

OPITEC

Hobbyfix

1 2 3 . 9 8 7

ENERGIEKRAFTWERK



Hinweis

Bei den OPITEC Werkpackungen handelt es sich nach Fertigstellung nicht um Artikel mit Spielzeugcharakter allgemein handelsüblicher Art, sondern um Lehr- und Lernmittel als Unterstützung der pädagogischen Arbeit.



Energie-Werke

ein Baussatz, mit dem handlungsorientiert ein allgemeingültiger Energiebegriff gebildet werden kann.

- Bau eines Solarkraftwerks,
- Bau eines Windkraftwerks,
- Bau eines thermischen Kraftwerks
- viele weitere Versuche

Der Bau des Lüfters:

Arbeitszeit:

etwa 15 Minuten

Vorbereiten:

Loch in großer Holzscheibe auf M6 erweitern („Akkubohrer“).

Wenn kein Bohrer vorhanden ist kann die Einschlagmutter auch direkt in das vorgebohrte Loch eingeschlagen werden!

Werkzeug:

- Hammer

- Schere

zusätzliches Material

- 2 cm Klebeband

- 2 Marmeladengläser

Bauanleitung:

Anschluss der Krokokabel an den Kabeln des Motors:

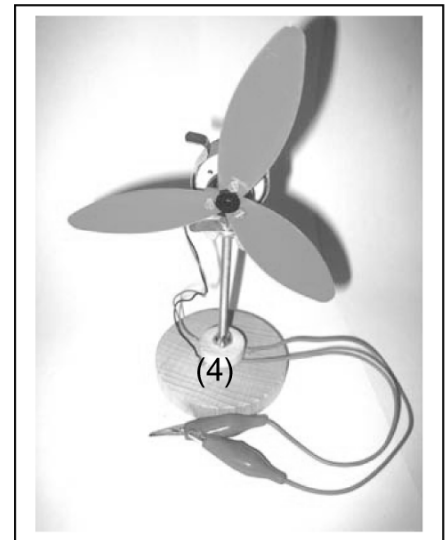
- Schneide das Krokokabel in 2 gleich lange Teile.
- Entferne die Isolierung an den Enden der Krokokabel mithilfe der Schere: ritze dazu den Plastikmantel etwa 1 cm vom Ende entfernt ein und ziehe ihn ab.
- Verdrille das freigewordene Kupferkabel zwischen deinen Fingern.
- Verbinde nun die beiden Krokokabel mit den beiden Kabeln des Motors: Verdrille die abisolierten Enden miteinander und drücke sie auf das Krokokabel.
- Umklebe die verdrillten Kabel stramm mit etwa 1 cm Klebeband.

Bau der Motorhalterung:

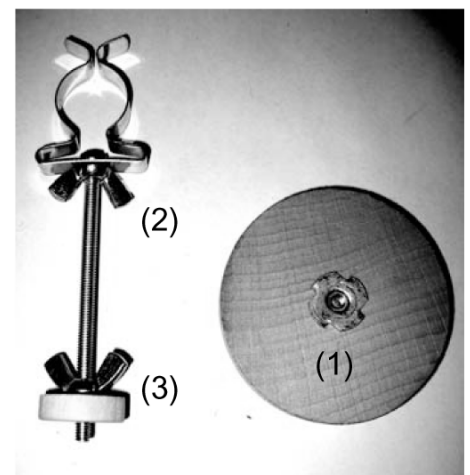
1. Schlag mit dem Hammer die Einschlagmutter in das Loch der großen Holzscheibe, soweit wie möglich (1).
2. Führe die Schraube *von oben* in die **Motorhalterung** und befestige sie mit einer Flügelmutter. Zieh die Schraube so fest wie du kannst an (2).
3. Schraube die zweite Flügelmutter etwa 1 cm auf die Schraube mit den Flügeln nach oben (3).
4. Schiebe die kleine Holzscheibe als Unterlegscheibe auf die Schraube (3) und drehe die Motorhalterung in den Fußteil.
5. Lege die Verbindungsstelle der Kabel unter die Unterlegscheibe und drehe die Flügelschraube so fest nach unten, dass die Kabel möglichst gut von der Unterlegscheibe festgehalten werden. Vergleiche oberes Bild: (4)
6. Schiebe den Motor in die Motorhalterung.

Fertigstellung des Lüfters

- Schraube den Lüfterpropeller so zusammen, dass die Blätter etwas schräg versetzt liegen.
- Stecke den Propeller auf die Welle des Motors.
- Teste den Motor mit einer Batterie oder der Solarzelle mit Sonnen- oder hellem Lampenlicht.



Die Verbindungsstelle Motorkabel-Krokokabel werden mit Klebeband umwickelt.



• Solarkraftwerk

Schließe den Lüfter an die Solarzelle an.

Halte die Solarzelle in das Licht der Sonne oder einer Lampe!

