N 75

PHYSIK

SECHSTES SCHULJAHR

PHYSIK

EIN LEHRBUCH
FÜR DAS SECHSTE SCHULJAHR

Die wichtigsten Eigenschaften der Körper
Vom Messen — Von der Wärme

Mit 135 Abbildungen

Ausgabe 1957

VOLK UND WISSEN VOLKSEIGENER VERLAG BERLIN
1958

Verfaßt von

Josef Fischer, Heinrich Paucker, Georg Sprockhoff

Zeichnungen von Kurt Dornbusch

Herausgegeben von Georg Sprockhoff

Redaktionsschluß: 1. Juni 1958

Bestell-Nr. 02602-3 · 1,75 DM · Lizenz Nr. 203 · 02602-3/1000/58 (DN)
Textkarte genehmigt: K 1 MdI der DDR Nr. 3391/3
Satz: VEB Leipziger Druckhaus, Leipzig (III/18/203)
Druck: Peter-Presse. Leipzig (III/18/20)

Inhaltsverzeichnis

I. Die wichtigsten Eigenschaften der Körper — Vom Messen 5

§ 1. Die gegenseitige Verdrängung der Körper 5
§ 2. Raummessungen 8
§ 3. Längenmessungen 12
§ 4. Das Messen von Stoffmengen durch Wägen 19
§ 5. Die Verformbarkeit fester Körper 23
§ 6. Einiges über Flüssigkeiten — Verbundene Gefäße 30
§ 7. Wasserleitungen und Schleusen 36
§ 8. Einiges über die Gase 40
§ 9. Die drei Aggregatzustände 43

II. Von der Wärme 46

§ 10. Die Temperatur 46
§ 11. Wärmequellen 53
§ 12. Vom Ofen und vom Kochherd 54
§ 13. Die Ausdehnung der Körper beim Erwärmen 60
§ 14. Die Ausbreitung der Wärme 68
§ 15. Schmelzen und Erstarren 77
§ 16. Die Gießtechnik 83
§ 17. Verdampfen und Kondensieren 86
§ 18. Das Verdunsten einer Flüssigkeit 89
§ 19. Einiges über das Wetter 93

Namen- und Sachverzeichnis 98

Fremd- und Fachworterklärung 100

Die Abbildungen tragen die Seitenzahlen als Nummern. Sie werden auf jeder Seite durch eine Ziffer gekennzeichnet, die hinter einem Trennstrich beigefügt ist.
Die durch einen Stern gekennzeichneten Worte sind in der Fremd- und Fachworterklärung auf Seite 100 enthalten.

Quellenverzeichnis der Abbildungen

Werkphoto VEB Bodenbearbeitungsgeräte Leipzig: Abbildung 24/6. Braunkohlenarchiv: Abbildungen 59/1 und 63/2. Dewag, Berlin: Abbildungen 20/2 und 50/2. Kurt Glaß, Brocken: Abbildungen 93/1, 94/1, 94/2, 94/3, 94/4. Heinz Krüger, Falkensee: Abbildungen 9/1, 13/2, 25/2, 26/1, 33/1, 34/3, 35/2, 49/1, 74/1b, 96/1. Werkphoto VEB Meßgeräte- und Armaturenwerk Karl Marx, Magdeburg: Abbildung 51/1. Produktionsgenossenschaft Fototechnische Werkstätten, Berlin: Abbildungen 5/2, 13/1, 20/1, 21/1, 25/1, 27/1, 41/2, 42/3, 47/1, 48/1, 49/2, 50/1, 58/1, 58/2. Bildstelle Reichsbahndirektion Halle (Saale): Abbildung 63/1. Werkphoto VEB Schwermaschinenbau Ernst Thälmann, Magdeburg: Abb. 29/2. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Bildarchiv: Abbildung 27/2 und 85/1. Dr. Wolfgang Warmbt, Radebeul: Abbildung 91/1. Zentralbild, Berlin: Abbildungen 28/1, 29/1, 74/1a. Die Abbildungen 78/1a bis d wurden hergestellt nach Mikrophotogrammen von W. A. Bentley, „Die Naturwissenschaften" 18 (1930), Heft 11.

I. Die wichtigsten Eigenschaften der Körper

Vom Messen

§ 1. Die gegenseitige Verdrängung der Körper

1. Die gegenseitige Verdrängung der festen Körper. Wir spielen mit Murmeln und stoßen eine Murmel mit dem Finger vorwärts. Die rollende Murmel stößt gegen eine andere und *verdrängt* sie von ihrem Platz (Abb. 5/1). Wir legen einen Holzklotz und einen Schlüssel auf den Tisch. Wir schieben den Holzklotz dahin, wo der Schlüssel liegt. Wie vorher die Murmel, wird jetzt der Schlüssel *verdrängt*.

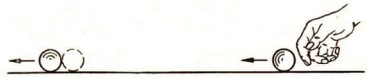


Abb. 5/1. Verdrängen einer Murmel durch eine andere

In ein Becherglas schütten wir feinen, trockenen Sand und drücken einen spitzen Holzstab in den Sand. Der Stab schiebt die Sandkörnchen beiseite. Dasselbe geschieht, wenn ein Pfahl in den Erdboden gerammt wird. Was geschieht, wenn ein Nagel in ein Brett eingeschlagen wird?

Die Murmeln, der Holzklotz, der Schlüssel, der Sand, der Holzstab, der Nagel, das Brett sind **feste Körper.** Aus allen unseren Beobachtungen erkennen wir:

Feste Körper verdrängen sich gegenseitig.

2. Die Verdrängung von Flüssigkeiten und Gasen. Außer den festen Körpern gibt es **Flüssigkeiten** und **Gase.** Zu den Flüssigkeiten gehören das Wasser, die Milch und das Öl. Gase sind beispielsweise die Luft und das Stadtgas. Wir wollen jetzt untersuchen, ob auch Flüssigkeiten verdrängt werden. Dazu füllen wir einen Standzylinder halb mit Wasser (Abb. 5/2). Dann binden wir einen Faden an einen Stein und senken den Stein in das Wasser. Von dem Augenblick an, in dem der Stein in das Wasser eintaucht, steigt die Wasseroberfläche; das *Wasser wird verdrängt* (Abb. 6/1). Es steigt so lange, bis der Körper ganz unter die Wasseroberfläche getaucht ist. Was

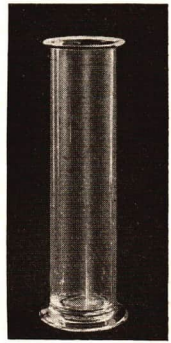


Abb. 5/2. Standzylinder, ein zylindrisches schlankes Gefäß zur Aufnahme von Flüssigkeiten

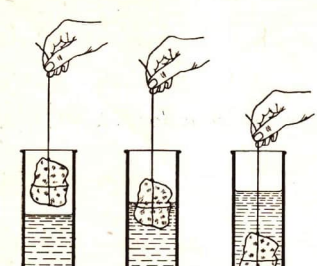


Abb. 6/1. Beim Eintauchen eines Körpers in eine Flüssigkeit steigt der Flüssigkeitsspiegel.

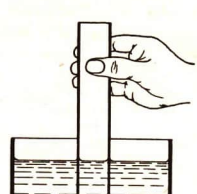


Abb. 6/2. In einem an beiden Enden offenen Glasrohr, das wir senkrecht in Wasser tauchen, steht das Wasser ebenso hoch wie außerhalb des Rohres.

geschieht, wenn wir den Stein wieder aus dem Wasser ziehen? Was beobachtest du, wenn du ein Stück Eisen an einem Faden in das Wasser senkst?

Aus allen Beobachtungen erkennen wir:

Feste Körper verdrängen Flüssigkeiten.

In ähnlicher Weise prüfen wir nun nach, wie sich Gase gegenüber Flüssigkeiten verhalten.

Wir füllen eine Glaswanne halb mit Wasser. Dann nehmen wir ein möglichst weites Glasrohr und senken es ins Wasser. Dabei steigt die Wasseroberfläche kaum an (Abb. 6/2). Im Rohr steht das Wasser ebenso hoch wie außerhalb des

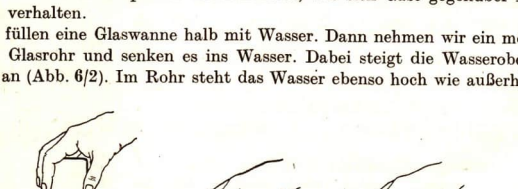


Abb. 6/3. Eintauchen eines umgestülpten Becherglases in Wasser: a) Vor dem Eintauchen, b) Das Wasser dringt in das Glas, das mit der Öffnung zuerst eintaucht, nicht ein, c) Die Korkscheibe mit der Papierfahne schwimmt auf der Wasseroberfläche unter dem Glas.

Rohres. Verschließen wir dagegen das Rohr oben mit der flachen Hand und tauchen es dann ein, so dringt fast kein Wasser in das Rohr. Die Wasseroberfläche in der Wanne steigt merklich an.

Die gleiche Beobachtung machen wir, wenn wir ein Becherglas mit der Öffnung nach unten ins Wasser tauchen (Abb. 6/3). Es dringt nur wenig Wasser in das

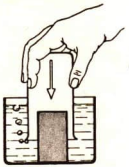


Abb. 7/1. Ein unter Wasser stehender fester Körper verdrängt die Luft aus einem Becherglas.

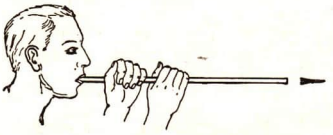


Abb. 7/2. In einem Blasrohr wird ein fester Körper durch Luft verdrängt.

Becherglas ein, die Wasseroberfläche außerhalb des Becherglases steigt an. *Das Wasser wird durch die Luft im Becherglas verdrängt.* Noch besser können wir dies beobachten, wenn wir ein Stückchen Kork mit einer Papierfahne auf dem Wasser unter dem Becherglas schwimmen lassen. Wir sehen deutlich, daß die Oberfläche des Wassers unter dem Glas tiefer liegt als außerhalb des Glases. Wir schließen daraus:

Gase verdrängen Flüssigkeiten.

Schließlich stellen wir auf den Boden des mit Wasser gefüllten Gefäßes einen festen Körper. Stülpen wir jetzt das Becherglas darüber, so *entweichen aus dem Glas Luftblasen* (Abb. 7/1). Wir erkennen daraus:

Feste Körper verdrängen Gase.

3. Zusammenfassung. Daß auch umgekehrt *Gase feste Körper verdrängen,* kann man am Blasrohr beobachten (Abb. 7/2). Man legt in das Blasrohr einen kleinen festen Körper und bläst hinein. Der feste Körper fliegt heraus:

Gase verdrängen feste Körper.

