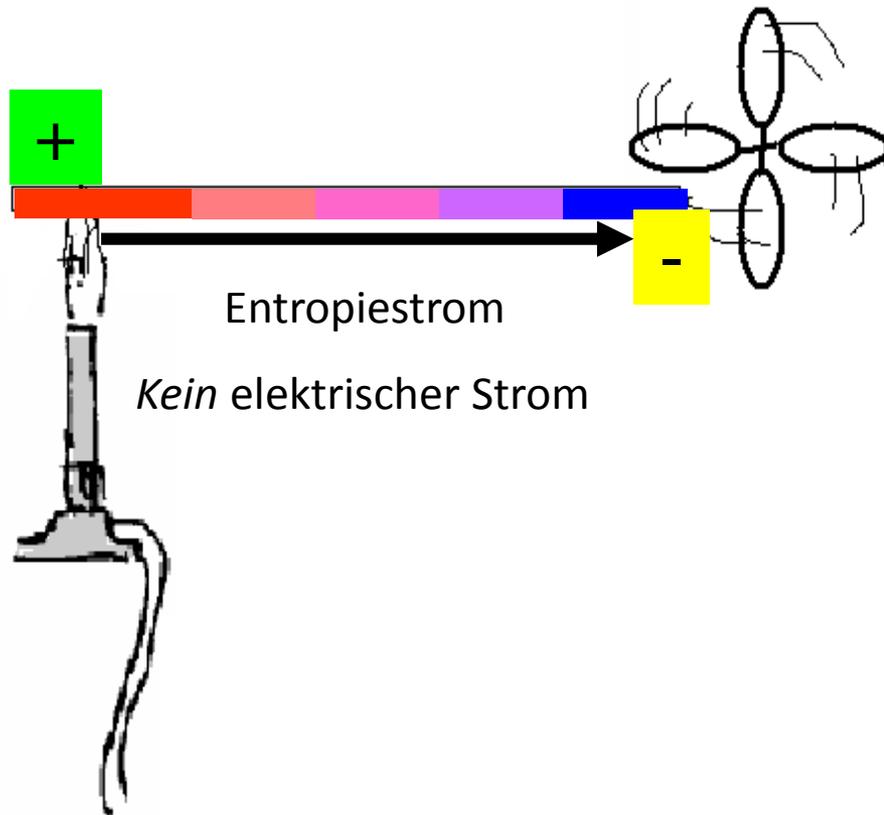


Die Hände rutschen am Seil entlang und nehmen es dabei etwas mit.

Hände \Leftrightarrow Entropie

Seil \Leftrightarrow el. Ladungsträger

Kopplung zwischen elektrischem Strom und Entropiestrom: *Thermoelektrischer Effekt*

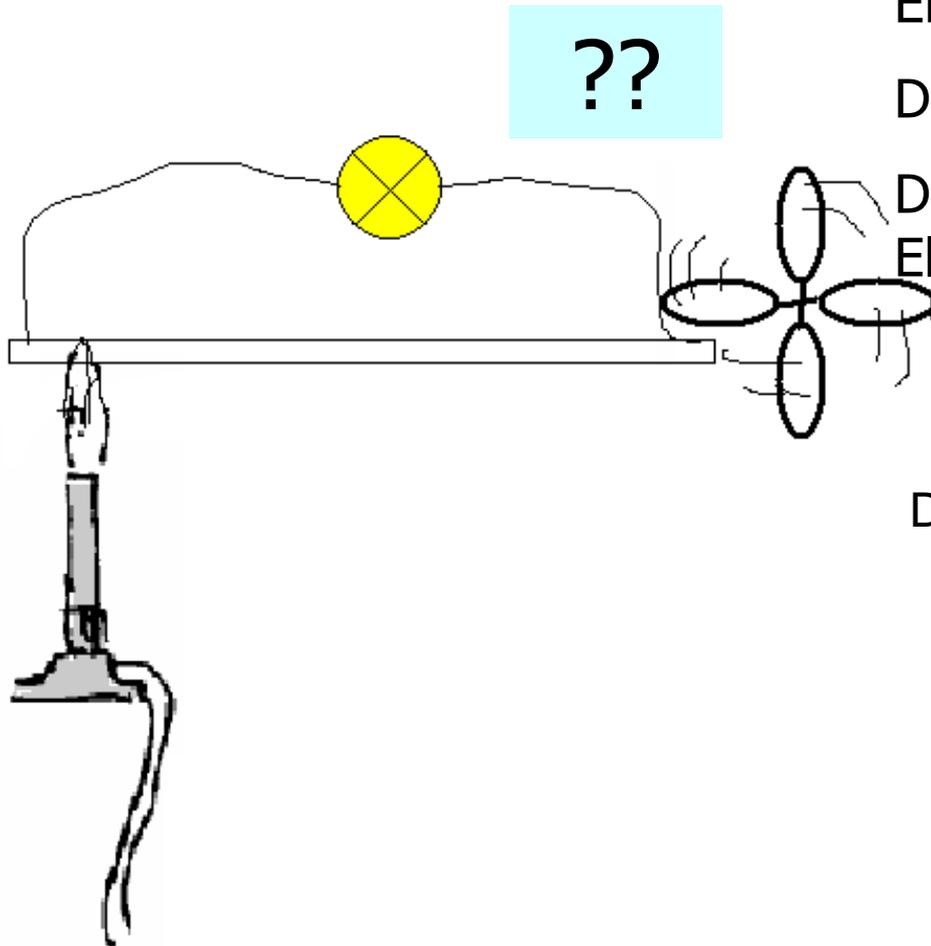


Der Entropiestrom ist (schwach) auch an die Elektronen gekoppelt. Er versucht die **Elektronen samt ihrer Ladung**, Masse, Stoffmenge etc. mitzunehmen.

