Johannes Kepler Universität Linz
Institut für Experimentalphysik
Prof. Monika Turnwald

Schulversuchspraktikum 2000/2001

Protokoll

zu

WÄRME

Bernd Langensteiner
9655514

Jänner 2001

Inhalt:

1. Der Hintergrund – die Wärme (S. 2)
2. Anwendung im Labor-Gymnasium (S.2)
3. Die Kältemischung (S. 3)
4. Ein Wasserkocher aus Papier (S. 5)
5. Druckabhängigkeit des Siedepunktes (S. 5)
6. Das Münzventil (S.6)
7. Feuer und Flamme (S.7)
8. Wasser und Eis: und trotzdem kocht's (S. 8)
9. Kältemischung mit Kochsalz (Arbeitsblatt) (S. 9)
10. Wasserkochen im Papiertrichter (Arbeitsblatt) (S. 10)
11. Literatur

1. Der Hintergrund – die Wärme

Die Thermodynamik befasst sich mit Temperatur, Wärme und Umwandlung von Energie. Darüber hinaus beantwortet sie die Frage, ob ein Vorgang spontan ablaufen wird, und ermöglicht eine Aussage über seine Richtung. Viele wissenschaftlich und technische Anwendungen basieren auf der Thermodynamik, aber auch alltägliche Phänomene wie das Wetter folgen thermodynamischen Gesetzmäßigkeiten.
Die Temperatur ist uns vertraut als Maß dafür, wie warm oder wie kalt ein Körper ist. Genauer gesagt, ist sie ein Maß für die mittlere kinetische Energie der Moleküle im betreffenden Körper. Definition und Festlegung der Temperatur sind keineswegs trivial. Es ist nicht ganz einfach, die Temperatur so zu definieren, dass verschiedenartige Thermometer beim Messen der Temperatur desselben Objekts den gleichen Wert anzeigen. Anhand von Eigenschaften von verdünnten Gasen kann man aber eine Temperaturskala definieren und Gasthermometer konstruieren, deren Anzeigen übereinstimmen.

So ist dieses Thema für die Schule ein besonders geeignetes, denn von Natur aus sind wir durch unseren Tastsinn mit einem „Thermometer“ ausgestattet. Schon als Kind machen wir die Erfahrung, dass man einen Gegenstand erwärmen kann, indem man ihn in Kontakt mit einem heißeren Gegenstand bringt, also etwa einen Topf mit Wasser auf die Herdplatte stellt. Will man einen Körper abkühlen, dann bringt man ihn in Kontakt mit einem kälteren. So stellt man beispielsweise die Mineralwasserflasche in den Kühlschrank. Die meisten Körper dehnen sich bei steigender Temperatur aus. Das gilt auch für Gase, wenn man ihnen genügend Raum zum Ausdehnen bietet; hält man sie aber bei konstantem Volumen, dann steigt ihr Druck. Bei Metallen nimmt beim Erwärmen der elektrische Widerstand zu. Eine physikalische Eigenschaft, die mit der Temperatur variiert und die sich zur Temperaturmischung heranziehen lässt, nennen wir eine thermometrische Eigenschaft. Ihre Änderung ist ein Indiz dafür, dass der Körper nun eine andere Temperatur hat.

2. Anwendung im LABOR – Gymnasium

Wie geht man es an, wie soll man beginnen ? Das Thema WÄRME, ein Thema der 2., 3. und 6. Klasse (G, RG), eignet sich geradezu ideal für ein Labor-Gymnasium und für einen „direkten Einstieg“, d.h. ich würde mit einer direkten Versuchsreihe beginnen und diese dann aufarbeiten, nachbesprechen und nachbearbeiten (dies durchaus mithilfe von Arbeitsblättern).
Sorgfältig ausgewählte Beispiele werden eng in den Lehrstoff eingearbeitet, um grundlegende Aussagen illustrativ zu verdeutlichen, neu auftretende Probleme und Schwierigkeiten praxisnah vorzubereiten.
Nach Möglichkeit sollen eventuell auch Referate die Freude am Physikunterricht und vor allem die Eigenständigkeit der Schüler fördern. Wichtigste Grundbedingung dafür ist sicherlich eine klare und verständliche

Darstellung des Stoffes. Darüber hinaus lässt sich Motivation wohl am ehesten durch Beispiele und Aufgaben fördern, die faszinierende Phänomene und Beobachtungen erklären oder auf Fragen eingehen, die schon lange interessieren, aber anderswo unbeantwortet blieben. Auch dazu eignet sich das Thema der WÄRME geradezu hervorragend. Hier werden tatsächlich auch Dinge des täglichen Lebens klar, über die man sich oft keine Gedanken macht, also selbstverständliche Dinge, die man aber eigentlich gar nicht versteht.