- Wie musst du die Solarzelle in das Licht halten, damit sich der Propeller möglichst schnell dreht?
- Woran liegt es, wenn sich der Propeller mehr oder weniger schnell dreht?

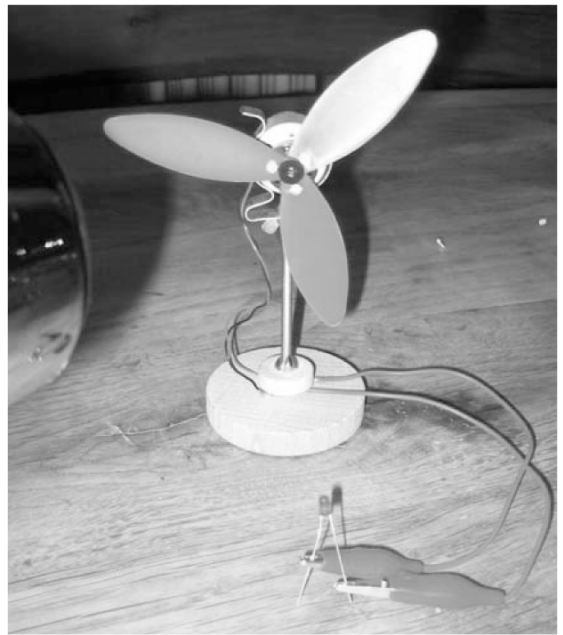


Windkraftwerk I

Verbinde die Anschlüsse der Leuchtdiode so mit dem Lüfter, dass der kurze Anschluss mit dem roten Kabel des Motors und der lange Anschluss mit dem schwarzen Kabel verbunden sind.

Halte einen kräftigen Fön so vor den Propeller, dass er sich kräftig dreht.

- Warum kann man das, was du gebaut hast, ein „Windkraftwerk“ nennen?



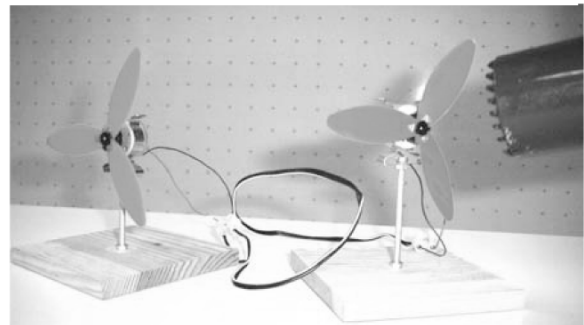
Windkraftwerk II

Verbinde die Anschlusskabel zweier Lüfter miteinander. Treibe den einen Lüfter mit einem Fön an.

Der erste Lüfter funktioniert dann wie ein Windkraftwerk, da der Motor als Generator bzw. als Dynamo betrieben wird.

- Was ist das, was der Fön liefert, was vom Windkraftwerk aufgenommen wird, was durch die Kabel zum Lüfter gelangt und dann in die vom Lüfter bewegte Luft geht? Erkläre! Wie könnte man das nennen? Woher hat der Fön das her?

Wenn du kräftig mit dem Mund das Windkraftwerk anbläst, kann es sein, dass der Lüfter sich auch zu drehen beginnt.



Thermokraftwerk

Zusätzliches Material:

ein Marmeladenglas mit heißem und ein Marmeladenglas mit kaltem Wasser

Die Gläser müssen vollständig gefüllt sein, damit sich keine Luftblasen bilden!

Lege das weiße quadratische Blättchen, das sogenannte **Thermoelement**, zuerst auf das kalte, dann auf das warme, dann zwischen das kalte und das warme Marmeladenglas.

- Unter welcher Bedingung dreht sich der Propeller kräftig?

Zusatzversuch: Halte einen Eiswürfel an die eine Seite des Thermoelements und deine Handfläche auf die andere.

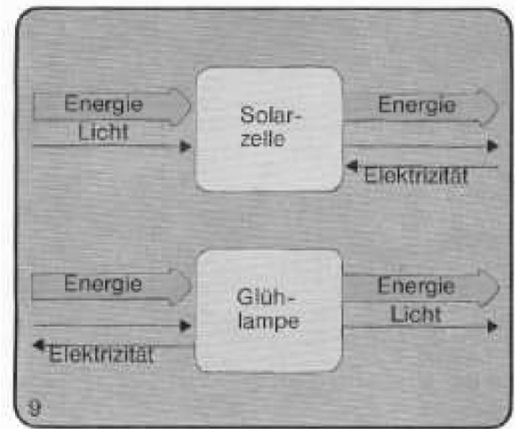
- Dreht sich der Propeller jetzt nur mit kalt?



Thermokraftwerk:
Oben warmes unten kaltes Wasser.
Ab einem Temperaturunterschied von 15K beginnt sich der Propeller zu drehen.