Es entsteht ein el. Feld (el. **Potenzialgefälle**) entlang dem Leiter und dieser Gegenantrieb **stoppt** den Ladungsträgertransport.

Elektrische Energiequelle ?

Erster Versuch



Ein Draht zurück behebt den Stau.

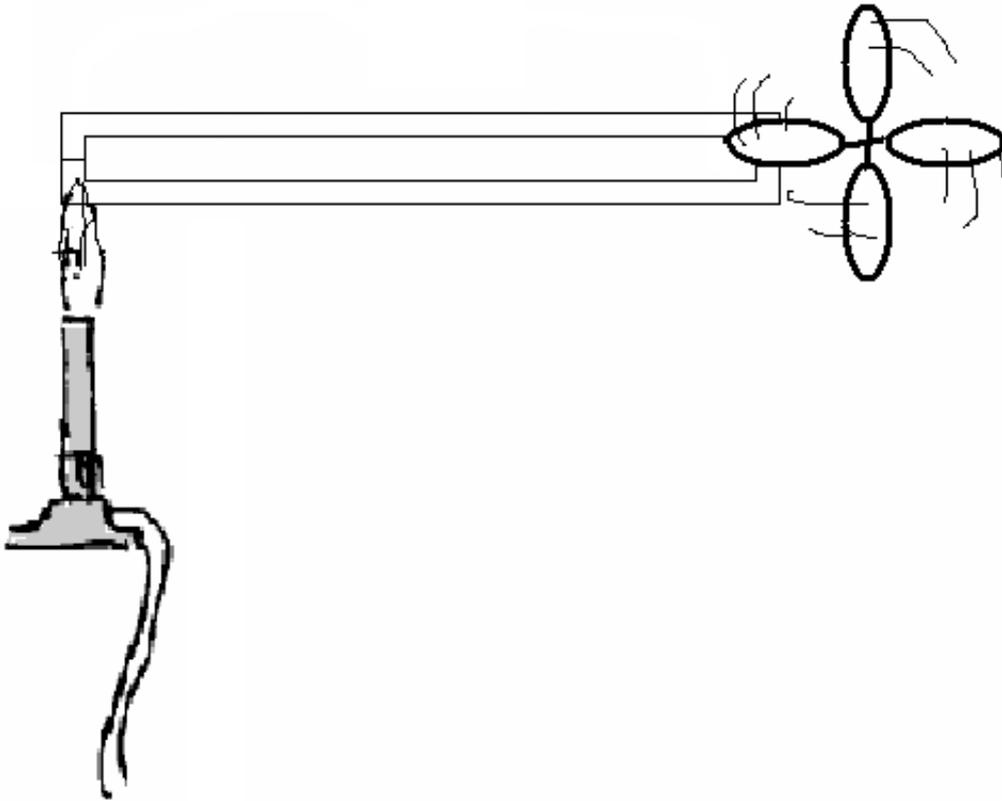
Die Lampe müsste leuchten.

Die Entropie kann gekoppelt an
Elektronen weiter fließen

Die Lampe leuchtet *nicht* !

Elektrische Energiequelle ?