Zunächst ist eines der wesentlichsten Ziele des Physikunterrichts, das Anschauungsvermögen der Schüler und damit auch die Nutzung dieser Anschaulichkeit zu formen und natürlich zu fördern. Gerade in einem Labor-Gymnasium scheint es von größter Bedeutung zu sein, Selbsttätigkeit und Selbstständigkeit besonders hervorzuheben und auch Problemlöseverhalten und Kreativität (insbesondere kombinierendes Denken) zu fördern.

In diesem Sinne möchte ich nun einige Versuche beschreiben, die man durchführen könnte. Im Anschluss findet man einige Beispiele zur Erstellung von Arbeitsblättern zu verschiedenen Themen und Versuchen.

3. Die Kältemischung

Um „Kälte“ zu erzeugen, gibt es verschiedene Möglichkeiten und Methoden. In modernen Laboratorien findet man heute technische Geräte, die mit einem Kühlfinger tiefe Temperaturen dort erzeugen können, wo sie gebraucht werden. Diese Geräte arbeiten mit Kompressionsmaschinen mit Ammoniak, Propan oder Ethan als Kältemittel. Das Herstellen von Kältemischungen, gemeint sind Lösungen von festem Kohlenstoffdioxid in geeigneten Lösemitteln oder die Mischungen von Salzen in Eis oder Eiswasser sind immer noch probate Mittel, in kleinen Dimensionen „Kälte“ zu erzeugen. In der folgenden Tabelle sind solche Kältemischungen zusammengestellt.

Stoff	**g des Stoffes in 100 g**	**gelöst in**	**erreichte Temperatur**
NaCl	23	Eis	-21°C
NaBr	39	Eis	-28°C
$CaCl_2\ 6H_2O$	55	Eis	-40°C
$CaCl_2$	30,2	Eis	-50°C
CO_2	30,2	Alkohol	-72°C
CO_2	30,2	Aceton	-86°C

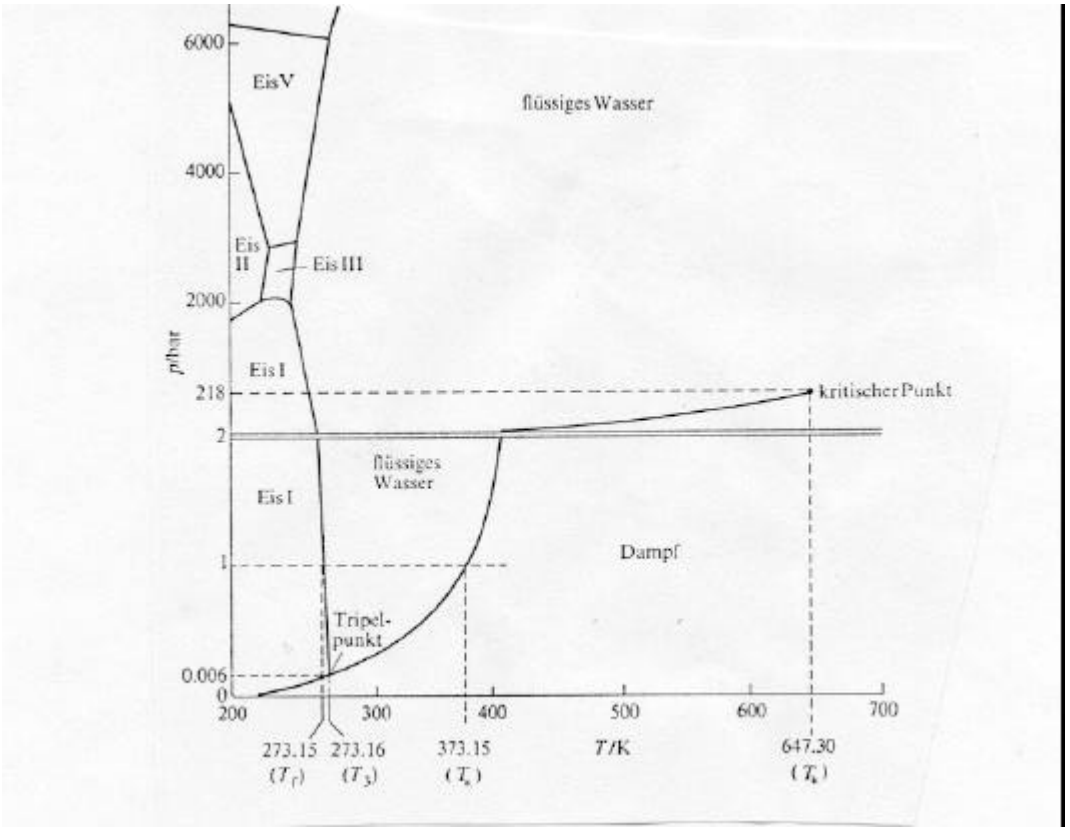
Es ist ja allgemein bekannt, dass Kochsalz als Taumittel eingesetzt wird (dies ist wiederum eine alltägliche Erscheinung, die auch den Schülern bekannt ist). Streut man Kochsalz auf Eis, so verflüssigt sich das Eis nach kurzer Zeit. Dieser Tauvorgang wird gemeinhin auch mit dem Schmelzen in Verbindung gebracht, wobei das Schmelzen jedoch immer mit einer Wärmezufuhr verbunden ist. Bei der Salzzugabe ist es aber nicht so. Die entstehende Kochsalzmischung zeigt eine tiefere Temperatur als das Eis vorher hatte. Der Grund zu diesem Phänomen liegt in Naturgesetzen, die von dem