Wollen wir Wasser durch einen Trichter in eine Flasche füllen (Abb. 7/3), so ist das nur möglich, wenn die *Luft aus der Flasche entweichen kann*:

Flüssigkeiten verdrängen Gase.

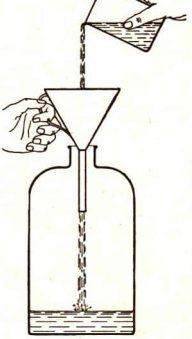


Abb. 7/3. Einfüllen von Wasser in eine Flasche durch einen Trichter

Außer den hier beschriebenen Beispielen lassen sich noch viele ähnliche finden. Stets wird bei ihnen ein Körper durch einen anderen verdrängt.

Aus allen Beobachtungen können wir ein wichtiges *Naturgesetz* ableiten. Wir nennen es das Gesetz der gegenseitigen Verdrängung der Körper:

Körper verdrängen sich gegenseitig.

Diese Tatsache können wir auch mit anderen Worten aussprechen:

An einer Stelle kann zur gleichen Zeit nur ein Körper sein.

4. Versuche, Fragen und Aufgaben:

1. Erläutere die Abbildungen 7/1, 7/2, 7/3 und die durch sie dargestellten Vorgänge!
2. Tauche einen Stein in Petroleum, Spiritus oder Öl! Was kannst du beobachten?
3. Warum wird durch einen quaderförmigen Holzklotz viel mehr Wasser verdrängt als durch einen Schwamm von gleicher Größe?
4. Versuche, Wasser durch einen eng am Flaschenhals anliegenden Trichter in eine Flasche zu gießen! Was kannst du beobachten? Wodurch kannst du das Zufließen erleichtern?
5. Verschließe eine Flasche mit einem doppelt durchbohrten Korken! Durch das eine Bohrloch ist ein Glastrichter gesteckt, durch das andere führt eine gewinkelte Glasröhre. Halte das äußere Ende dieser Glasröhre zunächst mit dem Daumen zu (Abb. 8/1)! Was stellst du fest, wenn du in den Trichter Wasser gießt? Was geschieht, wenn du den Daumen fortnimmst?
6. Halte einen Glastrichter mit der weiten Öffnung nach unten und verschließe die nach oben gerichtete Röhrenöffnung mit dem Daumen! Tauche die Trichteröffnung in eine mit Wasser gefüllte Schüssel! Warum dringt das Wasser zunächst nicht in den Trichter? Was geschieht, wenn du den Daumen von der Öffnung nimmst?

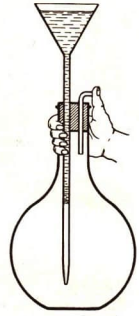


Abb. 8/1. Wasser wird durch einen Trichter in eine Flasche gefüllt. Die in der Flasche befindliche Luft muß durch eine Öffnung entweichen können.

7. Woran kannst du beim Einsteigen in die Badewanne die Wasserverdrängung durch deinen Körper erkennen?
8. Was geschieht, wenn man einen Körper an eine Stelle bringen will, die schon ein anderer beweglicher Körper einnimmt?

§ 2. Raummessungen

1. Die Raumeinheit. Jeder Körper nimmt einen bestimmten Raum ein. Man nennt diesen Raum den *Rauminhalt* des Körpers oder sein *Volumen*. Der Rauminhalt wird in *Raumeinheiten* gemessen.

Beim Messen des Rauminhaltes eines Körpers stellen wir fest, wie oft die Raumeinheit in ihm enthalten ist.

Wir kennen schon einige Raumeinheiten: Das **Kubikmeter** (m^3), das **Kubikdezimeter** (dm^3), das **Kubikzentimeter** (cm^3) und das **Kubikmillimeter** (mm^3).

$1\ m^3$ ist der Rauminhalt eines Würfels mit der Kantenlänge 1 m.

Wie groß sind die Kantenlängen von Würfeln mit den Rauminhalten $1\ dm^3$, $1\ cm^3$ und $1\ mm^3$?

Zwischen den genannten Raumeinheiten besteht der folgende Zusammenhang:

$$1\ m^3 = 1000\ dm^3,$$
$$1\ dm^3 = 1000\ cm^3,$$
$$1\ cm^3 = 1000\ mm^3.$$

Wir stellen fest: *Eine Raumeinheit ist tausendmal so groß wie die nächst kleinere.*

Der Rauminhalt von Flüssigkeiten und von Gasen wird meistens in **Litern** (l), in **Zentilitern** (cl) und in **Millilitern** (ml) gemessen. Eine große Raumeinheit ist das **Hektoliter** (hl).

Es ist

$$1\ l = 100\ cl,$$
$$1\ l = 1000\ ml,$$
$$1\ hl = 100\ l.$$

Zwischen der Raumeinheit Liter und der Raumeinheit Kubikdezimeter besteht der folgende Zusammenhang:

Ein Liter und ein Kubikdezimeter sind gleichwertig.

Wir merken uns:

$$1\ l = 1\ dm^3,$$
$$1\ ml = 1\ cm^3.$$

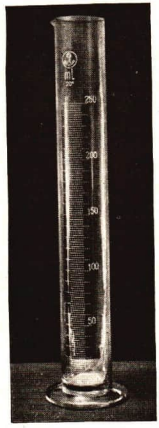


Abb. 9/1. Meßzylinder zum Messen des Rauminhaltes von Flüssigkeiten

2. Das Messen des Rauminhaltes von Flüssigkeiten. Am einfachsten können wir den Rauminhalt von Flüssigkeiten messen. Wir beobachten dies täglich beim Einkauf von Milch. Die Milchverkäuferin verwendet dazu ein Litermaß oder ein Halblitermaß. Diese Meßgefäße genügen aber für genaue Messungen nicht. Dazu benutzen wir einen *Meßzylinder*, der mit einer Volumskala versehen ist (Abb. 9/1). Die Skala* ist meist in Milliliter (ml) geteilt.

Abb. 9/2. Beim Ablesen des Wasserstandes ist die Randkrümmung zu berücksichtigen. Nicht bei *a*, sondern bei *b* ablesen!

Zum Messen gießen wir die Flüssigkeit in den Meßzylinder und lesen das Volumen an der Skala ab. Beim Wasser ist darauf zu achten, daß die Flüssigkeitsoberfläche am Rande etwas höher steht als in der Mitte. Beim Ablesen müssen wir daher immer die Mitte der Flüssigkeitsoberfläche beobachten (Abb. 9/2).

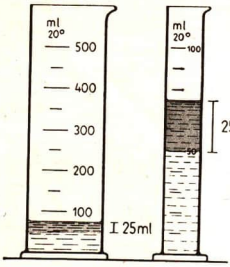


Abb. 10/1. Messen zweier gleich großer Flüssigkeitsmengen in einem weiten und in einem engen Meßzylinder

Bei kleinen Flüssigkeitsmengen führt dies oft zu großen Ungenauigkeiten. Wir benutzen daher bei kleinen Flüssigkeitsmengen einen engen Meßzylinder. Bei ihm liegen die Teilstriche weiter auseinander als bei einem weiten Meßzylinder. Die Skala kann daher enger unterteilt werden, so daß schon geringe Volumunterschiede deutlich zu erkennen sind (Abb. 10/1).

Wir merken uns:

Mit einem engen Meßzylinder kann man genauer messen als mit einem weiten.

3. Messen des Rauminhaltes von Gasen. Wollen wir das Volumen einer Gasmenge messen, so benutzen wir dazu eine *Müllersche Gasmeßglocke* (Abb. 10/2). Der Meßzylinder ist unten offen und oben durch einen Stopfen verschlossen. Durch den Stopfen führen zwei Glasröhren, die mit Hähnen versehen sind. Der Meßzylinder taucht in einen mit Wasser gefüllten Standzylinder.

Wir wollen nun einem Gasbehälter eine bestimmte Gasmenge entnehmen und diese messen. Zu diesem Zweck verbinden wir den Gasbehälter mit dem linken Hahn. Dann heben wir die Glocke an und saugen dadurch Gas in die Glocke hinein. Das Volumen des aufgenommenen Gases lesen wir an der Skala des Meßzylinders ab. Danach schließen wir den linken Hahn und öffnen den rechten. Wir senken die Glocke und drücken dadurch das eingeschlossene Gas durch einen Schlauch dorthin, wo wir es brauchen.

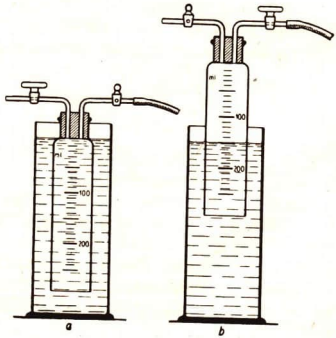


Abb. 10/2. Müllersche Gasmeßglocke
a) Bis zur Nullmarke eingetaucht. Beim Heben strömt durch das linke Rohr Gas ein.
b) Bis zum Teilstrich 150 ml mit Gas gefüllt. Beim Senken wird das Gas durch das rechte Rohr in den Schlauch gedrückt.

4. Messen des Rauminhaltes fester Körper durch Wasserverdrängung. Wir wissen, daß feste Körper Flüssig-

keiten verdrängen. Diese Tatsache können wir dazu verwenden, den Rauminhalt eines unregelmäßig geformten festen Körpers, zum Beispiel eines Steines, zu messen. Wir binden einen dünnen Draht an den Stein und senken ihn in einen Meßzylinder, den wir zum Teil mit Wasser gefüllt haben. Der Stein verdrängt dabei genauso viel Wasser, wie sein Rauminhalt beträgt. Wir lesen das Volumen vor und nach dem Eintauchen ab und bilden die Differenz beider Werte. Diese Differenz ist gleich dem Rauminhalt des Steines.

Beispiel: Volumwert vor dem Eintauchen: 132 ml,
Volumwert nach dem Eintauchen: 186 ml
Differenz: 54 ml.

Der Rauminhalt des Steines beträgt demnach 54 cm^3.

5. Bestimmen des Rauminhaltes fester Körper durch Rechnung. Den Rauminhalt einfach geformter Körper können wir leicht aus der Länge der Kanten durch Rechnung finden. Besonders einfach ist diese Berechnung bei einem *Quader* und einem *Würfel* (Abb. 11/1). Wir lernten schon im Mathematikunterricht:

Wir finden den Rauminhalt eines Quaders, indem wir die Länge, die Breite und die Höhe miteinander multiplizieren.

Rauminhalt = Länge · Breite · Höhe.