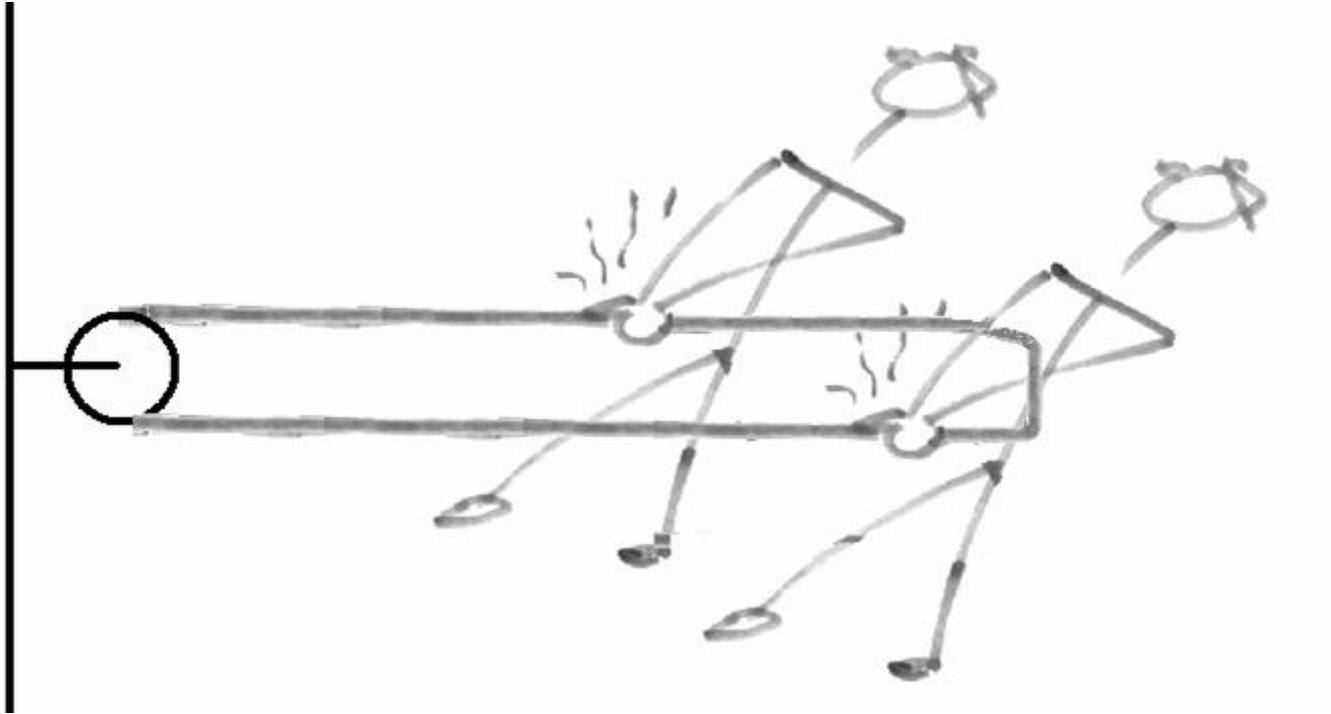
Erster Versuch



Sowohl im unteren als auch im oberen Wärmeleiter werden Elektronen nach rechts getrieben.

Es gibt keinen Antrieb, der die Elektronen im Kreis herumdrückt.

Erklärung im Modell

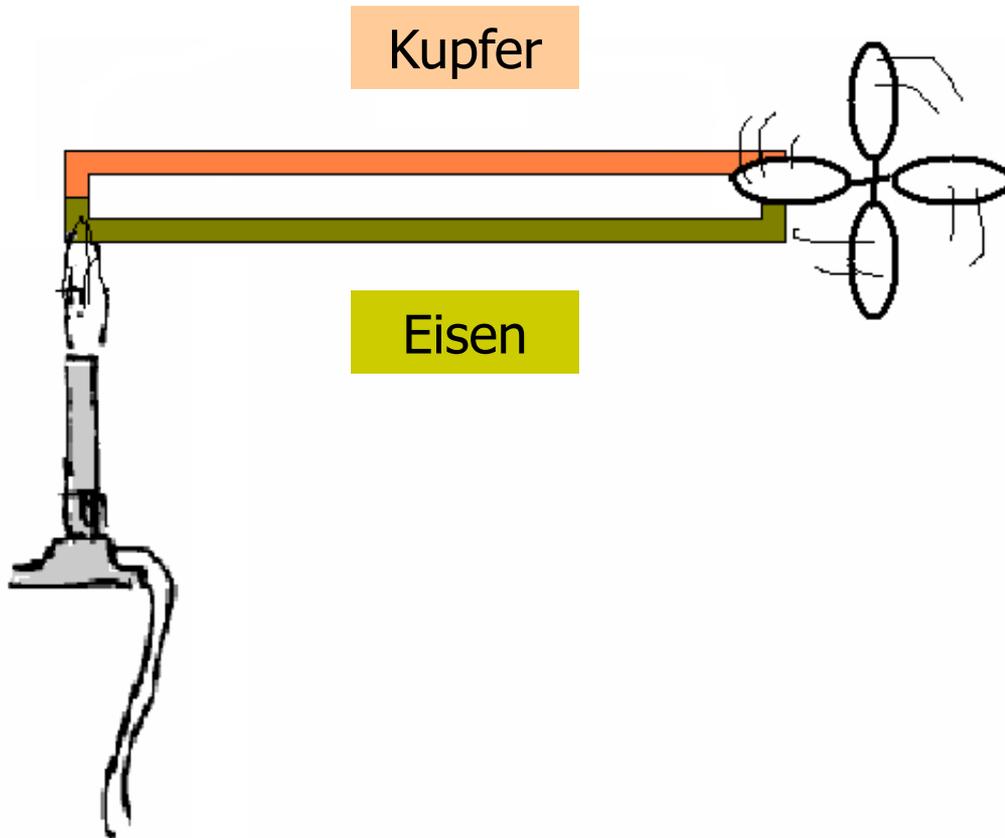


Beide ziehen *gleich* stark am Seil, deshalb bewegt sich das Seil *nicht*.

Es gibt *keinen* Nettostrom.

Elektrische Energiequelle ?