französischen Chemiker Francois Raoult 1882 bis 1886 systematisch erforscht wurden (auch bekannt als Raoult'sches Gesetz). Das Gesetz besagt, dass Lösungen von Kochsalz in Wasser einen tieferen Gefrierpunkt haben als das reine Wasser selbst. Aus diesem Grund kommt es zur „Verflüssigung" eines Salz-Eis-Gemisches. Die Gefrierpunktserniedrigung ist abhängig von der Konzentration des Kochsalzes in der Lösung. In der folgenden Tabelle sind die Salzmengen und im Experiment erreichten Temperaturwerte aufgelistet.

Kochsalz in jeweils 100 mL Eiswasser

NaCl	1g	2g	3g	5g	10g	15g	20g	25g	30g
°C	-1	-1,5	-2	-2,5	-6	-9	-13	-13	-13

Aus den Ergebnissen ist zu sehen, dass die in der ersten Tabelle genannte Temperatur von –21°C nicht erreicht wurde. Das liegt zweifellos daran, dass bei den hier vorgestellten Ergebnissen Eiswasser verwendet wurde und nicht Eis allein (in unserem Versuch im Schulversuchpraktikum haben wir –17°C erreicht). Weiterhin fällt auf, dass sich bei Zugabe von mehr als 20g Kochsalz keine tiefere Temperatur einstellte als –13°C. Dieses Phänomen ist mit der Tatsache zur erklären, dass sich nach dem Auflösen von 20g Salz die Lösegeschwindigkeit drastisch verkleinert und das verbliebene ungelöste Restsalz keinen Beitrag zur Temperaturerniedrigung mehr liefert.
Die Temperatursenkung im Eiswasser kommt dadurch zustande, dass Wärmeenergie gebraucht wird, um die Natrium- und Chlorid-Ionen aus dem Kristallgitter des Kochsalzes herauszulösen. Diese Energie (Wärmemenge) wird dem Lösemittel entnommen, das sich dabei abkühlt. Eine tiefergehende Betrachtung würde uns aber zu weit in die Chemie führen, dies sei dem Chemiker überlassen. Als Ergänzung zu diesem Thema findet man hier das Phasendiagramm von Wasser mit den verschiedenen festen Phasen. Im Anhang findet sich ein Arbeitsblatt (etwa für die Durchführung in einem Labor-Gymnasium) mit der Versuchsanleitung.



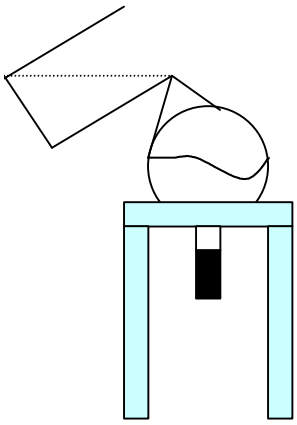
4. Ein Wasserkocher aus Papier

Dies ist ein wenig aufwendiger aber dennoch interessanter und eigentlich verblüffender Versuch, der auf die Schüler sicherlich Eindruck macht. Zunächst benötigen wir ein DIN A4 Blatt, einen Bunsenbrenner, Büroklammern, Stativmaterial, etwa einen dünnen Eisennagel, sowie einen Metallstab aus Eisen (etwa ein Stativstab). Zusätzlich könnte man noch einen Metallring aus Kupferdraht verwenden, damit der Becher wirklich perfekt wird.