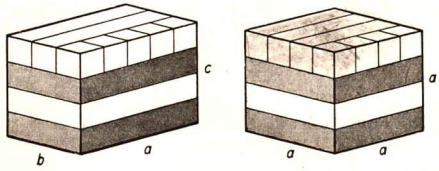


Abb. 11/1. Zerlegung eines Quaders und eines Würfels in Raumeinheitswürfel

Ist die Länge gleich 5 cm, die Breite gleich 3 cm, die Höhe gleich 4 cm und bezeichnen wir den Rauminhalt mit V, so ist

$$V = 5 \cdot 3 \cdot 4 \text{ cm}^3 = 60 \text{ cm}^3.$$

Ein Würfel ist ein Quader, dessen Länge, Breite und Höhe einander gleich sind. Ist die Kantenlänge des Würfels gleich 4 cm, so ist sein Rauminhalt

$$V = 4 \cdot 4 \cdot 4 \text{ cm}^3 = 64 \text{ cm}^3.$$

Diese Berechnung setzt voraus, daß wir die Kantenlängen des Quaders bzw. des Würfels kennen. Wir müssen daher diese Körper vorher genau vermessen.

Je sorgfältiger wir dies tun, desto genauer können wir den Rauminhalt berechnen. Wir werden deshalb lernen, wie man eine Strecke genau mißt.

6. Versuche, Fragen und Aufgaben:

1. Welche Raumeinheiten sind dir bekannt? Gib ihre abgekürzten Bezeichnungen, ihre Einheitszeichen, an!
2. Schätze den Inhalt eines Eimers und miß ihn! Fülle den Eimer dazu unter Verwendung eines Litermaßes mit Wasser!
3. Schätze den Rauminhalt von Flaschen, Glasbehältern, Kannen, Tassen und von anderen Gefäßen! Bestimme den Rauminhalt mit Hilfe von Wasser, indem du das Wasser in einen Meßzylinder umfüllst! Vergleiche das Ergebnis mit der Angabe, die sich auf dem Boden der Flaschen befindet!
4. Fülle einen weiten Meßzylinder bis zum Teilstrich 10 ml mit Wasser! Gieße seinen Inhalt in einen engen Meßzylinder und überprüfe die Genauigkeit dieser Messung! Um wieviel weicht das Ergebnis von 10 ml ab?
5. Wie bestimmt man den Rauminhalt eines kleinen festen Körpers, der unregelmäßig geformt ist?
6. Bestimme den Rauminhalt eines Vorhangringes aus Porzellan und eines Hausschlüssels!
7. Laß zehn Murmeln derselben Sorte in einen mit Wasser gefüllten Meßzylinder fallen und miß die verdrängte Wassermenge! Wie findest du daraus den durchschnittlichen Rauminhalt einer Murmel?
8. Wie berechnet man den Rauminhalt eines Quaders und eines Würfels?
9. Bestimme den Rauminhalt eines Plastilinklumpens durch Wasserverdrängung! Forme ihn danach durch Hineindrücken in eine Schachtel zu einem Quader und bestimme dessen Rauminhalt durch Berechnung! Vergleiche die beiden Werte!
10. Miß Länge, Breite und Höhe eures Klassenschrankes und berechne seinen Rauminhalt!
11. Ermittle den Rauminhalt einer Streichholzschachtel!

§ 3. Längenmessungen

1. Die Längeneinheiten. Die Grundeinheit der Länge ist das **Meter** (m). Außer dem Meter werden als Längeneinheiten benutzt: Das **Kilometer** (km), das **Dezimeter** (dm), das **Zentimeter** (cm), das **Millimeter** (mm). Diese Einheiten sind Vielfache bzw. Teile der Grundeinheit.

Es ist

$$1\,\text{km} = 1000\,\text{m} \qquad 1\,\text{m} = \tfrac{1}{1000}\,\text{km}$$
$$1\,\text{dm} = \tfrac{1}{10}\,\text{m} \qquad 1\,\text{m} = 10\,\text{dm}$$
$$1\,\text{cm} = \tfrac{1}{100}\,\text{m} \qquad 1\,\text{m} = 100\,\text{cm}$$
$$1\,\text{mm} = \tfrac{1}{1000}\,\text{m} \qquad 1\,\text{m} = 1000\,\text{mm}$$

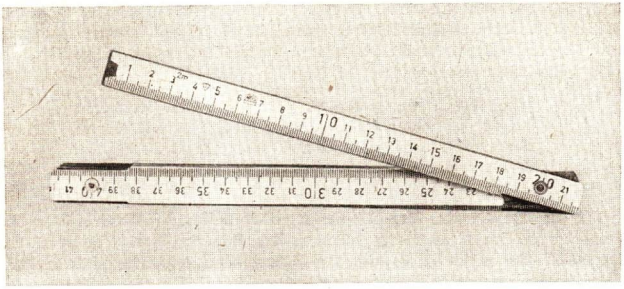


Abb. 13/1. Gliedermaßstab, das gebräuchlichste Gerät für Längenmessungen. Die einzelnen Teile, die Glieder, können zu einem Stabe auseinandergeklappt werden.

2. Geräte zur Längenmessung. In der Schule messen wir eine Länge meist mit einem *Maßstab aus Holz*. In manchen Berufen werden auch *Maßstäbe aus Metall* verwendet. Tischler, Zimmerleute und die Facharbeiter anderer Berufe benutzen beim Arbeiten den zusammenklappbaren *Gliedermaßstab* (Abb. **13**/1).

Im Haushalt, in der Schneiderwerkstatt und an anderen Arbeitsstellen wird das *Schneiderbandmaß* benutzt. Wir verwenden es im Physikunterricht, um Strecken auf gekrümmten Flächen abzumessen, weil es sich an diese anschmiegt. Große Strecken, wie man sie im Garten, auf einer Baustelle oder auf dem Sportplatz zu vermessen hat, werden mit dem *technischen Meßband* ermittelt (Abb. **13**/2).

Wir merken uns:

Beim Messen einer Strecke stellen wir fest, wie oft die Längeneinheit in dieser Strecke enthalten ist.

Jede Maßangabe besteht aus einer *Maßzahl* und aus einer *Maßeinheit*.

Abb. 13/2. Technisches Meßband. Es ist in einer Lederkapsel untergebracht und wird mit Hilfe einer Kurbel aufgewickelt.

Beträgt beispielsweise die Länge des Klassenzimmers 10 m, so ist 10 m die Maßangabe. Dabei ist 10 die *Maßzahl* und m die *Maßeinheit*. Dies gilt nicht nur für Längenmessungen, sondern überhaupt für alle Messungen. Einige Beispiele mögen dies veranschaulichen:

Länge des Flurs	.....	18 m
Fläche des Schulhofes	.....	660 m²
Fassungsvermögen eines Glases	.....	200 ml
Zeitdauer einer Unterrichtsstunde	.....	45 min
		Maßzahlen Maßeinheiten

Bei der Angabe von Meßergebnissen wird die gemessene Größe zweckmäßigerweise immer durch ein und denselben Buchstaben wiedergegeben. So kennzeichnet man eine *Länge* durch den Buchstaben l, eine *Höhe* durch h, einen *Durchmesser* durch d, einen *Radius* durch r, eine *Fläche* (einen Querschnitt) durch F, einen *Rauminhalt* (Volumen) durch V.

Beispiel: Die Länge des Tisches beträgt $l = 125$ cm.

Wenn es nicht auf einen genauen Wert ankommt, wird man die Länge einer Strecke schätzungsweise angeben. Um uns im Schätzen zu üben, werden wir vor jeder Messung die Länge *abschätzen*.

3. Über Meßfehler. Jede Messung enthält Fehler, auch wenn man sie ganz sorgfältig ausführt. Beim Gebrauch eines Lineals, dessen Skala nicht aufliegt, entstehen dadurch *Ablesefehler*, daß wir schräg auf die Skala blicken. Mit solchen Maßstäben können wir nur genau messen, wenn wir *senkrecht auf die Meßstrecke schauen* (Abb. 14/1). Derartige Fehler haben wir selbst verschuldet. Wir

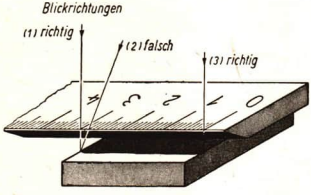


Abb. 14/1. Maßstab, dessen Kante nicht aufliegt. Liest man schräg ab, so entstehen leicht Meßfehler.

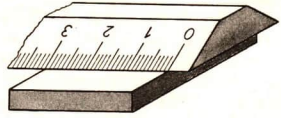


Abb. 14/2. Maßstab mit schrägliegender Teilung. Auch wenn man schräg abliest, entstehen keine Fehler.

bezeichnen sie deshalb als *persönliche Fehler*. Es gibt aber auch Maßstäbe mit schrägliegender Teilung, bei denen persönliche Fehler der angegebenen Art nicht möglich sind (Abb. 14/2). Um bei der Verwendung eines Meterstabes Meßfehler zu vermeiden, legen wir ihn hochkant auf die Ebene, in der wir messen wollen

(Abb. 15/1). Oft liegt die Nullstelle am Ende des Maßstabes und ist schlecht zu erkennen. In diesem Falle legen wir den Maßstab so an, daß die Meßstrecke bei einem anderen Teilstrich beginnt, wie wir es in der Abbildung 15/1 sehen können.

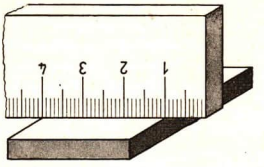


Abb. 15/1. Ein Meterstab wird zur Vermeidung von Meßfehlern hochkant gestellt.

Wir merken uns:

Persönliche Fehler können wir durch Übung und durch sorgfältiges Arbeiten vermeiden.

Andere Fehler sind auf Mängel des Meßgerätes oder auf andere Zufälligkeiten zurückzuführen. Diese Fehler hängen von einer Sache, von einem Objekt, ab. Wir bezeichnen sie daher als *objektive* Fehler*. So stimmt ein hölzerner Meterstab mit der wahren Länge des Meters nur selten genau überein. Nach dem Gesetz ist er aber auch dann noch verwendbar, wenn er bis zu 2 mm von einem Meter abweicht.

4. Über die Meßgenauigkeit. Durch persönliche und objektive Fehler wird das Meßergebnis oft sehr ungenau. Auch wenn wir persönliche Fehler ganz vermeiden, erhalten wir kein genaues Meßergebnis. Wir machen uns dies an einem Beispiel klar.