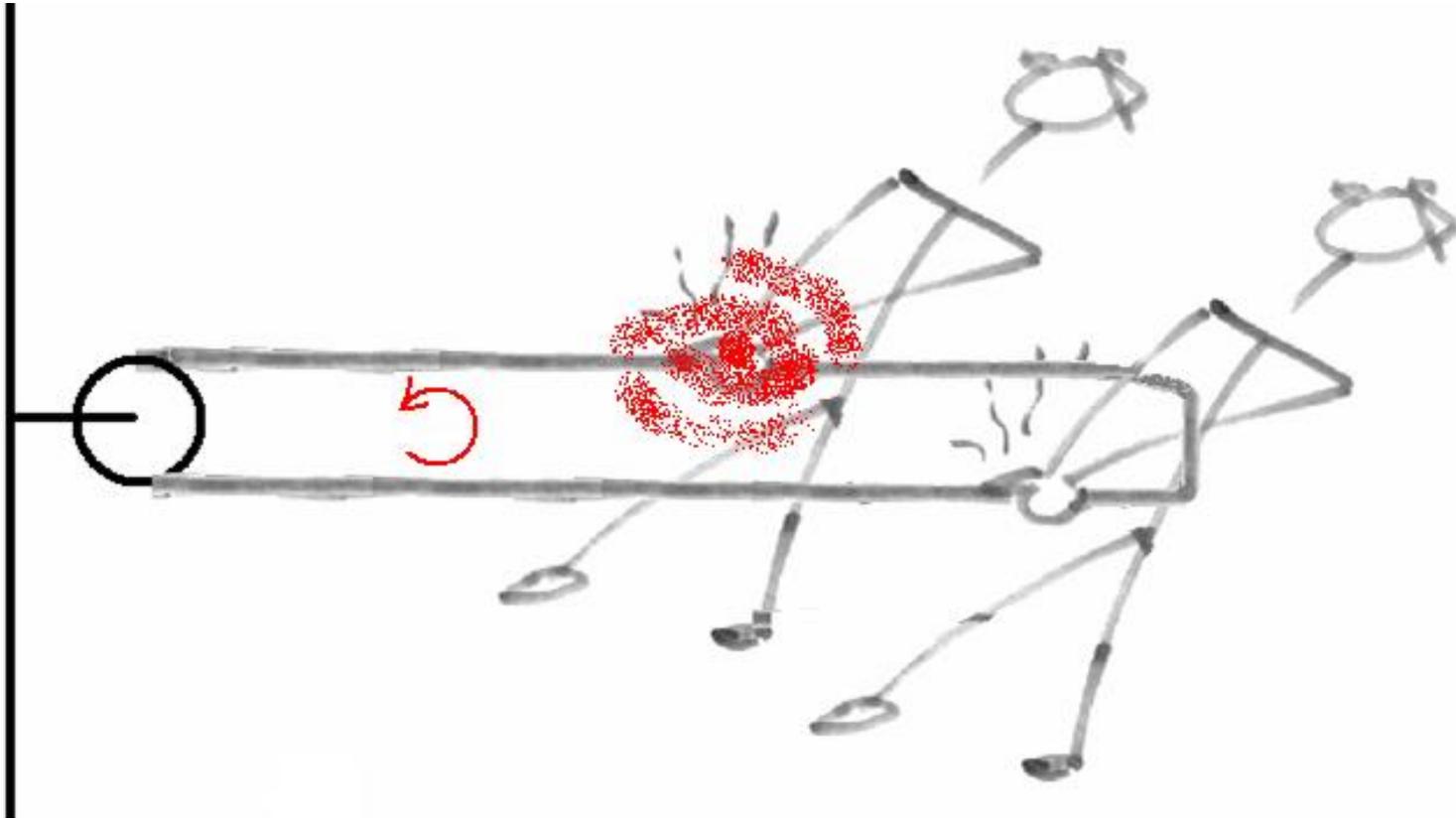
Zweiter Versuch



Verwende **zwei Materialien**, die sich darin unterscheiden, dass die **Kopplung** der **Entropie** an die **Elektronen unterschiedlich** stark ist.

In **Eisen** zieht die Entropie **fast 10 mal** so stark an den Elektronen als in **Kupfer**