Die Papiertüte füllt man randvoll mit Wasser und erwärmt sie mit dem Bunsenbrenner. Das verblüffende Ergebnis für die Schüler: das Wasser siedet, ohne dass die Papiertüte dabei verbrennt. Die durch die Bunsenbrennerflamme zugeführte Wärmeenergie wird wegen der geringen Papierdicke unmittelbar an die angrenzende Wasserschicht geleitet. Wegen der Temperaturabhängigkeit der Wasserdichte kommt es zu einer Wärmeströmung, die nach einiger Zeit zur Erwärmung des gesamten Wassers bis zum Sieden führt. Solange der Trichter randvoll mit Wasser gefüllt ist, kann sich das Papier nur bis zu einer Temperatur von 100°C erwärmen. Somit bleibt die Entzündungstemperatur für Papier aber deutlich unterschritten.

Der Lerneffekt ist umso wirksamer, da den Schülern Papier als ein leicht entflammbarer Stoff bekannt ist. Deshalb ist es vernünftig, von den Schülern im Vorfeld des Experiments einen möglichen Versuchsausgang formulieren zu lassen. Dabei werden sie außer Acht lassen, dass ein Großteil der zugeführten Wärmeenergie an das Wasser abgeleitet wird, und somit der Flammpunkt des Papiers nicht erreicht werden kann. Es kommt also zu einem Konflikt aus Gelerntem und Wahrnehmung.

Vor der Versuchsdurchführung sollte man die Gesetzmäßigkeiten zum Wärmetransport (also Wärmeleitung, Wärmeströmung und Wärmestrahlung) behandelt haben, sodass der Versuch als Wiederholung für die Einzelphänomene des Wärmetransports stattfinden kann.
Im Anhang finden Sie wiederum ein Arbeitsblatt mit der Versuchsanleitung und Aufgaben (ferner sind dort auch die entsprechenden Abbildungen zu finden).



5. Druckabhängigkeit des Siedepunktes

Wir bringen in einem Rundkolben Wasser zum Sieden, nehmen ihn dann von der Flamme weg und verschließen ihn fest mit einem Gummistopfen. In einem Kochring oder Dreibein hängen wir ihn nun verkehrt auf: durch die natürliche Abkühlung kondensiert der Wasserdampf, wodurch verringerter Druck über dem Wasser im Kolben

entsteht. Das Wasser siedet immer wieder einmal auf (Oberfläche wallt). Der Vorgang wird gefördert durch Übergießen mit kaltem Wasser. Den Schülern werden die Zusammenhänge dieses Experiments nicht auf den ersten Blick klar sein, es bedarf daher vermutlich einiger Erklärung seitens des Lehrers. In unserem Versuch im Schulversuchspraktikum sind wir auf eine Siedetemperatur von 25°C gekommen.

Die Siedetemperatur von Wasser ist vom Umgebungsdruck abhängig. Der Dampfdruck einer Flüssigkeit steigt nicht proportional mit der Temperatur des Wassers. Eine Flüssigkeit siedet, wenn Umgebungsdruck und Dampfdruck gleich groß sind. Zu Beginn des Versuchs siedet das Wasser. Der Wasserdampf verdängt dabei weitgehend die Luft aus dem Glaskolben. Kühlt Druck im Innern des Kolbens als auch der Dampfdruck. Das Wasser beginnt erneut bei der Temperatur zu sieden, bei der Dampfdruck gleich Umgebungsdruck ist. Für die Schüler ergibt sich auch bei diesem Experiment ein Konflikt, denn sie wissen, dass Wasser bei einer Temperatur von 100°C siedet. Dieses Experiment zeigt aber, dass die Siedetemperatur auch durch Abkühlung zu erreichen ist. Auch hier gerät das bisherige Wissen in Widerspruch zur Beobachtung beim Experiment.

Nachdem die Schüler die Temperaturskala mit Siede- und Gefrierpunkt für Wasser kennengelernt haben, sollen sie hier den Zusammenhang zwischen Siedepunkt und Druck erkennen. Vergleiche könnte man auch mit dem Kochen im Hochgebirge herstellen, die praktische Anwendung dieses Phänomens.

6. Das Münzventil

Zu diesem Experiment brauchen wir eine Glasflasche (möglichst sauber und natürlich leer) und eine Münze, welche die Flaschenöffnung gerade verschließt. Am günstigsten ist es, wenn die Flasche sehr kalt ist, d.h. man könnte die Flasche fallweise vorher in einem Wasserbad abkühlen. Der Rand der Flaschenöffnung wird mit Wasser befeuchtet, auf die Öffnung legt man die Münze. Nun umfasst man die Flasche mit beiden Händen und wartet einen Augenblick. Nach kurzer Zeit beginnt die Münze zu „hüpfen“. Dieser Vorgang wiederholt sich mehrmals, wenn man die Flasche nur genügend fest mit den Händen umschließt.

