

Demonstrationsexperimente

zum Thema

*"Entropie Lehren
mit Spaß"*



Regina Rüffler, Georg Job

**MNU-Tag Hamburg
24. Februar 2017**



Weitere Informationen auf der Homepage:
www.job-stiftung.de

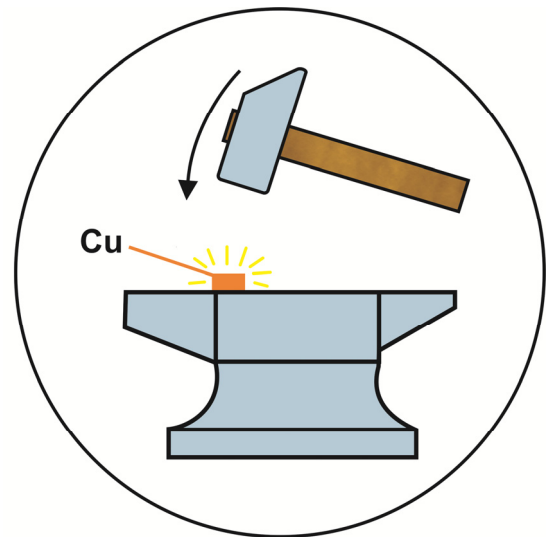
Erhitzen von Metall durch Schmieden

Geräte:

Amboss
schwerer Vorschlaghammer
weichgeglühtes Kupferstück (Volumen von einigen Kubikzentimetern) mit Stiel

Chemikalien:

–



Sicherheitshinweise:

Da das Arbeiten mit einem Hammer leicht zu Verletzungen des Daumens und der anderen Finger führen kann, ist Vorsicht geboten und das Tragen von festen Arbeitshandschuhen empfehlenswert.

Versuchsdurchführung:

Das Kupferstück wird auf den Amboss gelegt und mit etwa 20 Schlägen mit dem Vorschlaghammer kräftig geschmiedet.

Beobachtung:

Das Kupferstück wird so heiß, dass es zischt, wenn man es ins Wasser taucht.

Erklärung:

Durch die Schläge mit dem Hammer wird das atomare Gefüge des Kupferstücks nachhaltig gestört. Als Hauptwirkung der dabei erzeugten Entropie wird das Kupferstück heiß.

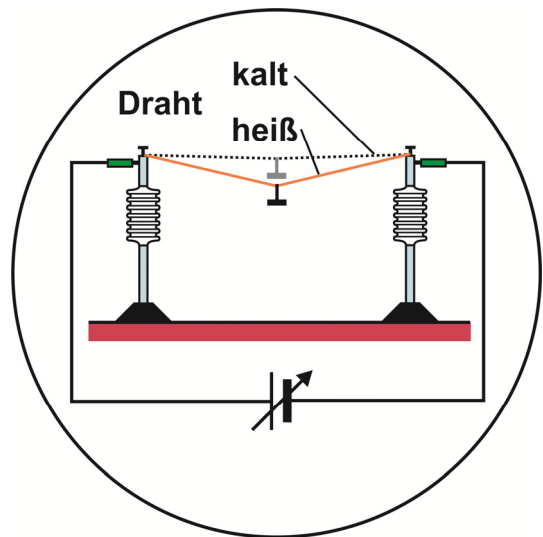
Entsorgung:

Das Kupferstück ist nach dem Ausglühen und Abschrecken in Wasser wiederverwendbar.

Ausdehnung eines stromdurchflossenen Drahtes

Geräte:

Netzgerät (z. B. 25 V, 10 mA)
2 Isolierstützen
Widerstandsdraht (dünn)
z. B. Konstantandraht (600 × 0,4 mm Ø)
Gewicht (10 bis 20 g) z. B. große Mutter oder Hakengewicht
2 Experimentierkabel
Höhenanzeiger z. B. Glasstab in durchbohrtem Stopfen



Chemikalien

–

Sicherheitshinweise:

Bei Stromfluss sollte der Draht nicht berührt werden.