Erklärung im Modell



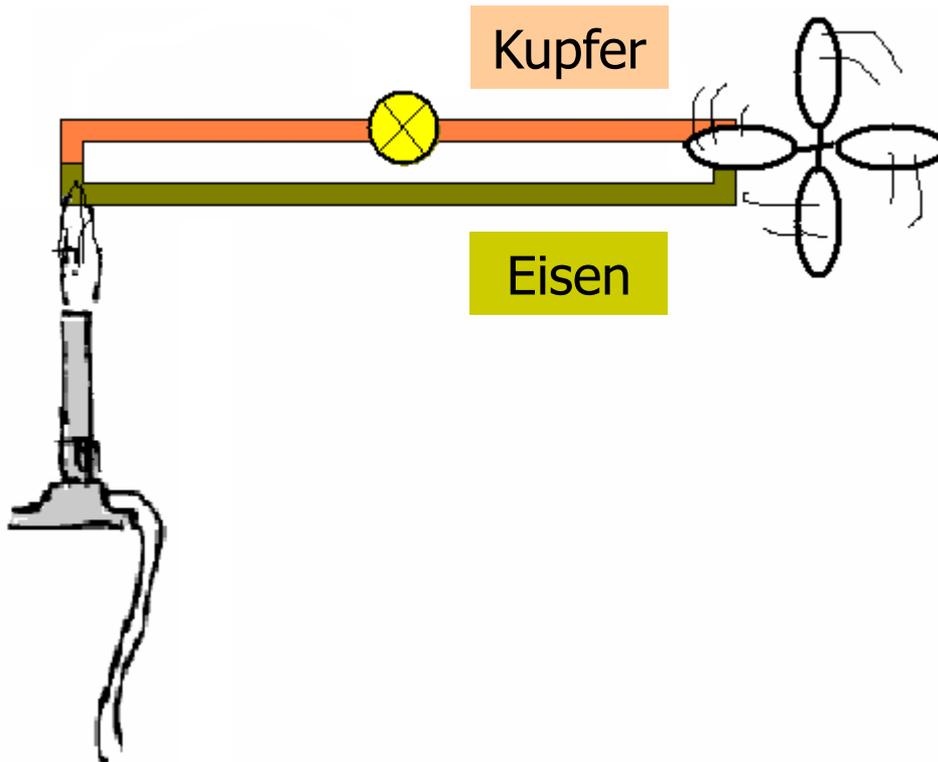
Beide ziehen *verschieden* stark am Seil, deshalb *bewegt* sich das Seil.

Es gibt *einen* Nettostrom.

Elektrische Energiequelle !

Zweiter Versuch

Die Lampe leuchtet !



Die Elektronen werden im Gegen-
uhrzeigersinn mitgenommen.

Der Mitnahmeeffekt zwischen Entropie
und elektrischer Ladung heißt
thermoelektrischer Effekt, die
Vorrichtung heißt **Thermoelement**.

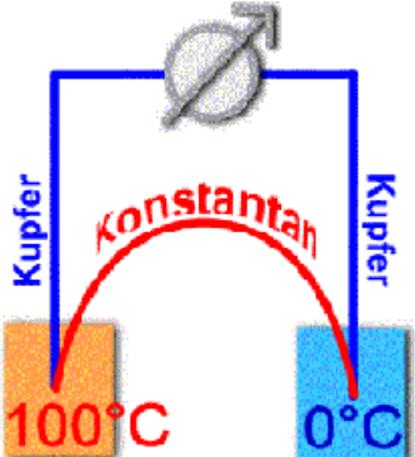
Das Thermoelement ist ein
Energieumlader.

Thermoelemente sind sehr leicht
herzustellen und sind robust

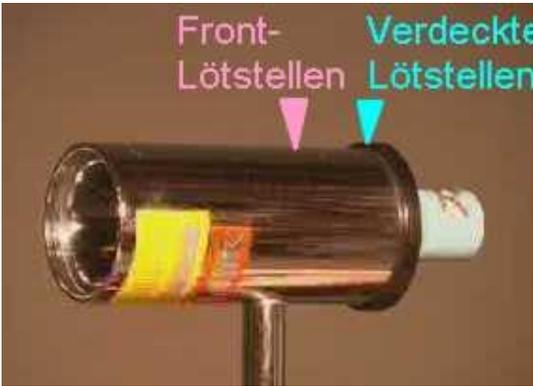
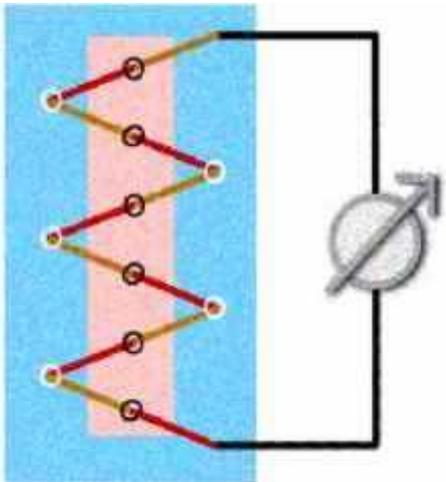
Thermoelemente haben im
Vergleich zu anderen Umladern
einen schlechten Wirkungsgrad (ca.
10%).