Die Erklärung ist einfach, denn die Wärmeenergie der Hand wird über das Glas auf die Luft in der Flasche übertragen. Die Luft dehnt sich aus und entweicht von Zeit zu Zeit durch die Flaschenöffnung. Gerade in Labor-Gymnasien eignet sich dieser Versuch hervorragend um die Problematik der Wärmeausdehnung von Gasen einzuführen. Vergleichsweise wird auch eine Luftmatratze in der Sonne prall.

Eine weitere interessante Geschichte zu diesem Experiment ist der automatische Tempeltüröffner von Heron von Alexandrien (100 v.Chr.): Nach dem Entzünden eines Feuers auf einem Altar, öffneten sich die Türen des Tempels von selbst, um sich nach dem Erlöschen wieder selbst zu schließen. Das Altarfeuer erzeugt in einem verborgenen Kessel Dampf, der Wasser in einen Kübel drückt. Der sinkt durch sein Gewicht und dreht über eine Walze die Tür auf. Nach dem Erlöschen kondensiert der Dampf, das Wasser wird aus dem

Kübel gesaugt, ein Gegengewicht schließt die Tür wieder (auch so kann Religion betrieben werden). Welch göttliches Wunder!

7. Feuer und Flamme

Jedem scheinen die Begriffe Feuer und Flamme klar zu sein, doch ganz so ist es nicht. Wir müssten dazu zunächst den Begriff des Flammenkerns beschreiben. Dies wollen wir hier kurz tun (alle ausführlichen Erklärungen finden sich in Chemiebüchern, dies würde hier zu weit führen). Der Flammkern besteht aus unverbrannten Gasen. Der Flammkern befindet sich im unteren Teil einer Flamme. Aus dem Flammkern der leuchtenden Gasflamme und der Kerzenflamme werden brennbare Gase abgeleitet, die festen Brennstoffe (Paraffin, Stearin) werden also vor ihrer Verbrennung erst vergast.
Hier ergeben sich einige interessante „kleine“ Versuche, so könnte man etwa zeigen, dass der Flammenkern „unglaublicherweise“ kalt ist: dazu hält man einen längeren Holzspan in eine nichtleuchtende Brennerflamme, so dass er durch alle Teile der Flamme hindurchreicht. Nach kurzer Zeit zieht man ihn schnell wieder heraus. Den gleichen Versuch wiederholt man mit einem Blatt Papier. Das Ergebnis ist verblüffend: Der Holzspann zeigt zwei Brandzonen im Flammenmantel der nichtleuchtenden Flamme. Zwischen ihnen ist das Holz unverändert geblieben. Bei raschem Arbeiten beobachtet man auf einem in die Flamme gehaltenen Papierblatt einen Brandring. Und wieder bleibt der vom Brandring umschlossene Teil des Papiers unverändert.

Zusammenfassend können wir uns also merken: die leuchtende Flamme enthält die folgenden Zonen:

a) einen **blauen Kern** (besteht aus unverbranntem Gas; ist der kälteste Teil der Flamme)
b) einen **leuchtenden Flammenmantel** (hier leuchten die Kohlenstoffteilchen hell auf und können wegen Sauerstoffmangel nicht verbrennen)
c) einen **sehr schmalen, nichtleuchtenden Flammensaum** (hier verbrennt der Kohlenstoff; heißester Teil der Flamme)

Ein weiterer Versuch betrifft die geteilten Flammen. Dazu brauchen wir natürlich einen Bunsenbrenner, ein Kupferdrahtnetz und stabiles Stativmaterial. Wir stellen die Flamme relativ groß ein und halten das Kupfernetz über die Flamme, bewegen es langsam nach unten und stellen fest, dass man die Flamme mit dem Netz „zusammendrücken“ kann. Oberhalb des Netzes ist keine Flamme zu beobachten.

Umgekehrt könnten wir das Netz etwa 10cm über den Bunsenbrenner halten und erst dann den Gashahn öffnen und das Feuer über dem Kupfernetz entzünden. Wir stellen fest, dass die Flamme nur oberhalb des Netzes brennt. Bei hoher Temperatur schlägt sie allerdings nach unten durch. Und wieder ist das Ergebnis für die Schüler überraschend.

Die Erklärung sollte sofort im Anschluss an den Versuch erfolgen: wegen der hohen Wärme-Leitfähigkeit von Kupfer wird der Flamme durch das Netz ein

Großteil der Wärme entzogen. Deswegen erreicht das Gas oberhalb bzw. unterhalb des Netzes nicht mehr die Entzündungstemperatur.
Die Schüler haben die Aufgabe mithilfe des bisher Gelernten eine Erklärung zu finden. Wieder werden sie im Widerspruch zu der Beobachtung sein.