Zur Einführung des Energiebegriffs

Damit der Lüfter sich dreht, die Lampe leuchtet, benötigen Lüfter und Lampe etwas, was sie mit dem Licht, mit der Wärme und mit dem Wind bekommen können. Früher nannte man das „Kraft“, heute „Energie“. Licht, Wärme und bewegte Luft sind Energieträger, die die zum Drehen und zum Leuchten benötigte Energie liefern. In der Solarzelle, im Thermoelement und im Generator des Windkraftwerkes, wird die Energie auf den elektrischen Strom umgeladen. Der elektrische Strom transportiert die Energie dann zum Motor bzw. zur Lampe. Auch dort wird wieder Energie umgeladen: im Lüfter auf bewegte Luft und in der Lampe auf Licht und Wärme. Energie braucht zum Transport immer einen Träger, sie kommt immer irgendwo her und geht immer irgendwo hin. Lampe, Fön, Staubsauger, Dynamo, Motor, ... spielen die Rolle eines Energieumladers, sie laden die Energie von einem Energieträger auf einen anderen um. Weitere Informationen zur Energie findest du in „Energie und Energieträger“ - ein Unterrichtsvorschlag für das Fach Naturphänomene auf der Grundlage des Karlsruher Physikkurses oder im „Energiebuch“ auf der Energiewerke-CD, die mit dem Energiewerkebausatz zusammen angeboten werden.



Solarzelle und Glühlampe als Energieumladere

Zum Thermokraftwerk : „Nur mit heiß und kalt - geht's halt!“

Dies ist eine elementare Formulierung des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik: es gibt keine Maschine, die „Wärme vollständig in mechanische Energie umwandelt“, die ohne Temperaturdifferenz Energie von der Entropie ablädt, bzw. die Entropie vernichtet. Es gibt also kein Schiff, das auf einem Weltmeer fahren kann und die dazu benötigte Energie durch das Abkühlen des Meeres bekommt. Dies können die Schülerinnen und Schüler handelnd mit diesem thermischen Kraftwerk erleben: die Wärme strömt von dem Wasser höherer Temperatur durch das Thermoelement hindurch. Das Thermoelement lädt einen Teil der Energie von der Wärme ab und um auf den elektrischen Strom. Je größer die Temperaturdifferenz zwischen Ein- und Ausgang des Thermoelements ist, desto mehr Energie wurde im Thermoelement abgeladen. Umgekehrt gilt aber auch, dass nur mit einer Temperaturdifferenz zwischen Ein- und Ausgang Wärme durch das Thermoelement hindurch fließt und dass nur so von der Wärme* Energie auf den elektrischen Strom umgeladen werden kann. In den Schülerheften des Karlsruher Physikkurses wird dieser Ansatz vertieft dargestellt. Das „Thermokraftwerk“, bzw. einige seiner Bauteile können im Unterricht zu folgenden Themen eingesetzt werden:

- thermische Kraftwerke
- 2. Hauptsatz der Thermodynamik
- Wärmepumpe
- Messung von Wärmestrahlung
- Carnotscher Wirkungsgrad

Das Thermoelement als Wärmepumpe:

Zusätzliches Material: Flachbatterie 4,5 V 2 Büroklammern
Schließe mithilfe der Büroklammern das Thermoelement an der Batterie an. Du kannst nach kurzer Zeit spüren, dass die eine Seite des Thermoelements warm, die andere kalt wird. Das Thermoelement wird nun als „Wärmepumpe“ benutzt: Wärme wird von der einen Seite weggepumpt, die Temperatur sinkt dort. Auf der anderen Seite kommt die Wärme mit höherer Temperatur an. Die Wärme ist dort mit mehr Energie beladen. Die dafür benötigte Energie wird der Wärmepumpe mithilfe des elektrischen Stromes von der Batterie geliefert.



* hier und im folgenden wird das Wort Wärme für den Energieträger verwendet, der genauer betrachtet der physikalischen Größe Entropie entspricht; vergleiche F. Herrmann: Der Karlsruher Physikkurs ein Lehrbuch für die Sekundarstufe 1, Aulis-Verlag

6.2 Der Energiestrom

Was ist teurer: Wenn man vergißt, die Backröhre des Elektroherdes auszuschalten, oder wenn man vergißt, eine Glühlampe auszuschalten? Ganz klar, den Elektroherd eingeschaltet zu lassen, ist viel teurer. Er braucht ja mehr Energie.

Ein Herd braucht mehr Energie als eine Lampe? Irgend-
etwas an diesem Satz kann nicht stimmen. Wenn der Herd eine Stunde lang gelaufen ist, die Lampe aber einen Monat lang, so hat die Lampe bestimmt mehr Energie gebraucht. Ein Gerät braucht nämlich umso mehr Kilojoule, je länger es eingeschaltet ist. Wenn du eine Glühlampe zwei Stunden brennen läßt, braucht sie doppelt soviel wie in einer Stunde.

Was bedeutet es dann aber, wenn man sagt, ein Elektroherd brauche mehr Energie als eine Lampe? Ohne es ausdrücklich zu sagen, meint man: Der Herd braucht mehr Energie als die Lampe, wenn er genauso lange eingeschaltet ist, wie die Lampe. Der Herd braucht in einer Sekunde 2000 J, die Lampe braucht in einer Sekunde 100 J.