Thermoelement

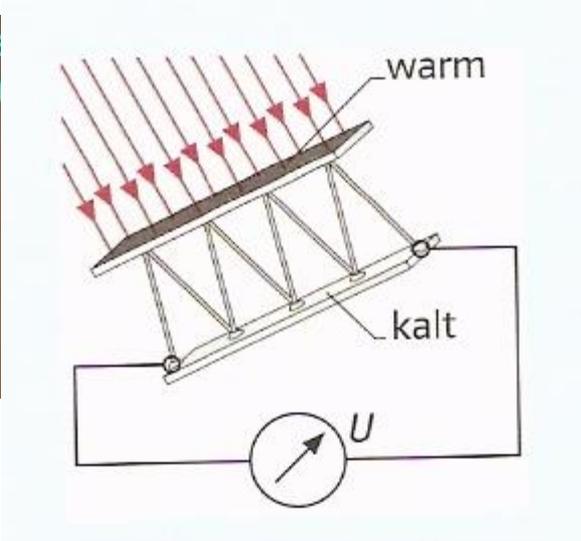
Thermo-
element



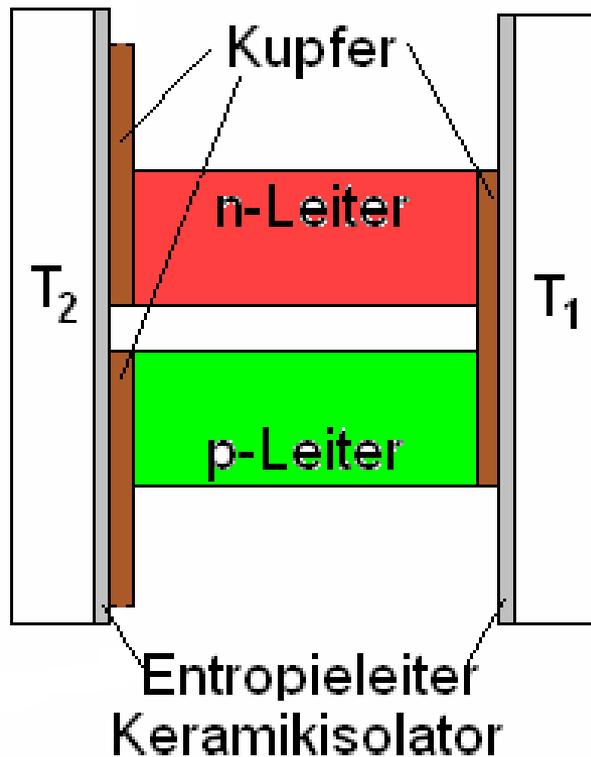
Thermo-
meter



Thermo-
säule



Halbleiter-Thermoelement.

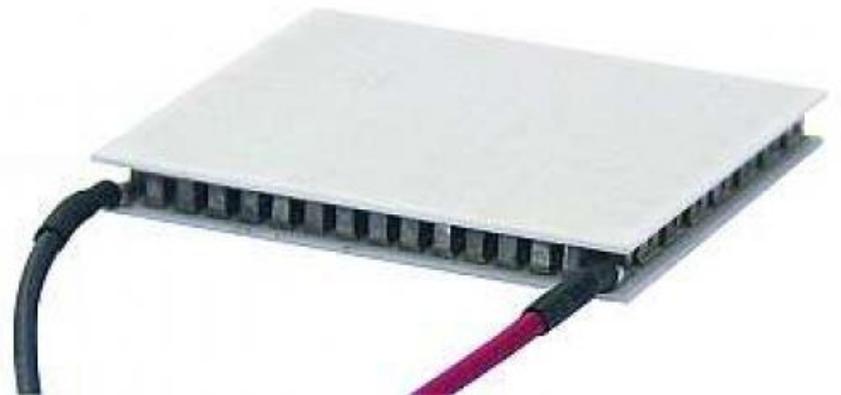
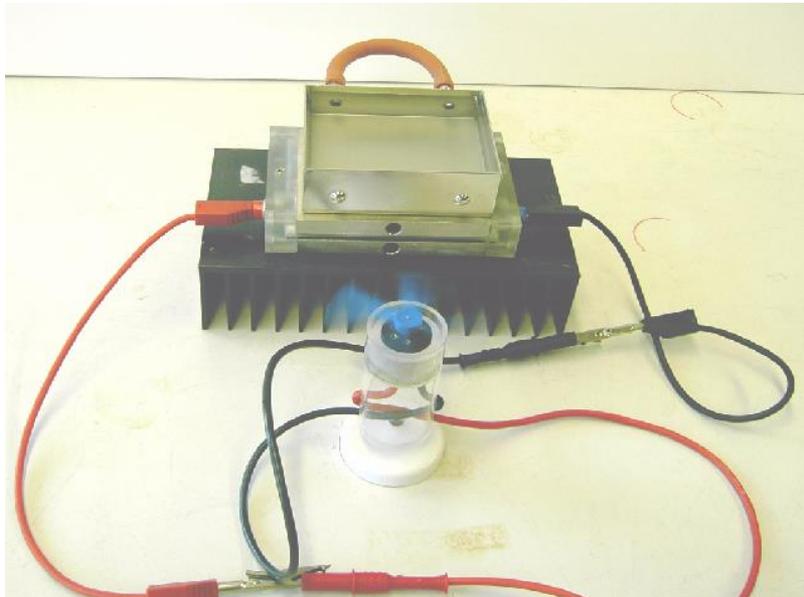
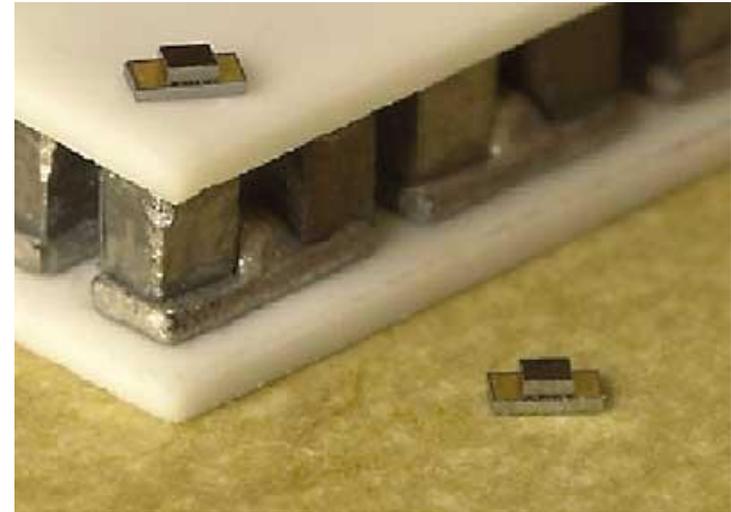
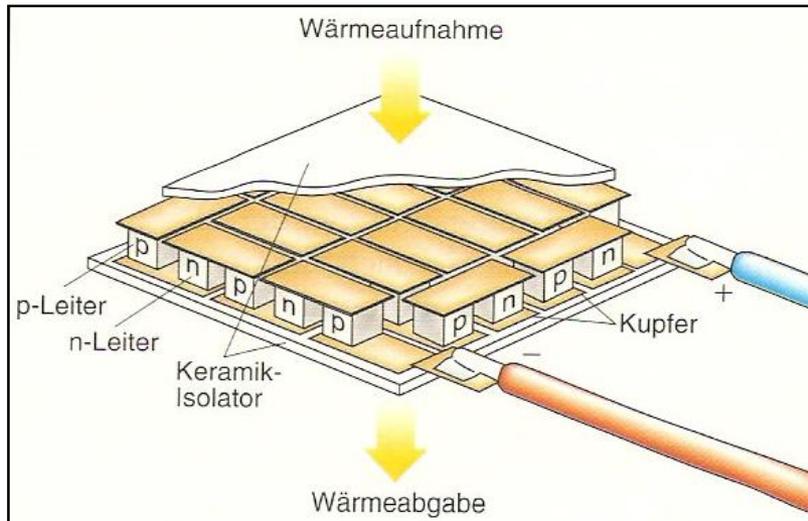