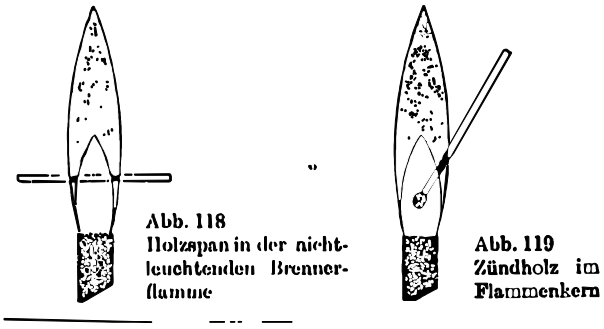
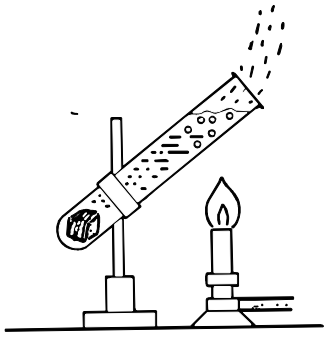


Abb. 118
Holzspan in der nichtleuchtenden Brennerflamme

Abb. 119
Zündholz im Flammenkern

8. Wasser und Eis: und trotzdem kocht's

Wir nehmen ein Reagenzglas und geben einen Eiswürfel hinein. Um den Eiswürfel zu beschweren, geben wir eine Metallkugel hinein (wir können den Eiswürfel auch mit Lötzinn umwickeln). Dann füllen wir das Reagenzglas zu ca. ¾ auf, und zwar mit Wasser. Nun fixieren wir das Reagenzglas in dementsprechender Schräglage an einem Stativ und bringen das Wasser im oberen Teil des Glases mit einem Bunsenbrenner zu Sieden. Und da ist es auch schon wieder: ein verblüffendes Ergebnis. Auch wenn das Wasser im oberen Teil länger siedet, schmilzt das am Boden liegende Eis nicht. Der Grund dafür liegt in der geringen Wärmeleitfähigkeit von Wasser. Da die Dichte des Wassers mit steigender Temperatur abnimmt, wird das erwärmte Wasser nur im oberen Teil des Glases zirkulieren. Dies kann man wunderbar durch Zugabe einiger Tropfen Lebensmittelfarbe demonstrieren.
Für die Schüler ist allerdings klar, dass das Eis nach längerem Sieden des Wassers schmelzen wird. Dies führen die Schüler fälschlicherweise auf das Schmelzen von Eis auf Seen oder in eisgekühlten Getränken zurück.
Dieses Experiment könnte man in einem Laborgymnasium als Einstieg zur Wärmeleitfähigkeit von Flüssigkeiten durchführen lassen, nachdem in der vorangegangenen Stunde die Wärmeleitfähigkeit von festen Stoffen behandelt wurde.



Arbeitsblatt

Kältemischung mit Kochsalz

EINLEITUNG: Um den Zusammenhang zwischen Konzentration des Kochsalzes und der Gefrierpunktserniedrigung experimentell zu untersuchen, werden in 100 mL Eiswasser unterschiedliche Mengen Kochsalz gelöst. Vor und während des Löseprozesses wird die Temperatur gemessen.

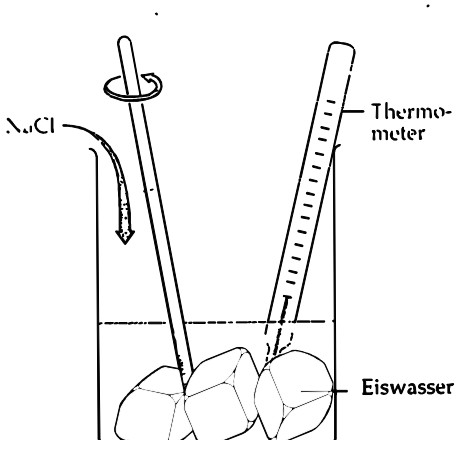
VERSUCHSANWEISUNG: Verwende Bechergläser (250 mL) mit einer Inhaltsangabe (Graduierung) und gib etwa 80 mL Eisstückchen hinein. Dann fülle mit Wasser auf etwa 100 mL auf und warte, bis eine Temperatur von 0°C erreicht wird (dies kannst Du mit einem Thermometer feststellen). Sind diese 0°C erreicht, gib Salz dazu und rühre kontinuierlich mit einem Glasstab um und messe die Temperatur, bis sie sich nicht mehr ändert.

ARBEITSANWEISUNG:

a) Messe alle 10 Sekunden und trage die Temperatur in untenstehende Tabelle ein.
b) Führe dieses Experiment für eine Kochsalzmenge von 5g, 15g, 20g und 30g durch.