Das kann man auch so ausdrücken: Der Energiestrom, der in den Herd fließt, beträgt 2000 Joule pro Sekunde, und der Energiestrom, der in die Lampe fließt, beträgt 100 Joule pro Sekunde. Der Herd braucht also 20mal so viel wie die Lampe.

aus: „Energie und Energieträger“ – ein Unterrichtsvorschlag für das Fach Naturphänomene auf der Grundlage des Karlsruher Physikkurses bzw. „Energiebuch“ von der Energiewerke-CD, die mit dem Bausatz zusammen angeboten werden.

Quantitative Versuche zur Energie

Versuch 1:

Mithilfe der Gleichung $P = U \cdot I$ kann die Stärke des Energiestroms (= elektrische „Leistung“) bestimmt werden, der in einer elektrischen Energiequelle auf den elektrischen Strom aufgeladen, bzw. in einem elektrischen Energieempfänger von dem elektrischen Strom abgeladen wird. Durch Messung der elektrischen Spannung U und der elektrischen Stromstärke I , kann die Stärke des Energiestroms ermittelt werden, der z.B. von einer Solarzelle zum Lüfter fließt. So kann auch der Einfluss des Bestrahlungswinkels, der Bestrahlungsstärke quantitativ untersucht werden.

Versuch 2:

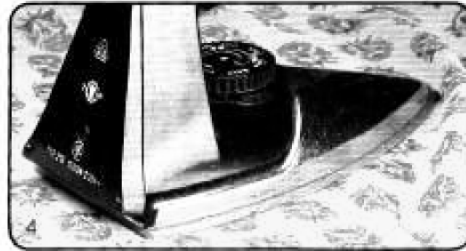
zusätzliches Material.: u.a. ein Silikonschlauch mit 3 mm Innendurchmesser (Laborbedarfhandel)

Die Welle zweier „Lüfter“ werden durch einen Silikonschlauch miteinander verbunden. An den einen „Lüfter“ wird mithilfe von Krokokabeln eine Flachbatterie angeschlossen, an den zweiten eine Leuchtdiode. Ist die Polung von Flachbatterie und Leuchtdiode richtig gewählt, leuchtet die Leuchtdiode im Betrieb auf. Daran erkennen wir, dass Energie von der Batterie zum Motor, durch den Silikonschlauch in den Dynamo und von dort zur Leuchtdiode strömt. Mithilfe von Spannungs- und Strommessungen (vergleiche Aufgabe 1), können wir die Stärke des Energiestroms ermitteln, der in den Motor hinein und der aus dem Dynamo heraus fließt. Dadurch können wir den Wirkungsgrad dieser Energieübertragung bestimmen. Unter der Voraussetzung, dass Motor und Dynamo denselben Wirkungsgrad haben können wir auch diesen quantitativ abschätzen.

Beachte: Der Wirkungsgrad des Gesamtsystems ist das Produkt der Wirkungsgrade der Einzelkomponenten!

Auf vielen Geräten, die Energieempfänger sind, ist der Energiestrom, oder der „Energieverbrauch“, angegeben. Da die Maßeinheit „Joule pro Sekunde“ (abgekürzt J/s) so oft vorkommt, hat man ihr einen eigenen Namen gegeben: Watt.

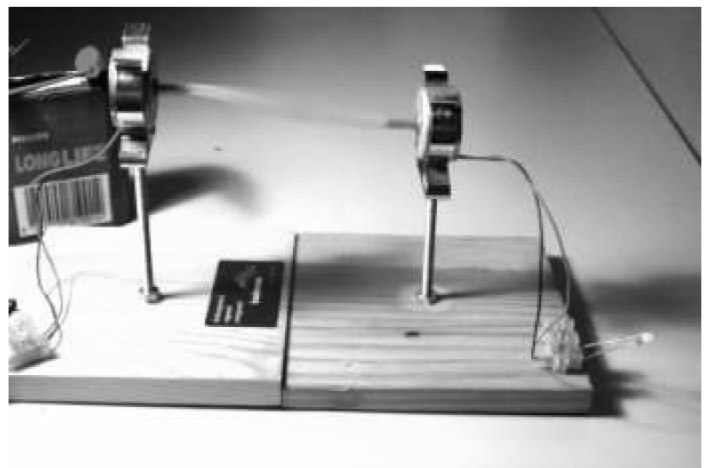
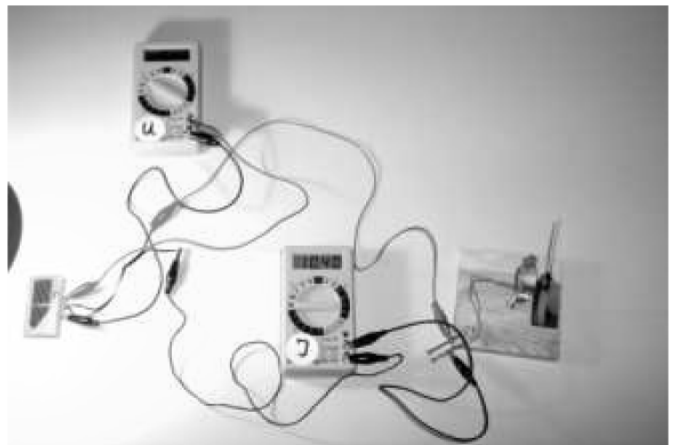
Diese Maßeinheit ist dir sicher schon begegnet. Sie ist auf die meisten elektrischen Geräte aufgedruckt, Bild 4. Steht auf einem Staubsauger „500 W“, so bedeutet das: Wenn der Staubsauger eingeschaltet ist, fließen in den Staubsauger durch das Kabel in jeder Sekunde 500 J hinein.