Wir wollen die Länge l einer elektrischen Leitung messen, die in unserem Klassenraum an der Wand verlegt ist. Dazu messen wir die Leitung mit einem Meterstab bis auf die Millimeter aus. Wir finden beispielsweise die Länge $l = 5{,}374$ m und meinen, daß unser Meßergebnis sehr genau sei. Zur Kontrolle führen wir die Messung noch einmal durch. Obwohl wir auch diesmal möglichst genau messen, stimmt das zweite Ergebnis nicht mit dem ersten überein. Der Wert beträgt jetzt nur $l = 5{,}358$ m. Welcher Wert ist nun der richtigere? Zur Überprüfung führen wir noch eine dritte Messung durch und erhalten $l = 5{,}382$ m. Auch dieser Wert weicht von den beiden anderen Werten ab. Wie kommt dieser Unterschied zustande? Durch folgende Umstände können bei der Messung ohne unser Verschulden Fehler entstehen:

1. Die Leitung ist an den Knickstellen nicht scharf gewinkelt, sondern im Bogen geführt. Diese Bogen lassen sich mit dem Meterstab nicht genau messen.
2. Auch die scheinbar geradlinigen Teile der Leitung sind nicht ganz gerade. Sie enthalten leichte Krümmungen, die beim Messen mit dem Meterstab nicht erfaßt werden.
3. Die Leitung ist länger als der Meterstab. Durch das mehrfache Anlegen des Meterstabes entstehen Ungenauigkeiten.

Bei unseren Meßergebnissen können wir also die Millimeter nicht mit Sicherheit bestimmen. Wir werden sie daher fortlassen. Aber auch die Angabe der

Zentimeter ist noch unsicher. Um einen zuverlässigen Meßwert zu erhalten, der dem wirklichen Wert möglichst nahekommt, führen wir noch weitere Messungen durch. Wir erhalten so eine Reihe von Meßergebnissen, eine *Meßreihe*, die wir in Form einer *Tabelle* untereinander aufschreiben. Dann addieren wir alle Maßangaben und dividieren die Summe durch die Anzahl der Messungen:

$$53{,}62\ \text{m} : 10 = 5{,}362\ \text{m} \approx 5{,}36\ \text{m}.$$

Wir erhalten so den *Mittelwert* der Meßergebnisse:

$$l = 5{,}36\ \text{m}.$$

Ergebnisse einer Meßreihe

Lfd. Nummer	Länge (l) m
1	5,37
2	5,36
3	5,38
4	5,37
5	5,35
6	5,36
7	5,35
8	5,38
9	5,36
10	5,34
Summe	53,62

Noch einmal erkennen wir daraus deutlich, daß wir die Länge der Leitung nicht bis auf Millimeter genau angeben können.

Wir lernen aus diesem Beispiel:

1. Man muß vor jeder Messung überlegen, wodurch beim Messen Fehler entstehen können.
2. Man darf nur solche Stellen im Meßergebnis angeben, die noch mit Sicherheit am Meßgerät abgelesen werden können.
3. Man darf sich nicht mit einer einzigen Messung begnügen. Man muß stets mehrere Messungen durchführen und den Mittelwert der Meßergebnisse bilden.

Die gleichen Hinweise gelten nicht nur für Längenmessungen, sondern für alle Arten von Messungen.

5. Die Schieblehre. Für viele Zwecke reicht die Meßgenauigkeit eines einfachen Maßstabes nicht aus. So müssen bei der Herstellung von Maschinenteilen und feinmechanischen Geräten die vorgeschriebenen Maße oft bis auf ein Zehntelmillimeter oder sogar bis auf ein Hundertstelmillimeter eingehalten werden. Meßgeräte, mit denen man so genaue Messungen durchführen kann, nennt man *Feinmeßgeräte*.

Eines der wichtigsten Feinmeßgeräte ist die *Schieblehre* (Abb. 16/1). Alle Facharbeiter der metallverarbeitenden und feinmechanischen Industrie sowie anderer Berufe müssen mit ihr umgehen können. Auch wir werden im Werkunterricht bei der Metallbearbeitung mit der Schieblehre messen.

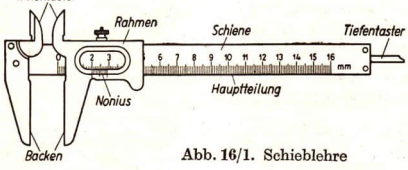


Abb. 16/1. Schieblehre

Die Schieblehre besteht aus einer *Stahlschiene*, auf der ein

kleiner *Rahmen* mit einem fensterartigen Ausschnitt gleitet. Fest mit der Schiene und mit dem Rahmen ist je eine *Stahlbacke* verbunden. Beim Messen wird das Werkstück so zwischen beide Backen gehalten, daß es von ihnen unter leichtem Druck berührt wird.

Die Schieblehre hat auf der Schiene eine Hauptteilung und auf dem Rahmen eine Nebenteilung. Diese wird nach ihrem Erfinder, dem Portugiesen *Petrus Nuñez*, als *Nonius** bezeichnet. Schieben wir die beiden Backen fest zusammen, so stehen die Anfangsstriche der Haupt- und der Nebenteilung einander genau gegenüber. Wir erkennen dann, daß auf 9 Skalenteile der Hauptteilung 10 Skalenteile des Nonius entfallen (Abb. 17/1).

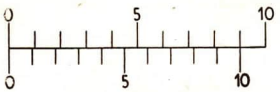


Abb. 17/1. Schematische Darstellung eines Nonius (vergrößert)

Wir werden uns an einem Modell klarmachen, wie man mit der Schieblehre arbeitet. Dazu kleben wir Millimeterpapier auf ein Stück Pappe und schneiden daraus ein 13 cm langes und 4 cm breites Rechteck aus. Wir versehen es gemäß

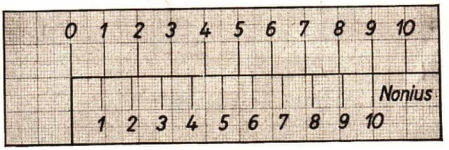


Abb. 17/2. Modell einer Schieblehre aus Millimeterpapier

Abb. 17/2 mit einer Haupt- und einer Noniusteilung. Ein Skalenteil der Hauptteilung ist dann gleich 1 cm, ein Skalenteil des Nonius 0,9 cm. Der Unterschied zwischen beiden Skalenteilen beträgt demnach 1 cm — 0,9 cm = 0,1 cm = 1 mm.

Wir zerschneiden nun die Fläche längs der starken Linie so, daß wir zwei Teile erhalten, die gegeneinander verschiebbar sind. Die beiden kurzen Schnittkanten stellen dann die beiden Backen des Modells dar. Zwischen diese legen wir nun einen Pfennig und schieben die Backen dicht heran (Abb. 17/3). Wir lesen die

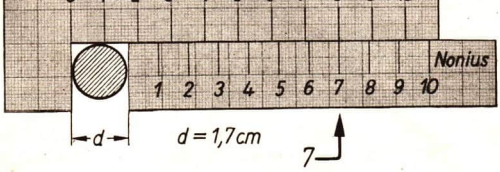


Abb. 17/3 Messen des Durchmessers eines Pfennigs mit Hilfe des Pappmodells einer Schieblehre

Länge des Durchmessers in vollen Zentimetern an der Hauptskala ab. Der Durchmesser beträgt etwas mehr als 1 cm. Um den Mehrbetrag in Zehntelzentimetern, also in Millimetern, anzugeben, gehen wir auf der Hauptskala bis zu der Stelle weiter, an der sich ein Skalenstrich der Hauptskala mit einem Skalenstrich des Nonius deckt. Dieser deckende Teilstrich ist hier der 7. Skalenstrich. Der gesuchte Mehrbetrag ist somit die Differenz zwischen 7 Skalenteilen der Hauptskala und 7 Skalenteilen des Nonius. Vorhin hatten wir festgestellt, daß der Unterschied zwischen einem Skalenteil der Hauptskala und einem Skalenteil des Nonius 0,1 cm beträgt. Also ist der Mehrbetrag hier gleich $7 \cdot 0{,}1\ \text{cm} = 0{,}7\ \text{cm}$. Der Durchmesser eines Pfennigs beträgt demnach $d = 1{,}7$ cm.

In derselben Weise messen wir die Durchmesser eines 5-Pf-Stückes, eines 10-Pf-Stückes, eines 1-DM-Stückes. Wir verfahren jedesmal nach folgender Regel:

> *Der letzte Teilstrich der Hauptskala links vor dem Nonius gibt die Anzahl der vollen Zentimeter, der deckende Teilstrich des Nonius die Anzahl der Millimeter an.*

Bei der technischen Ausführung der Schieblehre ist die Hauptteilung schon in Millimeter eingeteilt, der deckende Teilstrich des Nonius gibt demnach die Anzahl der Zehntelmillimeter an.

Für den Gebrauch der technischen Schieblehre merken wir uns:

1. **Wir halten das Werkstück zwischen die beiden Backen und drücken sie leicht an.**
2. **Wir lesen an der Hauptteilung die Länge in vollen Zentimetern und Millimetern ab.**
3. **Wir lesen die Anzahl der Zehntelmillimeter am deckenden Teilstrich des Nonius ab.**

Die beiden Meßschneiden, die den Backen der Schieblehre gegenüberstehen, sind *Innentaster*. Man benutzt sie zum Messen eines Innendurchmessers, beispielsweise bei Rohren (Abb. 18/1).

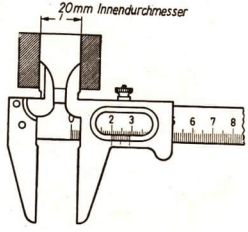


Abb. 18/1. Messen eines Innendurchmessers mit Hilfe einer Schieblehre

6. Versuche, Fragen und Aufgaben:

Bei den Aufgaben geben die eingeklammerten Einheitszeichen die geforderte Meßgenauigkeit an.

1. Nenne die wichtigsten Längeneinheiten!
2. Welche Meßgeräte werden für Längenmessungen besonders oft gebraucht? Wie groß ist die Ablesegenauigkeit?
3. Wodurch entstehen Meßfehler?
4. Wie kannst du bei einem Maßstab mit nicht aufliegender Skala persönliche Meßfehler vermeiden?