NaCl	10s	20s	30s	40s	50s	60s	70s	80s	90s	100s	110s	120s
5g	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
15g	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
20g	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
30g	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C

c) Versuche eine Erklärung für den in der Tabelle festgestellten Zusammenhang zu finden.
d) Auch im Straßenverkehr wird Kochsalz verwendet. Warum und wozu ? „Schmilzt“ das Eis auf der Straße wirklich ? Was passiert ?



Arbeitsblatt

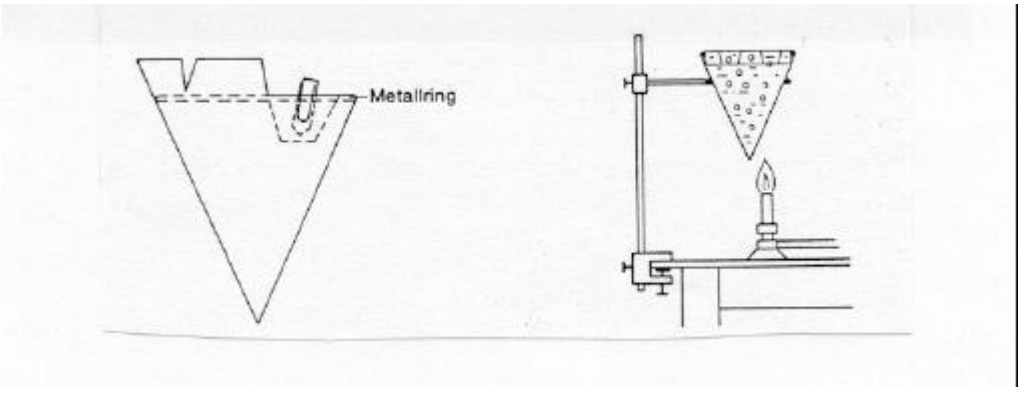
Wasserkochen im Papiertrichter

ANLEITUNG: Zeichne einen Kreis mit einem Durchmesser von ca. 20 cm auf einem Blatt Papier und schneide ihn mit einer Schere aus. Damit das Papier durch den Zirkel nicht zerstochen wird, deckt man den Mittelpunkt des Kreises etwa mit einem Radiergummi ab. Wenn der Kreis ausgeschnitten ist, falte den Kreis so, dass Du ihn halbierst, dann falte ihn nochmals in dieser Weise, sodass Du ihn jetzt viertelst. Nun öffne dieses Kreissegment zu einem Trichter. Und zwar so, dass sein Mantel aus einer bzw. drei Lagen Papier besteht. Nun benötigen wir einen Metallring aus Kupferdraht mit ca. 9cm Durchmesser. Dieser ist mit leichtem Druck in die geöffnete Papiertüte zu schieben. Der über dem Metallring stehende Teil der Tüte wird an einigen Stellen keilförmig bis zum Ring eingechnitten, über diesen nach innen geklappt und in dieser Lage mit einigen Büroklammern befestigt. Der eigntliche Versuchsaufbau erfolgt nach untenstehender Abbildung.

VERSUCHSANWEISUNG: Nun fülle den Papiertrichter randvoll mit Wasser und erwärme ihn mit einem Bunsenbrenner. Diese Erwärmung sollte auf der Seite mit der einlagigen Trichterwandung geschehen.

ARBEITSANWEISUNG:

a) Bevor Du den Versuch durchführst: was wird passieren?
   .....
   .....
b) Führe den Versuch durch und versuche zu beschreiben, was tatsächlich passiert. Versuche eine Erklärung dafür zu finden.
c) Bastle nun nochmals einen derartigen Trichter und fülle in mit Eiswürfeln. Führe den Versuch mit den Eiswürfeln nochmals durch und erläutere wieder was passiert und warum dies so ist.
d) Nun wickle einen Papierstreifen ganz fest um einen Eisennagel und erhitze diese Konstruktion über dem Bunsenbrenner. Vorsicht: am besten ist, Du spannst den umwickelten Nagel an einem Stativ ein.
   Was passiert hier ? Warum ?



LITERATUR

Unterlagen der ARGE Physik, SS 2000
Experiment mit Spaß, Rentzsch
Physik, P.A. Tipler

größer ist als bei jeder größeren, aber auch jeder kleineren Temperatur.

Kommen wir noch einmal auf den Streit zwischen Evelyn und Jürgen zurück: wenn mit "warm" und "kalt" genau die Temperatur gemeint ist, hat Jürgen recht, wenn aber mit "kalt" die Fähigkeit gemeint ist, andere Körper zu kühlen, so spielt auch die Schmelzwärme eine Rolle, und in diesem Sinne hätte Evelyn recht. In der Umgangssprache sind solche Wörter noch nicht eindeutig physikalischen Größen zugeordnet, sondern umfassen oft mehrere verwandte.