Die Wattzahl gibt den Energiestrom an, der in das Gerät hineinfließt.

Bei großen Wattzahlen benutzt man das Kilowatt (kW): 1 kW = 1000 W und bei noch größeren das Megawatt (MW): 1 MW = 1000 kW = 1000000 W.

Zusammenfassung: Die Stärke des Energiestroms wird in Watt gemessen. Watt ist eine Abkürzung für Joule pro Sekunde.



Quantitative Versuche zum Thermoelement [4]

Ziele:

Mithilfe eines Thermoelements können die Energieströme eines Wärmekraftwerks und einer Wärmepumpe genauer untersucht werden. Außerdem eignet sich das Thermoelement zu sehr präzisen Messungen der Energiestromdichte von Wärmestrahlung und sichtbarem Licht.

Material:

Thermoelement	Solarmotor mit Propeller
Krokokabel	2 Alublöcke 3 cm x 3 cm x 5 cm [3]
2 Styroporboxen *	1 Holzbox**
2 Thermometer (mit Thermofühler)	2 elektr. Multimeter
Wärmeleitpaste	Stoppuhr
Flachbatterie	spannungsstabilisiertes Netzgerät
Lack schwarz matt	

* Aus 2 cm dicken Styroporplatten so ausgeschnitten und zusammengeklebt, dass der Alublock bündig versenkt werden kann

** Wie * nur aus 1,3 cm dicken Tischlerplatten hergestellt; die Seiten sollten so hoch sein, dass die schwarze Oberkante des Peltierelements bündig abschließt.

Das Thermoelement als Wärmekraftmaschine:

Vorversuch:

- Lege den einen Aluminiumblock in das Kühlfach eines Kühlschranks, den anderen in ein Wasserbad mit etwa 50 °C.
- Schließe den Solarmotor mit den Krokokabeln am Thermoelement an.
- Stelle den erwärmten Aluminiumblock auf den Tisch und drücke eine Fläche des Thermoelements auf die obere Fläche des warmen Alublocks.
- Hole nun den gekühlten Alublock aus dem Kühlschrank, stelle ihn auf den Tisch, lege eine Fläche des Thermoelements auf die obere Fläche des kalten Alublocks und drücke mit deiner flachen Hand auf die andere Fläche des Thermoelements.
- Lege nun statt deiner Hand den warmen Alublock auf die zuvor aufgebaute Anordnung.
- Beschreibe deine Beobachtungen und den Weg der in diesen Versuchen fließenden Energieströme.

Messversuch:

Es soll die Abhängigkeit des elektr. Energiestroms, der das Thermoelement verlässt, von der Temperaturdifferenz ΔT der Flächen des Thermoelements untersucht werden.

- Lege den einen Alublock wieder in das Kühlfach und erwärme den anderen auf etwa 40 °C.
- Schließe statt des Motors einen elektr. Widerstand von 2,8 Ω an. Baue in diesen Stromkreis das Spannungs- und das Strommessgerät so ein, dass du die Stärke des Energiestroms ermitteln kannst, der zum Widerstand strömt.
- Bereite eine Tabelle mit dem folgenden Kopf vor:

Zeit in s	Temperatur 1 in °C	Temperatur 2 in °C	ΔT in K	Spannung U in V	elektr. Stromstärke in mA	P = UI in mW
--------------	-----------------------	-----------------------	--------------------	--------------------	------------------------------	-----------------

- Bestreiche die beiden Flächen des Thermoelements mit Wärmeleitpaste.
- Stelle dann den gekühlten und den erwärmten Alublock mit eingeschobenen Thermofühlern in je eine der Styroporboxen.
- Stelle den kalten Alublock mit Styroporhülle vor dich auf den Tisch, lege auf den Alublock das Thermoelement und darauf den wärmeren Alublock mit Styroporhülle. Achte darauf, dass das Thermoelement mit den beiden Alublöcken einen guten Wärmekontakt hat.
- Notiere ab sofort jeweils nach 30 s die Messwerte. Führe den Messversuch durch, bis sich ein thermisches Gleichgewicht eingestellt hat.