Versuchsdurchführung:

Vorbereitung: Der dünne Draht wird zwischen zwei Isolierstützen gespannt. In der Mitte des Drahtes befindet sich das Gewicht. Der Höhenanzeiger wird unter das Gewicht gestellt. Anschließend wird jede der Isolierstützen mit Hilfe eines der Experimentierkabel mit dem Netzgerät verbunden.

Durchführung: Zuerst wird die Stromstärke langsam heraufgeregelt. Anschließend wird sie wieder heruntergeregelt.

Beobachtung:

Mit wachsender Stromstärke sinkt das Gewicht in der Drahtmitte langsam nach unten. Bei höheren Stromstärken beginnt der Draht auch zu glühen. Bei fallender Stromstärke steigt das Gewicht wieder nach oben. Die Bewegung des Gewichtes kann mit Hilfe eines Schattenwurfes besonders deutlich gemacht werden.

Erklärung:

Durch den Stromfluss wird Entropie erzeugt. Als Hauptwirkung des Entropiezuwachses wird der Draht wärmer und beginnt schließlich zu glühen. Der Entropiezuwachs verursacht aber auch einen Nebeneffekt: Der Draht dehnt sich merklich aus, was durch die Absenkung des Gewichtes leicht beobachtet werden kann. Wird die Stromstärke wieder heruntergeregelt, so nimmt auch die erzeugte Entropie ab; der Draht kühlt allmählich ab und spannt sich wieder.

Entsorgung:

–

Bimetallische Schnappscheibe

Geräte:

bimetallische Schnappscheibe (auch bekannt als "bimetallic jumping disc")

Tasse mit heißem Wasser

Chemikalien:

–

Sicherheitshinweise:

Das Tragen einer Schutzbrille ist empfehlenswert.

Versuchsdurchführung:

Zunächst wird die Scheibe auf etwas über Körpertemperatur erwärmt, indem man sie zwischen der Fläche der einen und den Fingern der anderen Hand reibt oder indem man sie zum Beispiel gegen die Außenseite einer Tasse mit heißem Wasser presst. Anschließend wird die leicht gekrümmte Scheibe in die andere Richtung gebogen, was mit einem Klick-Geräusch verbunden ist. Wenn das Metall warm genug war, bleibt die Scheibe vorübergehend in dieser „umgekehrten“ Position. Danach legt man die Scheibe schnell, aber vorsichtig auf eine harte Oberfläche wie einen Tisch, so dass die gewölbte Seite nach oben zeigt.

Beobachtung:

Nach kurzer Zeit kehrt die Scheibe plötzlich in ihren Ausgangszustand zurück, was wieder mit einem Klick-Geräusch verbunden ist. Gleichzeitig springt sie hoch in die Luft.

Erklärung:

Die Scheibe besteht aus zwei Schichten unterschiedlicher Metalle, die zusammengeschweißt wurden (sog. „Bimetall“). Erhöht man die Entropie in der Scheibe, so dehnen sich die beiden Metalle unterschiedlich stark aus, da sich ihre thermischen Ausdehnungskoeffizienten deutlich voneinander unterscheiden. Oberhalb einer Temperatur von ca. 310 K verbleibt die Scheibe daher in der „umgekehrten“ Position. Kühlt sich die Scheibe ab, so klappt sie nach kurzer Zeit plötzlich in den Ausgangszustand zurück.

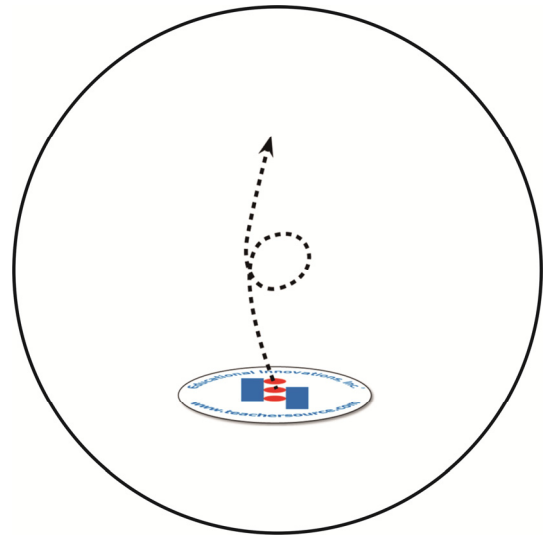
Das gleiche Prinzip wird zum Beispiel auch in Temperaturschaltern genutzt, wie sie in Geräten wie Bügeleisen, Kaffeemaschinen etc. eingesetzt werden.