5. Schätze und miß die Länge l und die Breite b der Platte deines Schultisches (cm)! Berechne seine Fläche!
6. Schätze (cm) und miß (mm) die Länge l und die Breite b eines Schulheftes, eines Schreibmaschinenblattes!
7. Schätze (cm) und miß (mm) die Länge l deines Federhalters, eines noch nicht angespitzten Bleistiftes!
8. Miß die Länge l, die Breite b und die Höhe h eines Ziegelsteines ($\frac{1}{2}$ cm)! Wie groß ist sein Rauminhalt V (cm³)?
9. Bestimme mit einem Gliedermaßstab die Länge l, die Breite b und die Höhe h des Klassenraumes (cm)! Bestimme seinen Rauminhalt V (dm³)!
10. Miß mit einem Papierstreifen den Umfang eines Becherglases, indem du auf den übereinandergreifenden Enden zwei sich deckende Striche ziehst! Nach dem Aufrollen des Streifens gibt der Abstand der Striche den Umfang an (Abb. 19/1).
11. Miß den Umfang verschiedener Kochtöpfe, den Umfang eines Weckglases, einer Konservenbüchse, eines Litermaßes und anderer zylindrischer Gefäße (mm)!
12. Miß die Länge eines Schultisches! Verwende dazu nacheinander a) ein Lineal, b) einen Meterstab, c) ein Schneiderbandmaß, d) einen Gliedermaßstab (Meßbereich bis 2 m)! Vergleiche die ermittelten Längen! Welche Messung hältst du für die genaueste?
13. Miß die Länge des Klassenraumes an verschiedenen Stellen mit zwei Meterstäben durch mehrfaches Anlegen (cm)! Ermittle aus 10 Einzelmessungen den Durchschnittswert!

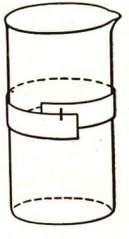


Abb. 19/1. Messen des Umfanges eines Becherglases mittels eines Papierstreifens

14. Stelle aus Millimeterpapier das Modell einer Schieblehre her, wie es im 5. Abschnitt angegeben wurde. Miß damit den Durchmesser eines 5-Pfennig-Stückes, eines 10-Pfennig-Stückes und eines 1-DM-Stückes, den Durchmesser eines Bleistiftes, die Breite und Höhe eines hölzernen Federkastens und andere Strecken!
15. Miß die in der 14. Aufgabe genannten Strecken zum Vergleich mit einer technischen Schieblehre!
16. Miß mit einer Schieblehre die Längen und die Durchmesser verschiedener Schrauben und Niete, die Durchmesser verschiedener Metallstäbe, Spiralbohrer und Glasrohre, den Durchmesser einer Fahrradachse und einer Kugel aus dem Kugellager (0,1 mm)!
17. Miß mit einer Schieblehre unter Verwendung der Innentaster die Innendurchmesser von Leichtmetallrohren und Glasrohren (0,1 mm)!

§ 4. Das Messen von Stoffmengen durch Wägen

1. Die Ermittlung einer Stoffmenge. Jeder Körper besteht aus einem **Stoff.** Die Schulbank besteht aus Holz, das Heft aus Papier, das Tintenfaß aus Glas oder aus Porzellan. Auch alle anderen Gegenstände bestehen aus einem oder mehreren verschiedenen Stoffen. Das Wort Stoff bedeutet im Physikunterricht

nicht nur den Anzug-, Kleider- oder Mantelstoff, sondern umfaßt allgemein alles, woraus die Körper bestehen. Nicht nur die festen Körper, sondern auch das Wasser und alle anderen Flüssigkeiten sind Stoffe, ebenso die Luft und alle anderen Gase.

Wir haben gelernt, wie man eine Länge, eine Fläche und einen Rauminhalt mißt. Auch *Stoffmengen* kann man messen. Wir ermitteln die Stoffmenge eines Körpers durch *Wägen*.

Eine Stoffmenge wird mit Hilfe einer Balkenwaage bestimmt.

Als Maßeinheiten zum Messen einer Stoffmenge verwenden wir das **Kilogramm** (kg) und das **Gramm** (g).

1 kg ist gleich der Stoffmenge eines Liters Wasser bei +4° C.

1 g ist gleich der Stoffmenge eines Milliliters Wasser bei +4° C.

Wollen wir eine sehr große Stoffmenge messen, so verwenden wir als Einheit die **Tonne** (t). Für eine sehr kleine Stoffmenge benutzen wir als Einheit das **Milligramm** (mg).

1 t = 1000 kg,
1 kg = 1000 g,
1 g = 1000 mg.

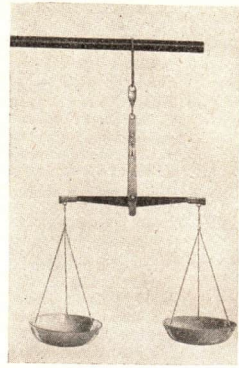


Abb. 20/1. Schalenwaage, an einem Stativ hängend. Durch die Öffnung im oberen Teil der Gabel können wir das Einspielen des Zeigers auf die Nullmarke beobachten.

2. Die Handhabung der Waage. Zum Wägen gebrauchen wir eine *Waage*. Meist genügt im Physikunterricht eine einfache *Schalenwaage*, die wir an ein Stativ hängen (Abb. 20/1). Wollen wir größere Körper wägen oder müssen die Körper beim Wägen sicher stehen, so verwenden wir eine *oberschalige Tafelwaage* (Abb. 20/2).

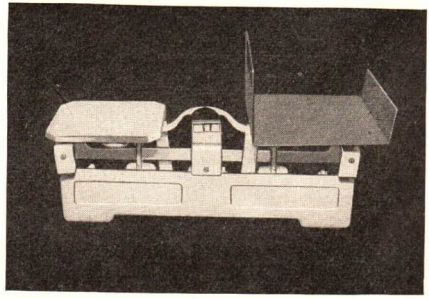


Abb. 20/2. Oberschalige Tafelwaage

Den Körper, den wir wägen wollen, legen wir auf die eine Waagschale. Auf die andere Schale legen wir so viele Vergleichskörper, die auf volle Gramm abgeglichen sind, daß der Waagebalken waagerecht einspielt. Das Einspielen erkennen wir bei der Schalenwaage an einem Zeiger, der am Waagebalken befestigt ist. Er zeigt beim Erreichen des Gleichstandes auf eine Marke. Bei der oberschaligen Tafelwaage stehen sich in diesem Falle zwei Zungen genau gegenüber.

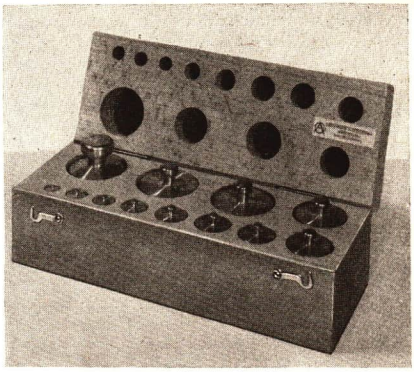


Abb. 21/1. Wägesatz

Zu jeder Balkenwaage gehört ein *Wägesatz* mit genormten *Wägestücken* verschiedener Größe (Abb. 21/1). Die Wägestücke sind so zusammengestellt, daß man innerhalb des *Meßbereiches* jede Stoffmenge messen kann, die sich in vollen Grammen ausdrücken läßt. Der abgebildete Wägesatz enthält folgende Wägestücke:

500 g,	200 g,	200 g,	100 g,
50 g,	20 g,	20 g,	10 g,
5 g,	2 g,	2 g,	1 g.

Zum Wägen einer Stoffmenge von 837 g brauchen wir beispielsweise die folgenden Wägestücke:

$$837\ \text{g} = 500\ \text{g} + 200\ \text{g} + 100\ \text{g} + 20\ \text{g} + 10\ \text{g} + 5\ \text{g} + 2\ \text{g}.$$

Den Meßbereich eines Wägesatzes finden wir, indem wir die auf den Wägestücken angegebenen Werte addieren. Der Meßbereich des abgebildeten Wägesatzes ist demnach 1110 g.

Beim Arbeiten mit genaueren Waagen, mit *Präzisionswaagen*, verwenden wir noch Bruchstücke eines Gramms, die man *Bruchgramme* nennt. Für unsere Zwecke genügen folgende Bruchgramme (Abb. 21/2):

Abb. 21/2
Die Form der Bruchgramme

1 Stück zu 500 mg = 0,5 g,
2 Stück zu 200 mg = 0,2 g,
1 Stück zu 100 mg = 0,1 g.

Durch Feuchtigkeit werden die Wägestücke mit der Zeit angegriffen und dadurch ungenau. Wir dürfen sie daher nie mit feuchten Händen anfassen. Dies gilt besonders für die Bruchgramme und die übrigen kleinen Wägestücke bis zu 200 g.

Kleine Wägestücke dürfen nur mit einer Pinzette angefaßt werden.

Wie wir den Wert einer Stoffmenge durch Wägen finden können, zeigt das folgende Beispiel. Auf die linke Schale einer Waage legen wir den zu wägenden Körper, auf die rechte Schale die Wägestücke.

Durchführung einer Wägung

Aufgelegte Wägestücke	Vergleich der Höhen der Waagschalen	Ergebnis
500 (Hunderter)	rechts höher als links	zu wenig
500 + 200	rechts höher als links	zu wenig
500 + 200 + 200	rechts tiefer als links	zu viel
500 + 200 + 100 = 800	rechts höher als links	zu wenig
800 + 50 (Zehner)	rechts tiefer als links	zu viel
800 + 20	rechts höher als links	zu wenig
800 + 20 + 20 = 840	rechts höher als links	zu wenig
840 + 5 (Einer)	rechts tiefer als links	zu viel
840 + 2	rechts höher als links	zu wenig
840 + 2 + 2	rechts tiefer als links	zu viel
840 + 2 + 1 = 843	rechts und links gleich hoch	Gleichstand

Der Körper wiegt 843 g.

Auch Flüssigkeits- und Gasmengen lassen sich durch Wägen sehr genau bestimmen.

3. Versuche, Fragen und Aufgaben:

1. In welchen Einheiten gibt man die Größe einer Stoffmenge an?
2. Wodurch ist die Größe eines Kilogramms, eines Gramms festgelegt?
3. Wie nehmen wir die Wägung eines Körpers auf einer Schalenwaage und auf einer oberschaligen Tafelwaage vor?
4. Durch welche Wägestücke stellen wir den Ausgleich her, wenn Körper mit den Stoffmengen 756 g, 487 g, 349 g auf der Waage liegen?
5. Warum müssen wir kleine Wägestücke stets mit einer Pinzette anfassen? Warum werden die Wägestücke, die in den Verkaufsstellen benutzt werden, von Zeit zu Zeit nachgeprüft?
6. Wäge nacheinander 10 etwa gleich große Kartoffeln und bestimme, wieviel eine Kartoffel im Durchschnitt wiegt!
7. Lege 10 Murmeln auf die Waage und bestimme ihre Stoffmenge! Errechne die durchschnittliche Stoffmenge einer Murmel!

8. Bestimme die Stoffmenge eines Normalziegelsteines auf einer oberschaligen Tafelwaage!
9. Wäge einen Meßzylinder auf einer oberschaligen Tafelwaage und gieße nacheinander 100 ml Wasser, Spiritus, Öl hinein! Bestimme auf diese Weise die Stoffmengen der Flüssigkeiten!