Auswertung:

- Berechne in der Tabelle die jeweilige Energiestromstärke.
- Stelle den Zusammenhang von Energiestromstärke P und Spannung U graphisch in einem P-U-Diagramm dar.
- Interpretiere das Schaubild.
-

Zusätzliche Aufgaben:

1. Stelle für diesen Versuch eine Energiebilanz auf (vgl. Versuch 6). Die spezifische Wärmekapazität von Aluminium beträgt 0,89 kJ/kg·K.
2. Ermittle die Stärke des im Mittel geströmten Energiestroms und berechne den mittleren Wirkungsgrad des Peltierelements als Wärmekraftmaschine.

Das Thermoelement als Wärmepumpe:

Vorversuch:

- Schließe das Thermoelement für kurze Zeit an einer Flachbatterie an. Fühle mit deiner Hand die Flächen des Thermoelements.
- Beschreibe und erkläre deine Beobachtungen.

Messversuch:

- Baue dieselbe Versuchsanordnung wie im vorher beschriebenen Messversuch auf, nur dass statt des Widerstandes ein Netzgerät eingebaut wird. Da das Netzgerät auf eine konstante Spannung $U = 9\text{ V}$ eingestellt werden soll, kann auf eine gesonderte Spannungsmessung verzichtet werden.
- Bereite eine Tabelle mit dem folgenden Kopf vor:

Zeit in s	Temperatur 1 in °C	Energiezunahme in J	Temperatur 2 in °C	Energieabnahme in J	I in A	$P = UI$ in W
--------------	-----------------------	------------------------	-----------------------	------------------------	-----------	------------------

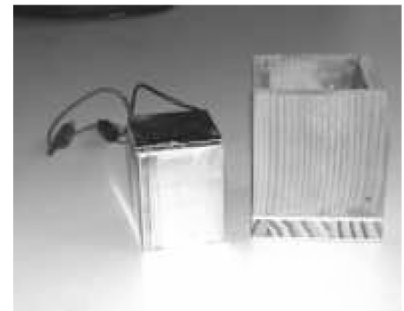
- Führe den Versuch durch, notiere jeweils nach 30 s die Messwerte. Beende den Versuch, wenn zwischen den Alublöcken eine Temperaturdifferenz von 40 K entstanden ist.

Auswertung:

- Berechne in der Tabelle die fehlenden Werte. Als Energienullpunkt wählen wir die Temperatur, die die Alublöcke zu Beginn des Versuchs hatten.
- Berechne den Mittelwert des geströmten Energiestroms und berechne damit, wie viel Energie dem Thermoelement mit dem elektr. Strom zugeführt wurde.
- Stelle eine Energiebilanz auf, aus der ersichtlich wird, woher die Energie stammt, die dem erwärmten Alublock zugeführt wurde.
- Erkläre die Vorteile von Wärmepumpen als Heizungssysteme.

Das Thermoelement als Strahlungsenergiemesser:

- Schwärze eine Seite des Thermoelements mit mattem Lack. Bestreiche die andere Seite mit Wärmeleitpaste. Stelle einen Alublock in die Holzbox und drücke das Thermoelement mit der mit Wärmeleitpaste bestrichenen Seite auf die obere Seite des Alublocks. Diese Anordnung dient im weiteren als Energiestromdichtemessgerät für strahlungsgetragene Energie. Es kann genauso wie ein Solarmeter mit Solarzelle eingesetzt werden. Da ein Solarmeter jedoch speziell für Sonnenlicht geicht ist, ist unser Thermomesser universeller einsetzbar. Die Energiestromdichte kann mit dem Faktor $9,4\text{ W/V}$ aus der mit dem Thermoelement gemessenen Leerlaufspannung ermittelt werden.
- Bestimme mithilfe des Thermomessers die Solarkonstante.



Zur Funktionsweise des Thermoelements

Die Funktionsweise eines Thermoelements kann erläutert werden, ohne auf „Teilchenvorstellungen“ zurückzugreifen. Die physikalische Grundlage unserer Beschreibung hier ist die onsagersche Transporttheorie, in der die **Kopplung** einzelner Ströme extensiver Größen betrachtet wird [2].

Im Folgenden ist ein Ausschnitt eines Vortrags von F. Herrmann dargestellt [3]:

„Ein elektrischer Leiter wird an einem Ende erhitzt und am anderen gekühlt, Abb. 6.13. Als Folge davon fließt ein Entropiestrom von heiß nach kalt. Dieser Entropiestrom ist nun, wenn auch schwach, an die Elektronen gekoppelt. Er versucht die Elektronen, samt ihrer elektrischen Ladung, Masse und Stoffmenge mitzunehmen. Man kann sich den Vorgang so vorstellen: Man möchte einen etwas rauen Fußboden kehren. Der Besen nimmt den Schmutz mit, aber nicht vollständig. „Besenstrom“ und „Schmutzstrom“ sind aneinander gekoppelt, aber die Kopplung ist lose. Damit man den ganzen Schmutz wegbekommt, muss man den Besen mehrere Male über den Boden bewegen. Die Entsprechung ist nun: Besen \propto Entropie und Schmutz \propto elektrische Ladung.