Entsorgung:

–

Bezugsquelle:

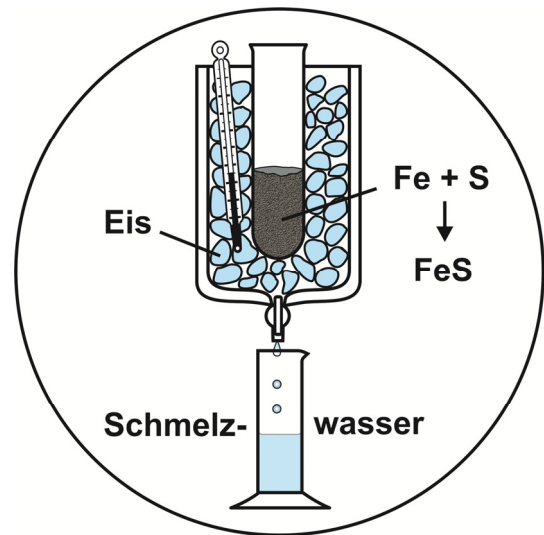
z. B. Educational Innovations (<http://www.teachersource.com>)



Eiskalorimeter

Geräte:

doppelwandiges Kalorimetergefäß aus Glas
großes Reagenzglas
Messzylinder mit Entropieskala (0,82 mL
Schmelzwasser entsprechen einer Entropie
von 1 J/K)
Thermometer
Mörser und Pistill
Wunderkerze
Stativ mit Klammer



Chemikalien:

Eisenpulver
Schwefelpulver
feingestoßenes Eis

Sicherheitshinweise:

Schwefelpulver (S):



H315
P302+352

Eisensulfid (FeS):



H400
P273

Wegen der entstehenden schwefelhaltigen Dämpfe muss der Versuch unbedingt im Abzug durchgeführt werden. Das Tragen eines Kittels, einer Schutzbrille und von Schutzhandschuhen ist erforderlich.

Versuchsdurchführung:

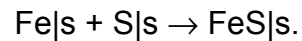
Eisen- und Schwefelpulver werden im Molverhältnis 1:1 in einem Mörser sorgfältig gemischt und 22,0 g der Mischung (entspricht 1/4 mol FeS) in das Reagenzglas gefüllt. Anschließend wird das Reagenzglas und das Thermometer (bzw. im Falle eines elektronischen Thermometers dessen Fühler) in das mit Eis gefüllte Kalorimetergefäß gestellt. Vor dem Zünden wird der Hahn des Kalorimetergefäßes geöffnet, um inzwischen entstandenes Wasser zu entfernen. Dann wird der Hahn geschlossen, die Fe-S-Mischung mit Hilfe einer Wunderkerze gezündet und der Hahn wieder geöffnet. Das während der Reaktion entstehende Wasser wird im Messzylinder aufgefangen.

Beobachtung:

Die Mischung reagiert unter dunkelrotem Leuchten. Ein Teil des Eises schmilzt. Die Temperatur im Kalorimeter bleibt (nahezu) konstant.

Erklärung:

Eisen reagiert mit Schwefel zu Eisensulfid:



Bei dieser Umsetzung wird eine beträchtliche Menge an Entropie abgegeben. Aus dem Volumen an Wasser, das im Messzylinder aufgefangen wurde, kann auf diese Entropiemenge zurückgeschlossen werden (0,82 mL Schmelzwasser entsprechen der Entropieeinheit).

Entsorgung:

Das entstandene Eisensulfid wird in einem Behälter für anorganische Feststoffe gesammelt und anschließend der Entsorgung zugeführt.

Pneumatisches Feuerzeug

Geräte:

pneumatisches Feuerzeug bestehend aus
Unterteil, Zylinder und Kolben
Pinzette

Chemikalien:

Zunder z. B. Watte aus Baumwolle

Sicherheitshinweise:

–

Versuchsdurchführung:

Als Zunder wird etwas Baumwolle mit Hilfe der Pinzette in die kleine Aushöhlung im Unterteil gestopft. Anschließend wird der Zylinder auf das Unterteil aufgesetzt und der Kolben wenige Zentimeter in den Zylinder eingeführt. Dann wird der Kolben kräftig und schnell nach unten gedrückt.