Durch Verwendung von Halbleitern wird das Element effektiver.

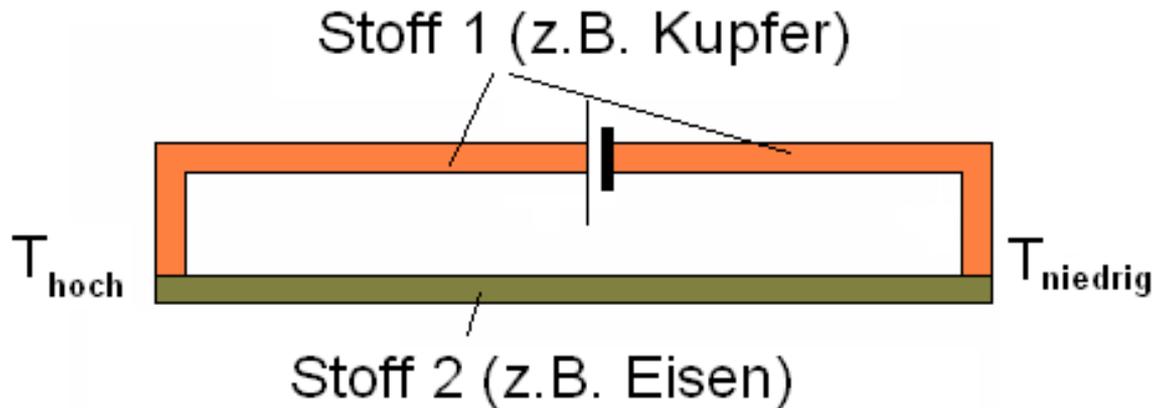
Elektronen im n-Leiter und Defektelektronen / Löcher im p-Leiter werden jeweils von links nach rechts mitgenommen.

Im n-Leiter fließt der elektrische Strom nach links, im p-Leiter nach rechts.