Was passiert nun im Fall unseres elektrischen Leiters? Die Entropie nimmt die elektrische Ladung zunächst etwas mit. Dadurch baut sich aber zwischen den Enden des Leiters eine elektrische Potenzialdifferenz auf, die einen Gegenantrieb für die Elektronen darstellt. Wenn thermischer und elektrischer Antrieb gleich geworden sind, was nach sehr kurzer Zeit passiert, so hören die Elektronen auf, sich zu bewegen.

Die Entropie dagegen fließt weiter, sie ist ja nicht fest an die Elektronen gekoppelt.

Wir versuchen, mit Hilfe dieser Erscheinung eine elektrische Energiequelle zu bauen. Man brauchte doch nur, so könnte man denken, an die beiden Enden des Leiters zwei Drähte anzuschließen, die zum Beispiel zu einer Lampe gehen, und diese Lampe müsste leuchten. Wirklich?

Wir nehmen zunächst das Lämpchen aus dem Stromkreis heraus. Dann haben wir ja, nach unserer Erwartung, einen kurzgeschlossenen Stromkreis, in dem ein elektrischer Strom fließen sollte. Das ist nun aber ganz und gar nicht der Fall. Es passiert etwas, das wir ganz am Anfang schon angesprochen hatten: Wenn man hier in Gedanken einmal im Kreis herum geht, so geht es für die Ladung genauso viel hoch wie runter, aber auch für die Entropie.

Es fehlt allerdings nur wenig, um das Gerät zum Funktionieren zu bringen. Wir brauchen nur die Verbindungen A und B aus verschiedenen Metallen zu machen, z. B. A aus Eisen und B aus Kupfer. Die Antriebe in A und in B sind jetzt nicht mehr gleich stark, denn die Kopplung der Entropie an die elektrische Ladung ist in den beiden Materialien unterschiedlich. In unserem Fall ist sie im Eisen fast zehnmal so stark wie im Kupfer. An den Elektronen im Eisenteil des Weges zieht die Entropie stärker als im Kupferteil. Der Antrieb im Eisendraht „gewinnt“ gegenüber dem im Kupferdraht. Die Elektronen setzen sich im Uhrzeigersinn in Bewegung.

Zusammenfassung:

Die Funktionsweise des Thermoelements beruht auf einem Unterschied der Kopplung der Entropie an die elektrische Ladung.

Ich erkläre die Sache noch einmal mit einem Vergleich. Über eine Rolle hängt ein geschlossenes Seil. Ich versuche, das Seil in Bewegung zu setzen, indem ich meine Hände von oben nach unten über das Seil weggleiten lasse. Dabei packe ich zunächst auf beiden Seiten gleich stark zu. Da ich gleichzeitig links und rechts ziehe, und zwar gleich stark, bewegt sich das Seil nicht. Ich mache nun die Kopplung zwischen Hand und Seil rechts und links unterschiedlich, indem ich links etwas stärker zupacke. Der Mitnahmeeffekt der linken Hand ist nun stärker, und das Seil beginnt, sich gegen den Uhrzeigersinn zu bewegen.

Die Entsprechung ist: Hände \propto Entropie und Seil \propto elektrische Ladung“

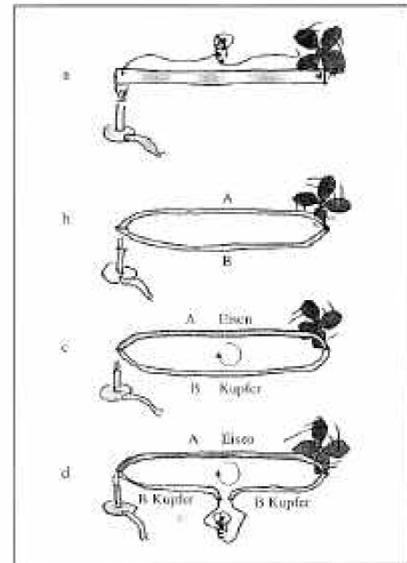
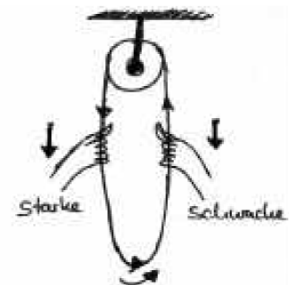