Beobachtung:

Der Zunder flammt auf.

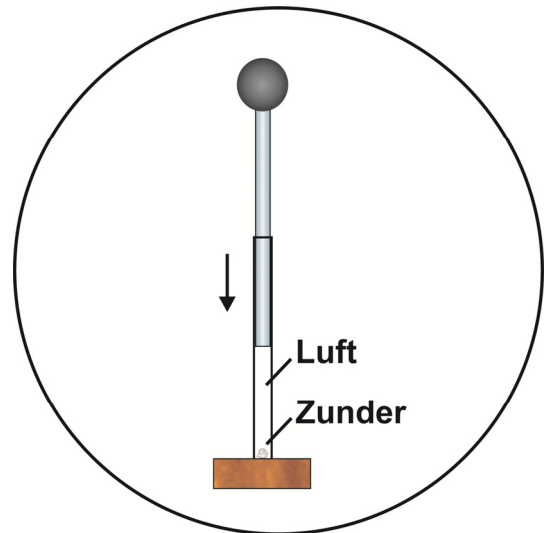
Erklärung:

Wird eine bestimmte Gasmenge wie z. B. Luft schnell komprimiert, so wird sie glühend heiß (adiabatische Kompression) (Erfolgt diese Kompression nicht schnell genug, so hat die Entropie Zeit, aus dem heißen Gas in die kalten Zylinderwände zu fließen und dementsprechend kühlt sich das Gas ab.). Dieser Effekt kann ausgenutzt werden, um einen Zunder zum Glühen zu bringen. Dabei wirkt der in der Luft enthaltene Sauerstoff gleichzeitig als Oxidationsmittel.

Dasselbe Prinzip wird in Dieselmotoren eingesetzt, um das Treibstoff-Luft-Gemisch zu zünden.

Entsorgung:

Die angesengte Baumwolle kann im Hausmüll entsorgt werden.



Temperaturverlauf beim Gummi-Dehnen

Geräte:

Gummiband (z. B. 3 x 20 x 50 mm)
mit durchbohrtem Thermoelement
Flatschreiber
2 Experimentierkabel

Chemikalien:

–

Sicherheitshinweise:

–

Versuchsdurchführung:

Nach dem Anschließen des Thermoelements mit Hilfe der Kabel wird der Flatschreiber-Nullpunkt auf die Papiermitte (50 %) eingestellt und das Gummiband im Wechsel gedehnt und entspannt. Der Messbereich muss entsprechend dem Thermoelement gewählt werden, der Papiervorschub sollte etwa 250 mm/min betragen.

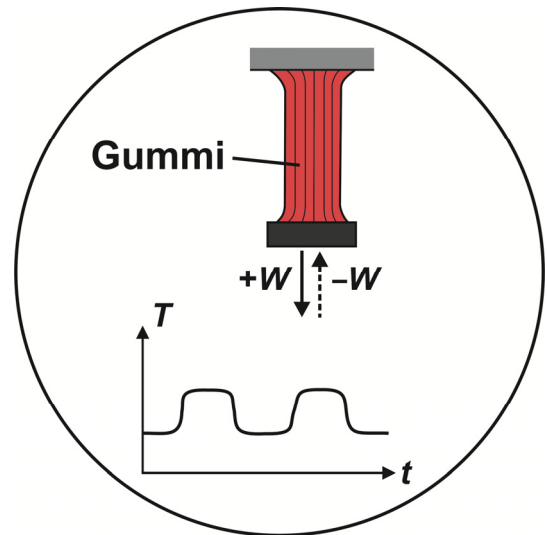
Beobachtung:

Die beim Dehnen beobachtete Temperaturerhöhung wird beim Entspannen wieder rückgängig gemacht, so oft man auch den Vorgang wiederholt. Der Temperaturverlauf $T(t)$ zeigt dementsprechend ein Rechteckprofil.