§ 5. Die Verformbarkeit fester Körper

1. Elastische Körper. Ein Ball, ein Radiergummi, ein dünner Stock, eine Stricknadel und eine Rasierklinge sind feste Körper. Ihre Gestalt ist aber trotzdem nicht immer unveränderlich. So läßt sich eine Rasierklinge durch einen schwachen Fingerdruck leicht biegen. Hört aber die Kraftwirkung von außen her auf, so nimmt die Rasierklinge wieder ihre ursprüngliche Gestalt an. Auch eine Stricknadel können wir mit geringem Kraftaufwand etwas biegen, ohne daß ihre Verformung bestehenbleibt. Ähnlich verhalten sich viele Gebrauchsgegenstände, die wie die Rasierklinge und die Stricknadel aus *Stahl* bestehen, zum Beispiel die Spitzen unserer Schreibfedern.

Wenn sich ein Körper unter dem Einfluß einer Kraft verformt und nach dem Aufhören der Kraftwirkung wieder seine ursprüngliche Gestalt annimmt, so bezeichnen wir ihn als **elastisch.** Die Elastizität ist eine Eigenschaft des Stoffes, aus dem der betreffende Körper besteht.

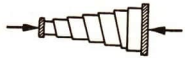
Körper bestehen aus einem elastischen Stoff, wenn sie ihre ursprüngliche Gestalt wieder annehmen, sobald die verformende Kraft nicht mehr wirkt.

Neben Stahl ist *Gummi* sehr elastisch. Aber auch für viele andere Stoffe trifft dies zu, wenn wir es auch nicht immer ohne weiteres beobachten können. So werden wir *Glas* nicht für elastisch halten. Versuchen wir beispielsweise ein Glasrohr zu biegen, so zerbricht es. Erhitzen wir es aber in der Mitte über einer Flamme bis zur Glut, so wird es weich und schmiegsam. Wir können das Rohr in diesem Zustand zu einem dünnen Faden ausziehen. Halten wir es nach dem Erkalten an dem einen Ende fest, so können wir das andere Ende hin und her schaukeln. Wir können den Glasfaden sogar zu einer weiten Schlinge biegen. Lassen wir das eine Ende des Fadens los, so streckt sich der Faden wieder. Wir erkennen, daß Glas elastisch ist, wenn es dünn genug ist. Auch *Holz* ist elastisch. Wir können dies zum Beispiel am Sprungbrett in der Badeanstalt feststellen.

Stahl, Gummi, Glas und Holz sind elastische Stoffe.

2. Technische Anwendungen der Elastizität. In der Technik wird vor allem die Elastizität des Stahls weitgehend ausgenutzt. Aus Stahl werden *Federn* der verschiedensten Art hergestellt. Die Techniker verwenden sie zum Auffangen und Abschwächen heftiger Stöße, zum Antreiben von Uhrwerken, zum Herstellen von Meßgeräten und für viele andere Zwecke. Nach ihrer Form unterscheiden wir *Schraubenfedern, Blattfedern, Spiralfedern* und *Kegelfedern.* Die Tabelle und die Abbildungen 24/1 bis 5 veranschaulichen diese Federarten.

Übersicht über die wichtigsten Federarten

Art der Feder	Federform (Abb. 24/1 bis 5)	Wirkungsweise der Feder
Zug-Schraubenfeder		Sie wird durch eine Kraft gestreckt und verkürzt sich nach dem Aufhören der Kraftwirkung wieder.
Druck-Schraubenfeder		Sie wird durch eine Kraft zusammengedrückt und streckt sich nach dem Aufhören der Kraftwirkung wieder.
Kegelfeder		Sie wirkt wie eine Druck-Schraubenfeder.
Blattfeder		Sie wird durch eine Kraft gebogen und biegt sich nach dem Aufhören der Kraftwirkung wieder zurück.
Spiralfeder		Sie wird beim Drehen einer Achse gespannt und dreht diese beim Entspannen zurück.

Die Abbildungen **24/6** bis **26/1** zeigen uns einige technische Anwendungen solcher Federn.

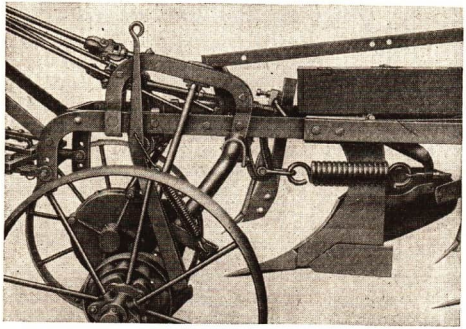


Abb. **24/6.** Schraubenfedern (Zugfedern) an einer landwirtschaftlichen Maschine

3. Unelastische Körper. Wir wickeln ein Stück dünnen, gut geglühten Eisendrahtes, den man als Bindedraht bezeichnet, etwa zwanzigmal um einen runden Holzstab. Dadurch erhalten wir eine Drahtwendel, die einer Schraubenfeder

ähnlich sieht. Ziehen wir aber die Wendel genügend stark auseinander, so nimmt sie, im Gegensatz zur Schraubenfeder aus Stahl, nach dem Loslassen ihre frühere Form nicht wieder an. Geglühter Eisendraht ist **unelastisch.** Wenn wir ein Stück Konservenbüchsenblech stark biegen, dann behält es seine neue Form bei. Wir erkennen daraus, daß auch Eisenblech unelastisch ist. Lassen wir eine Stahlkugel und eine Bleikugel auf eine feste Unterlage fallen, so springt die Stahlkugel wieder empor, während die Bleikugel liegenbleibt. Die Stahlkugel hat nach dem Aufprall wieder die gleiche Form wie vorher. Die Bleikugel hat dagegen ihre Kugelgestalt verloren. Sie ist abgeplattet. Daraus folgt: Blei ist unelastisch. Legen wir ein Stück Blei auf eine harte Unterlage, so können wir es durch Hammerschläge bleibend verformen. Deswegen bezeichnen wir Blei als **plastisch.**

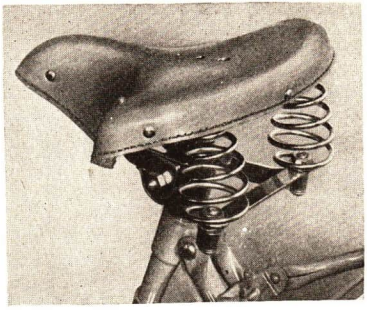


Abb. 25/1. Schraubenfeder (Druckfeder) am Sattel eines Fahrrades

Körper bestehen aus einem plastischen Stoff, wenn sie durch eine Kraft bleibend verformt werden.

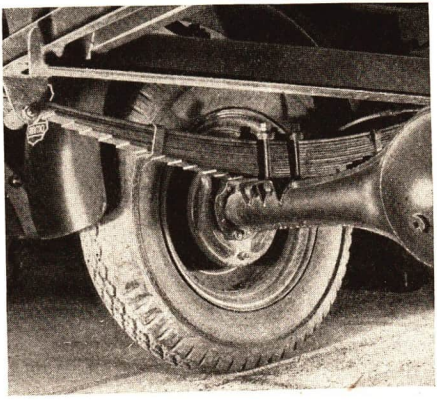


Abb. 25/2. Blattfedern an der Achse eines Kraftwagens

Ihr habt gewiß schon einmal kleine Figuren und Gegenstände aus Knetmasse oder Plastilin geformt. Die Bildhauer benutzen feuchten Ton zum Modellieren ihrer Bildwerke. Die Glaser verwenden beim Einsetzen der Fensterscheiben schmiegsamen Kitt.

Wachs, Plastilin, feuchter Ton, Glaserkitt sind plastische Stoffe, ebenso Blei und schmiedbares Eisen.

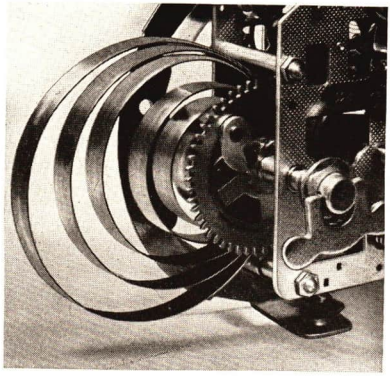


Abb. 26/1. Spiralfeder in einer Weckeruhr

Aber auch Stahl kann plastisch verformt werden, wenn die einwirkenden Kräfte genügend groß sind. Man kann die Form glühender Stahlblöcke durch Schmieden, Pressen, Walzen verändern.

4. Die spanlose Formgebung. In vielen Betrieben unserer Industrie werden Werkstücke aus Metall hergestellt. Dabei müssen die Arbeiter einem Stück Metall eine bestimmte Form geben. Auch Gegenstände aus Glas, Porzellan, Keramik, Bakelit und anderen Stoffen müssen bei ihrer Herstellung geformt werden. Diese Formgebung kann auf zweierlei Weise erfolgen:

1. Man nimmt von dem Werkstoff so viel in Form von Spänen fort, bis die gewünschte Form erreicht ist. So geschieht es beispielsweise beim Schnitzen einer Holzfigur, von der Späne abgehoben werden. — Man bezeichnet diese Art der Formgebung als **spanabhebende Formgebung.**
2. Man bringt den Werkstoff in die gewünschte Form, ohne daß Späne abgehoben werden. Diese Formgebung kann man mit dem Kneten von Plastilin vergleichen. — Man nennt diese Art der Formgebung **spanlose Formgebung.**

Zur spanabhebenden Formgebung gehören das Feilen, das Hobeln, das Drehen, das Schleifen.

Dagegen sind das Hämmern, das Biegen, das Pressen, das Schmieden, das Walzen, das Gießen Beispiele der spanlosen Formgebung. Bei dieser Formgebung gibt es fast keinen Abfall.

Bei der spanlosen Formgebung nutzt man die plastischen Eigenschaften der Stoffe aus.

Die Träger großer Brücken bestehen vielfach aus großen Blechtafeln. Die Tafeln sind oft mehrere Zentimeter dick. Will man die Blechtafeln miteinander verbinden, so *nietet* man sie zusammen. Dazu steckt man einen *Niet* durch die

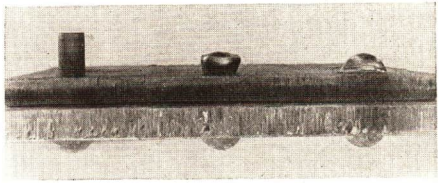


Abb. 27/1. Nietverbindung. Der linke Niet ist noch nicht verarbeitet. Das Ende des rechten Niets ist breitgehämmert.