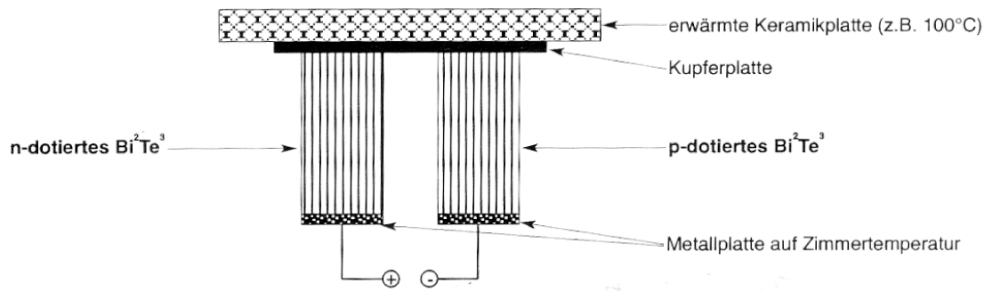
Abb. 6.13. (a) Der Stromkreis ist geschlossen. Leuchtet das Lämpchen? (b) Stromkreis ohne Lämpchen. Sowohl im unteren, als auch im oberen Arm des Stromkreises werden die Elektronen nach rechts getrieben. Es gibt keinen Antrieb, der die Elektronen im Kreis herum drückt. (c) Die Kopplung zwischen Entropie und elektrischer Ladung ist im Eisen stärker als im Kupfer. Die Elektronen werden im Uhrzeigersinn mitgetrieben. (d) Das Lämpchen leuchtet.



Die Hände bewegen sich nach unten, links mit starker, rechts mit schwacher Kopplung. Das Seil bewegt sich dann gegen den Uhrzeigersinn.

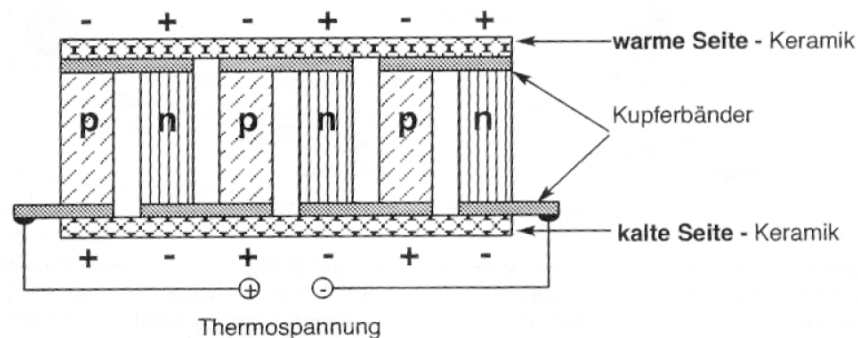
Zum Aufbau des Thermoelements

Anstatt der zwei verschiedenen Metalle, die zusammengelötet werden, werden in der Praxis Halbleiter verwendet, z.B. p- und n-dotiertes Wismut Tellurit, das einen um Größenordnungen höheren Wirkungsgrad als normale Metalle hat..



Statt dass die zwei Halbleiter miteinander verlötet sind, wird die Thermospannung von zwei Leitern desselben Materials abgenommen. Die beiden unteren Enden der Halbleiter befinden sich auf der tieferen Temperatur.

Bei den im Handel erhältlichen Thermoelementen sind die einzelnen Grundelemente je nach Bedarf parallel und in Serie geschaltet:



Technische Daten

Die bei Opitec erhältlichen Thermoelemente haben die folgenden technischen Daten:

- max. Kühlleistung 17 W
- max. Betriebsspannung 8 V
- ohmscher Widerstand 1,8 Ω
- max. Betriebstemperatur Dauerbetrieb: 70 °C
- Thermospannung 27 mV/K
- max. Temperaturdifferenz 67 °C
- max. Betriebsstrom 3,5 A
- Wärmeleitwert 140 mW/K
- kurzzeitig: 110 °C

Literatur

- [1] Falk, Ruppel: Energie und Entropie, Springer Verlag
 [2] Honerkamp, Römer: klassische theoretische Physik, Springer Verlag
 [3] F. Herrmann: elektrische Energiequellen, Comburg 2001
 [4] D. Plappert: das naturwissenschaftl. Praktikum im N-Profil www.n-profil.de
 [5] F. Herrmann: Thermodynamik, SekII, Karlsruher Physikkurs
 [6] H. Wagner: thermoelektrische Bausätze der Fa. Opitec
 [7] D. Plappert Verständliche Elektrizitätslehre, Praxis der Naturwissenschaften (PdN) Physik, 7/52 Auklis Verlag Köln
 [8] D. Plappert Kumulatives Lernen-die Bildung des Entropiebegriffs, PdN 4/53
 [9] D. Plappert Impuls von Anfang an PdN 1/54

weiterführende Literatur zum Thermoelement:

- M. Grote: „Von der Wärmepumpe zur k-Wertbestimmung an Fensterscheiben“, Praxis der Naturwissenschaften, 4/98

weiterführende Versuchsbeschreibungen:

online bei www.optiec.de

wenn Sie eigene Arbeitsblätter zur Verfügung stellen wollen, bitte Kontaktaufnahme mit Dieter Plappert, Seminar für Didaktik und Lehrerbildung Freiburg post@plappert-freiburg.de