Peltierelemente



Umkehrung des Thermoelements, Peltierelement



Elektrische Energiequelle pumpt einen Ladungsträgerstrom durch beide Kontakte

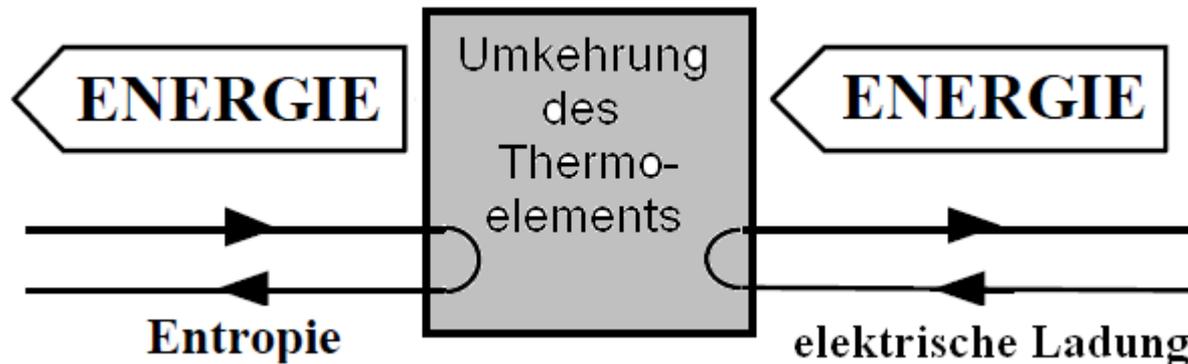
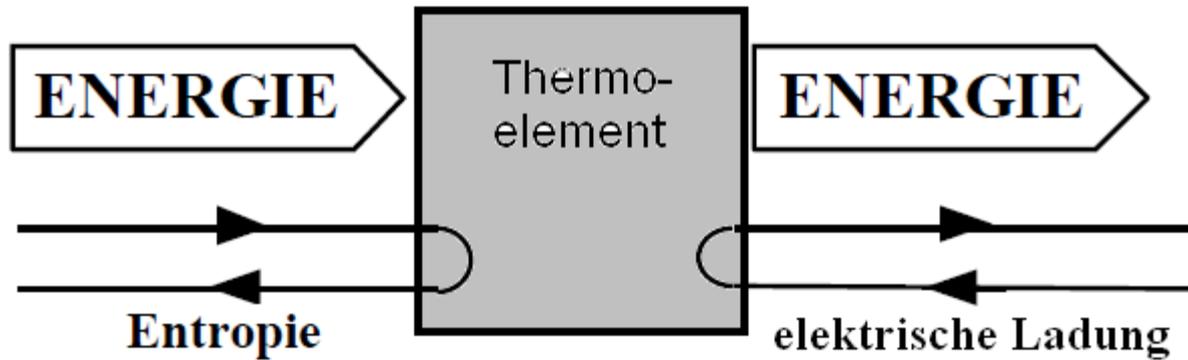
Der Teilchenstrom nimmt in den beiden Materialien Entropie unterschiedlich gut mit. Dadurch entsteht ein Nettoentropiestrom zwischen den Kontakten.

Der eine Kontakt erwärmt sich, der andere kühlt ab.

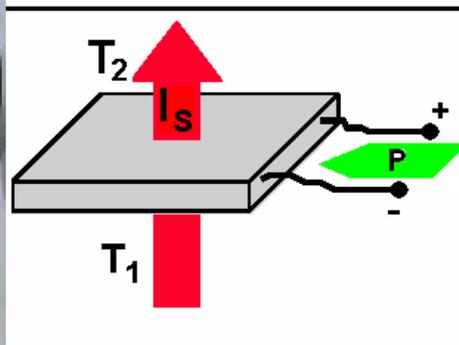
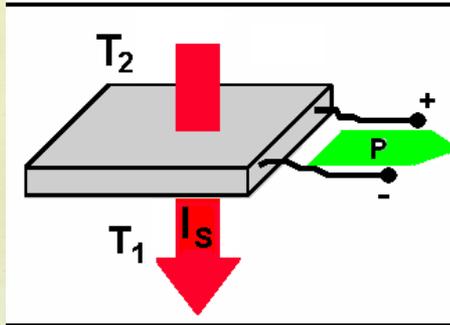
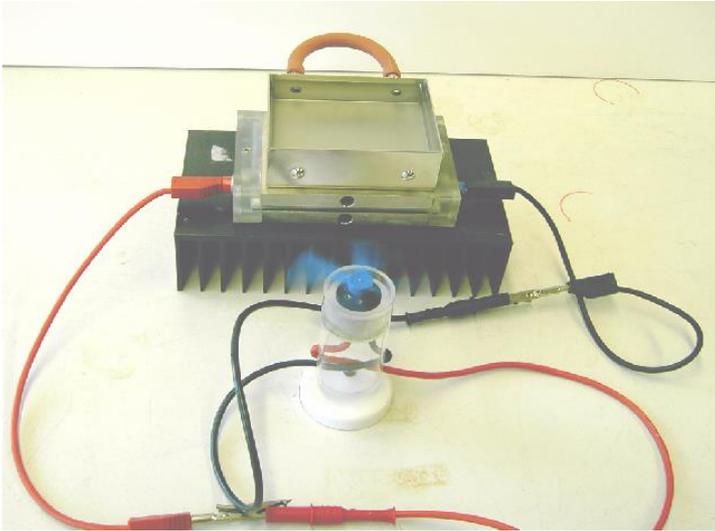
Diesen Vorgang nennt man Peltier-Effekt.

Damit lässt sich sehr einfach eine Wärmepumpe realisieren.

Ein Element, zwei Funktionen



Ein Gerät zwei Funktionen



Vielen Dank für Ihr Interesse!