über- bzw. nebeneinanderliegenden Löcher der Bleche. Das Ende des Niets wird nun verformt, indem es breitgehämmert wird. Die Bleche werden dadurch fest aneinandergepreßt (Abb. 27/1).

In einer *Formpresse* kann Blechen eine bestimmte Gestalt gegeben werden. Durch Pressen werden zum Beispiel Kotflügel, Motorhauben und andere Teile von Kraftfahrzeugen aus Eisenblech geformt (Abb. 27/2).

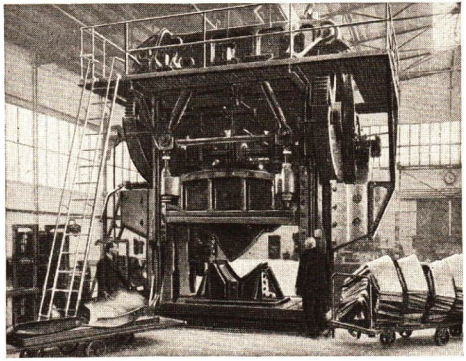


Abb. 27/2 Exzenterpresse. In ihr werden Eisenbleche in die Form von Karosserieteilen gepreßt.

In neuerer Zeit werden die *Plaste* als neuartige Werkstoffe in der Industrie vielseitig angewendet. Plaste sind Kunststoffe, wie *Igelit, Bakelit, Plexiglas* und andere. Sie werden bei mäßig hohen Temperaturen mit verhältnismäßig kleinen Kräften verformt. Dabei werden sie in die Form der mannig-

Abb. 28/1. Das Herstellen von Tassen aus Plasten

fachsten Gebrauchsgegenstände gepreßt, beispielsweise zu Kämmen, Rasierapparaten, Telephonhörern, Gefäßen der verschiedensten Art, Gehäusen von Rundfunkapparaten, Tassen (Abb. 28/1). Neuerdings stellt man sogar das Gehäuse des Kraftwagens P 70 aus Kunststoff her.

Andere Stoffe können erst bei hoher Temperatur plastisch verformt werden. So erhält Stahl im glühenden Zustand durch *Schmieden* die gewünschte Gestalt (Abb. 29/1). Will man viele gleichartige Werkstücke aus Stahl in der Serienproduktion herstellen, so benutzt man die *Gesenkschmiede*. Bei dieser wird glühendes Eisen in einer Hohlform geschmiedet.

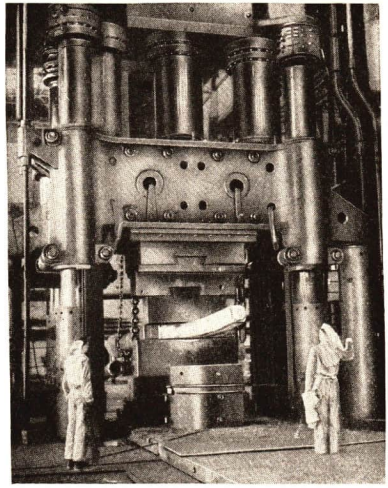
Eine besonders große Bedeutung für die Schwerindustrie hat das *Walzen*. Zwischen glatten Walzen werden glühende Stahlblöcke in mehreren Arbeitsgängen zu Blechen umgeformt. Zwischen *Formwalzen* werden Stahlblöcke in die Gestalt von Eisenbahnschienen, Winkeleisen und anderem Profileisen gewalzt (Abb. 29/2).

Über das Gießen berichtet § 16.

6. Versuche, Fragen und Aufgaben:

1. Was beobachtest du bei elastischen Körpern, solange eine Kraft auf sie einwirkt?
2. Wodurch unterscheiden sich plastische Körper von elastischen?
3. Beschreibe die Federn am Sattel eines Fahrrades oder eines Motorrades!
4. Vergleiche die Federung der Achsenlager verschiedener Fahrzeuge miteinander, beispielsweise bei einem Ackerwagen, einem Kutschwagen, einem Kraftwagen, einem Traktor, einem Straßenbahnwagen, einem Eisenbahnwagen!
5. Stelle die Arten der an landwirtschaftlichen Maschinen verwendeten Federn fest!
6. Schneide aus starkem Papier einen etwa 30 cm langen, 2 cm breiten Streifen! Wickle ihn um eine dicke Stricknadel spiralig so auf, daß die Windungen gegeneinander etwas verschoben sind! Drücke den Streifen mit der heraus-

Abb. 29/1
Große Schmiedepresse



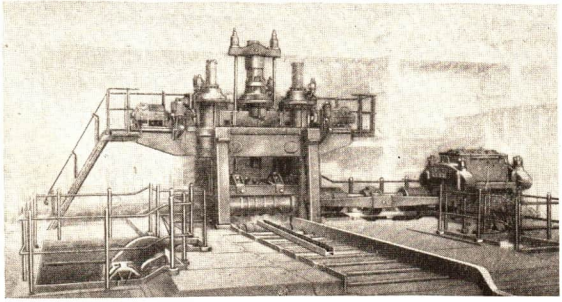


Abb. 29/2. Walzenstraße zur Herstellung von Doppel-T-Trägern

stehenden Spitze gegen die Tischplatte (Abb. 30/1), so daß sich die Windungen ineinanderschieben und lasse ihn dann plötzlich los! Was beobachtest du?

7. Prüfe die folgenden Stoffe auf ihre Elastizität: Igelit, Hartgummi, Siegellack, Schwefel, Radiergummi, Leder, Bindfaden, Kupferblech, Papier, Pappe!
8. Forme eine Kugel aus Knetmasse (Plastilin) und laß sie fallen! Versuche, mit ihr Ball zu spielen, wobei du sie gegen eine Mauer wirfst! Was stellst du fest? Nenne andere Stoffe, die die gleiche Eigenschaft besitzen!
9. Was versteht man unter der spanlosen Formgebung von Körpern? Nenne die wichtigsten Arten dieser Formgebung!
10. Gib Beispiele für die spanabhebende und die spanlose Formgebung an!
11. Lege einen Nagel auf einen Amboß oder eine andere stählerne Unterlage und klopfe den Nagel mit einem Hammer flach! Um welche Art der Formgebung handelt es sich dabei?
12. Drücke eine Münze in die Oberfläche eines Plastilinklumpens und hebe sie wieder ab! Was kannst du beobachten?

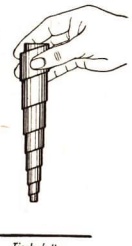


Abb. 30/1. Springender Papierstreifen als Modell einer Kegelfeder

§ 6. Einiges über Flüssigkeiten — Verbundene Gefäße

1. Die freie Oberfläche von Flüssigkeiten. In jedem Teich oder See ist die Wasseroberfläche bei Windstille eine *ebene, waagerechte Fläche.* Auch in einem mit Wasser gefüllten Glasgefäß, das vor uns fest auf dem Tisch steht, ist die Wasseroberfläche eben und waagerecht. Wir veranschaulichen dies durch einen Versuch. Dazu visieren wir über die Wasseroberfläche hinweg. Wir befestigen an einem Stativ eine Federklammer oder eine Papiermarke, so daß sie uns in der Höhe der Wasseroberfläche erscheint (Abb. 30/2). Dann schieben wir das Stativ um das Glas herum und erblicken die Marke immer wieder in derselben Höhe. Auch bei einer Schrägstellung des Gefäßes bleibt die Wasseroberfläche eine waagerechte

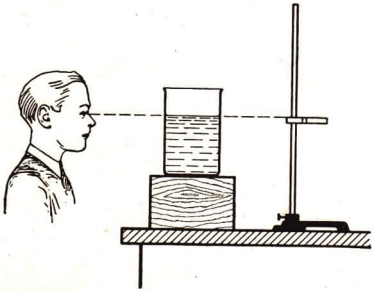


Abb. 30/2. Die Wasseroberfläche in einem Glas ist eine waagerechte Ebene

Ebene. Lassen wir die Randwölbung des Wassers unberücksichtigt, so können wir feststellen:

In einem weiten Gefäß ist die freie Oberfläche einer ruhenden Flüssigkeit eine waagerechte Ebene.

Dies ist leicht zu erklären. Eine Flüssigkeit ist außerordentlich leicht beweglich. Alle Teilchen der Flüssigkeit werden in der gleichen Weise von der Erde angezogen. Dadurch werden Unebenheiten, die an der Oberfläche auftreten, sofort wieder ausgeglichen.

Blicken wir dagegen weit über das Meer, so sehen wir von einem Schiff, das sich nähert, zuerst die Rauchfahne und erst später das Schiff selbst. Wenn sich das Schiff dagegen entfernt, kommt zuerst das Schiff und zuletzt die Rauchfahne aus der Sicht. Wir haben den Eindruck, daß die Schiffe hinter

Abb. 31/1. Schematische Darstellung der Meeresoberfläche

einer Wölbung auftauchen bzw. hinter ihr verschwinden (Abb. 31/1). *Die Oberfläche des Meeres ist gewölbt,* sie paßt sich der Krümmung der Erdoberfläche an.

Die Oberfläche des Meeres ist kugelförmig gewölbt.

Auch in einem See, in einem Teich, ja selbst in einem Gefäß ist die Oberfläche des Wassers der Oberflächenkrümmung der Erde angeglichen. Wir können aber bei der geringen Ausdehnung der Fläche die Krümmung nicht wahrnehmen; wir halten die Wasserfläche für eine Ebene.

2. Verbundene Gefäße. Wenn wir eine Gießkanne mit Wasser füllen, so steigt nicht nur die Wasseroberfläche im Behälter, sondern gleichzeitig auch die Wasseroberfläche im Ausflußrohr. Bei genauerer Untersuchung können wir feststellen, daß das Wasser im Rohr ebenso hoch steht wie in der Kanne (Abb. 31/2a). Auch wenn wir die Gießkanne etwas neigen, verbleiben beide Wasserspiegel in einer waagerechten Ebene. Halten wir bei noch stärkerem Neigen die Öffnung des Ausflußrohres tiefer als die Wasseroberfläche im Behälter, so fließt Wasser aus (Abb. 31/2b). Der Behälter der Gießkanne und das Ausflußrohr sind zwei Gefäße, die unter-

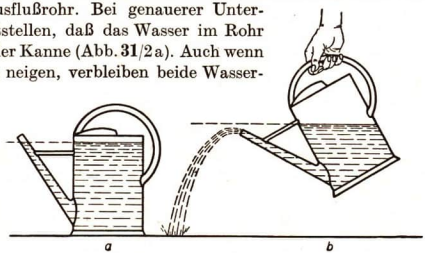


Abb. 31/2. Wasser in einer Gießkanne. a) Wasser im Gleichstand, b) Das Wasser fließt nur aus, wenn die Öffnung tiefer liegt als der Wasserstand im Behälter.

halb des Wasserspiegels miteinander verbunden sind. Man nennt sie *verbundene Gefäße*. Auch Kaffeekannen, Teekannen und ähnliche Gefäße sind verbundene Gefäße. Für alle gilt das Gesetz der verbundenen Gefäße.