Wenn Du es genauer nachrechnen willst:

1 g Eis benötigt 334 Ws (Ws heißt Wattsekunde und ist eine Einheit für die Arbeit oder die Energie, 3600000 Ws sind eine Kilowattstunde = 1 kWh) zum Schmelzen, ein Gramm Wasser benötigt für jedes Grad, um das es erwärmt werden soll, 4,2 Ws. Damit kannst Du die Mischungstemperatur auch für den Versuch II nachrechnen.

H3 Der Wasserkocher aus Papier

Elvira erzählt zuhause, was der Physiklehrer Aufregendes gezeigt hat: er hat in einem Papierbecher Wasser kochen lassen, und zwar bei Zimmertemperatur, unter einer Glasglocke (die auf den altertümlichen Namen "Rezipient" hört) und mit einer Vakuumpumpe. Ihr Bruder Werner findet das überhaupt nicht aufregend. Er könne auch ohne Vakuum Wasser in einem Papierbecher kochen, sogar richtig mit Feuer, sagt er.

Was Du dazu brauchst:

ein quadratisches Blatt Schreibpapier, eine Zange oder einen Drahtbügel zum Anfassen, eine Kerze oder Gasflamme, Wasser.

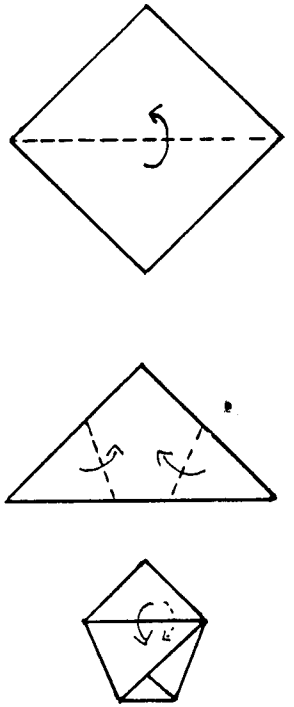
Wie es gemacht wird:

Falte aus dem Papier einen Becher nach der Skizze. Achte darauf, daß die Flamme möglichst nicht überstehendes trockenes Papier erfaßt, sondern nur die Stellen, an denen nur *eine* Papierschicht zwischen der Flamme und dem Wasser ist.

Wie man es erklären kann:

Die Erklärung ist sehr einfach: Wasser siedet bei 100 °C, Papier braucht aber eine wesentlich höhere Temperatur, um Feuer zu fangen, und offenbar leitet das Papier die Wärme gut genug, um das Temperaturgefälle zwischen Innen- und Außenseite klein genug zu halten.

Und wie ist das nun mit dem Vakuum? Beim Kochen versuchen die Wassermoleküle, in der Flüssigkeit kleine Dampfblasen zu bilden. Je heißer es ist, um so besser können sie das, gehindert werden sie aber vom äußeren Luftdruck, der sie zusammendrückt. Ist die Temperatur für den jeweiligen Druck zu klein, kocht es nicht, paßt die Temperatur gerade, so kocht es, aber da das Verdampfen Energie benötigt, kann beim Kochen nur so schnell Wasser verdampfen, wie es die Energiezufuhr erlaubt. Bei einem sehr kleinen Luftdruck (etwa 3% des normalen) genügt schon Zimmertemperatur zum richtigen Kochen (nicht etwa nur zum Verdunsten, das findet immer statt, wenn die Luft trocken genug ist).



So kann man einen Becher falten, in dem das Wasser gekocht wird. Von den beiden oberen Zipfeln im dritten Bild wird einer nach vorne, der andere nach hinten geklappt. Der Zwischenraum wird so ausgebeult, daß man das Wasser eingießen kann.

Wenn man etwas Nasses (z.B. Essen) auf den Ofen stellt, so wird es nicht heißer als 100 °C (falls es nicht trocknet und dann anbrennt), denn wenn diese Temperatur erreicht wird, verdampft erst einmal das Wasser, bevor es wärmer werden kann. Will man das Essen in kürzerer Zeit garen, braucht man dazu eine höhere Temperatur. Die erreicht man in einem Drucktopf bei erhöhtem Druck.

H4 Darf das Nordpolareis schmelzen?

Marion:

Ich hab irgendwo gelesen, wenn das Eis am Nordpol schmilzt, dann wird ganz Norddeutschland überschwemmt.

Carsten:

Wenn Du das mal nicht verwechselst! Das war wohl eher das Eis vom Südpol.

Marion:

Und wo soll da ein Unterschied sein?

Carsten:

Das Eis am Südpol liegt auf einem Festland, nämlich dem Kontinent Antarktika, und läuft herunter, wenn es schmilzt, das am Nordpol dagegen schwimmt auf dem Wasser.