Erklärung:

Gummi reagiert auf eine Entropiezufuhr anders als die meisten Stoffe: Während sich Feststoffe, Flüssigkeiten oder Gase im Allgemeinen mit steigender Temperatur ausdehnen, zieht Gummi sich hingegen beim Erwärmen zusammen. Umgekehrt wird ein Stoff, der sich mit zunehmender Entropie zusammenzieht wie z. B. Gummi, beim Dehnen wärmer. Beim Loslassen passiert genau das Gegenteil. Dehnt man also ein Gummiband und entspannt es dann wieder, so wird es erst warm und dann wieder kalt. Die anfangs aufgewandte Energie erhält man beim Entspannen zurück. Der Dehnungsvorgang ist umkehrbar. Entropie wird kaum erzeugt, denn das Band ist am Ende genauso kalt oder warm wie am Anfang.

Die Ursache für das besondere Verhalten des Gummis liegt in seiner molekularen Struktur. Er besteht aus sehr langen Molekülketten, die im entspannten Zustand zusammengefaltet und wild verknäuelte sind. Wenn man den Gummi auseinanderzieht, werden die Moleküle gestreckt; dementsprechend nimmt die Unordnung und damit auch die Entropie ab. Die überschüssige Entropie wird an die Umgebung abgeführt, was die Temperaturerhöhung bedingt. Da es sich um einen entropischen Effekt handelt, spricht man bei dieser speziellen Eigenschaft von Gummi auch von Entropieelastizität.



Ergänzung:

In vereinfachter Form kann das Experiment auch im Alltag nachempfunden werden: Man hält ein gerade gezogenes Gummiband direkt oberhalb der Oberlippe, die besonders empfindlich auf Temperaturänderungen reagiert, an das Gesicht und zieht es nach einer kurzen Wartezeit zum Temperaturausgleich kräftig auseinander. Es wird spürbar warm. Man wartet kurz und lässt das Gummiband wieder zurückschnellen. Es wird kalt.



aus: <http://www.physlink.com/education>

Entsorgung:

—

Knatterboot

Geräte:

Knatterboot
große Schüssel, Waschbottich, kleiner Pool
oder ähnliches
Kerze
Streichhölzer oder Feuerzeug
Plastikpipette

Chemikalien:

Wasser

Sicherheitshinweis:

Da das Boot heiß wird, sollte man es während des Versuches und kurz danach nicht berühren.

Procedure:

Mit Hilfe der Plastikpipette wird Wasser solange in eines der kleinen "Auspuffrohre" gefüllt bis es aus dem zweiten Rohr wieder hinausläuft. Danach wird das Boot vorsichtig in eine wassergefüllte Schüssel (oder ähnliches) gesetzt, wobei darauf zu achten ist, dass das Wasser im Verdampfer verbleibt und sich beide "Auspuffrohre" unter Wasser befinden. Die Kerze wird in den Halter gestellt und der Docht angezündet. Anschließend wird der Halter behutsam unter den Verdampfer geschoben.

Beobachtung:

Nach kurzer Zeit setzt sich das Boot mit dem typischen Knattergeräusch in Bewegung.

Erklärung:

Das Knatterboot wird von einem sehr einfachen Wärmemotor ohne bewegliche Teile angetrieben. Kocht das Wasser, so wird ein kurzer Dampfstoß erzeugt, der dazu führt, dass das Wasser in den Rohren schwungvoll nach hinten ausgestoßen wird und sich das Boot vorwärts in Bewegung setzt (Phase 1). Nachdem der unter Überdruck stehende Heißdampf den Verdampfer verlassen hat, kondensiert ein Teil des Dampfes in den kühleren Bereichen der Rohre. Auf Grund des dadurch erzeugten Unterdruckes wird Wasser in die Rohre eingesaugt und erreicht schließlich auch den Verdampfer (Phase 2). Der Kreislauf kann erneut beginnen.

Der Verdampfer besteht aus einer kleinen flachen Metallpfanne, die nach oben hin durch ein leicht konvex gebogenes Stück Federstahlblech abgeschlossen wird. Diese Oberseite springt bei den schnellen Druckwechseln hin und her und erzeugt dabei das knatternde Geräusch, das dem Boot seinen Namen verliehen hat.

Entsorgung:

—