In verbundenen Gefäßen liegen die Flüssigkeitsspiegel in einer waagerechten Ebene.

Von dieser Tatsache können wir uns durch einen einfachen Versuch überzeugen. Wir benutzen dazu zwei weite Glasröhren, die wir durch einen Schlauch verbinden. Beide Röhren halten wir senkrecht nebeneinander mit der

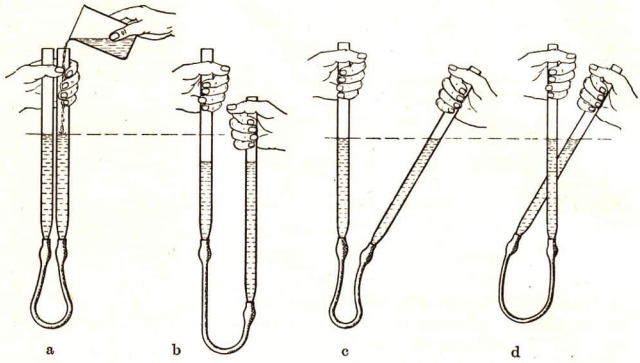


Abb. 32/1. Verbundene Röhren

a) Das Wasser, das man in die eine Röhre gießt, steigt auch in der anderen gleich hoch.
b) Senkt man eine Röhre, so stellt sich der Wasserspiegel wieder in beiden Röhren gleich hoch ein.
c) Auch bei der Neigung einer Röhre bleibt der Gleichstand des Wassers erhalten.
d) Die gegenseitige Verschiebung der Röhren ändert den Gleichstand nicht.

Öffnung nach oben und gießen Wasser in die eine Röhre. Das Wasser fließt durch den Schlauch in die andere Röhre, bis es in beiden Röhren gleich hoch steht (Abb. 32/1). Die Stellung der Röhren zueinander spielt dabei keine Rolle.

3. Technische Anwendung verbundener Gefäße. Verbundene Gefäße werden in vielen Betrieben als Behälter verwendet, in denen Flüssigkeiten aufbewahrt oder verarbeitet werden. Auch viele technische Hilfseinrichtungen sind verbundene Gefäße. Wir denken insbesondere an die *Wasserstandsgläser*, mit denen Dampfkessel, Flüssigkeitstanks und ähnliche Behälter versehen sind. Abb. 33/1

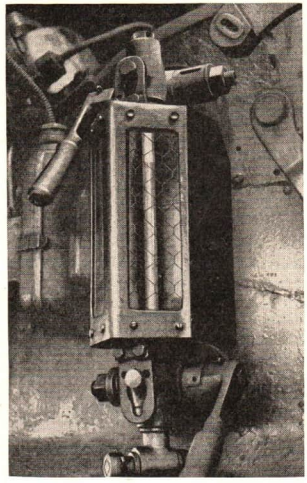
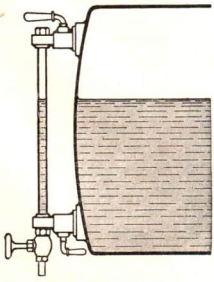


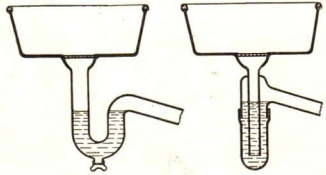
Abb. **33**/1. Wasserstandsglas an einem Lokomotivkessel. Das Glasrohr ist mit einer Schutzhaube aus Drahtglas umgeben, damit bei einem Zerspringen des Rohres der Lokomotivführer und der Heizer nicht durch umherfliegende Splitter und herausspritzendes heißes Wasser gefährdet werden.

stellt ein Wasserstandsglas an dem Kessel einer Lokomotive dar. Zum besseren Verständnis zeigt die Abb. **33**/2 einen Schnitt durch ein Wasserstandsglas. An jedem Ausguß, der in einen Entwässerungskanal einmündet, finden wir einen *Geruchverschluß* (Abb. **33**/3). Er wirkt ebenfalls wie zwei miteinander verbundene Gefäße und verhindert das Entweichen übelriechender Gase aus dem Entwässerungskanal durch den Ausguß. Ältere Geruchverschlüsse bestehen aus einem Rohrknie, bei neueren wird ein Zylinder mit abschraubbarer Bodenkappe verwendet.

4. Die Kanalwaage — Die Wasserwaage. Wollen wir bei Erdarbeiten die waagerechte Lage einer Strecke nachprüfen, so können wir bei kurzen Strecken

Abb. **33**/2
Schnitt durch ein Wasserstandsglas (schematische Darstellung)





a) Knieform b) Zylinderform

Abb. **33**/3. Geruchverschluß an einem Ausguß

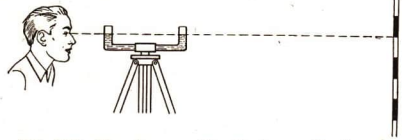


Abb. 34/1. Kanalwaage. Sie dient zum Festlegen einer Waagerechten auf kurze Entfernungen.

eine *Kanalwaage* benutzen (Abb. 34/1). Sie besteht im wesentlichen aus zwei weiten Glasröhren gleichen Durchmessers. Die Glasröhren sind durch eine rechtwinklig angeschmolzene engere Röhre, einen Kanal, miteinander verbunden. Diese Glasteile werden an einem Stativ befestigt, so daß die weiten Röhren mit ihren Öffnungen senkrecht nach oben zeigen. Wir füllen die Kanalwaage etwa bis zur Hälfte der Röhren mit Wasser und visieren über beide Oberflächen hinweg.

Durch die Kanalwaage wird eine waagerechte Gerade festgelegt.

Wollen wir die waagerechte Lage der Tischplatte, der Grundplatte einer Waage oder eines anderen Meßgerätes nachprüfen, so benutzen wir eine *Wasserwaage* oder *Röhrenlibelle** (Abb. 34/2). Sie ist ein leicht gekrümmtes, einige Zentimeter langes Glasröhrchen, das auf beiden Seiten geschlossen ist. Es ist bis auf eine kleine Luftblase mit Wasser oder Alkohol gefüllt und in eine Holzleiste eingebettet. Bei waagerechter Lage der Leiste liegt die Luftblase zwischen zwei Strichmarken des Röhrchens. Bei dieser Lage der Leiste nimmt die Luftblase den höchsten Stand im Röhrchen ein.

Abb. 34/2. Wasserwaage (schematisch). Das Röhrchen ist übertrieben stark gekrümmt, damit die Einstellung der Luftblase auf die höchste Stelle besser hervortritt.

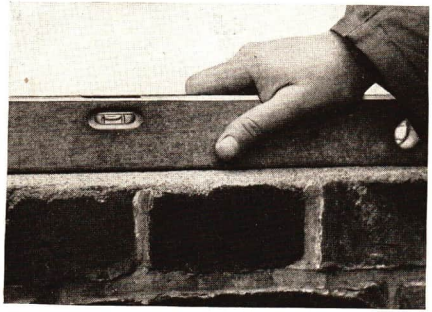


Abb. 34/3. Maurerwaage. Die oberste Schicht einer Mauer wird auf ihre waagerechte Lage geprüft.

Eine besondere Form der Wasserwaage ist die *Maurerwaage*. Die Maurer prüfen mit ihr die waagerechte Lage des Mauerwerks (Abb. 34/3). Die Maurerwaage hat eine zweite Libelle, die am Ende der Holzleiste senkrecht zu ihrer Längskante eingelassen ist. Daher können die Maurer mit der Maurer-

waage auch die lotrechte Lage der Mauer nachprüfen (Abb. 35/1). — In runder Form ist die Wasserwaage als *Dosenlibelle* gebräuchlich (Abb. 35/2). Sie ist häufig an Geräten angebracht, deren waagerechte Grundstellung oft nachgeprüft

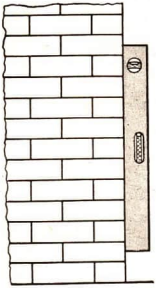


Abb. 35/1. Gebrauch der Maurerwaage zum Prüfen einer Lotrechten

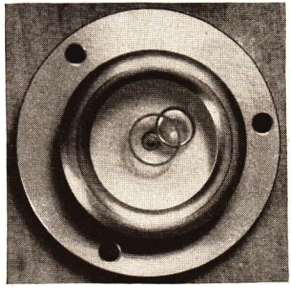


Abb. 35/2. Dosenlibelle. Bei waagerechter Stellung spielt die Luftblase auf den Kreis in der Mitte des Glasdeckels ein, weil dies seine höchste Stelle ist.

werden muß, zum Beispiel an Zeigerschnellwaagen. Liegt der Boden der Dose waagerecht, so stellt sich die Luftblase auf den Mittelpunkt des gewölbten Glasdeckels ein.

5. Versuche, Fragen und Aufgaben:

1. Wie stellt sich die freie Oberfläche einer Flüssigkeit ein?
2. Nenne Beispiele von verbundenen Gefäßen und erkläre, warum die genannten Geräte verbundene Gefäße sind!
3. Schütte in ein Glas feinen, trockenen Sand und stelle es auf den Tisch! Neige es und richte es wieder auf, während du vorsichtig gegen die Glaswand klopfst! Beobachte die Sandkörnchen! Worin gleicht das Verhalten des Sandes dem des Wassers? Worin unterscheidet er sich von ihm?
4. Warum sieht man am Meer zuerst die Rauchfahne eines sich nähernden Schiffes, dann den Schornstein und schließlich den Rumpf?
5. Zeichne nach Art der Abb. 31/2 schematisch einen halb mit Wasser angefüllten Teekessel im Schnitt a) stehend, b) geneigt während des Ausgießens!
6. Verbinde zwei Trichter mit einem Schlauch und führe die Versuche nach Abb. 32/1a bis d damit durch!
7. In der Nähe eines Teiches wird ein Loch gegraben. In einer bestimmten Tiefe sammelt sich Grundwasser an. Man kann feststellen, daß die Wasseroberflächen im Loch und im Teich gleich hoch stehen. Wie kannst du diese Erscheinung erklären?

8. Erläutere die Wirkungsweise des Wasserstandsglases an der Abb. 33/2!
9. Erläutere an Hand der Abb. 34/1 den Gebrauch der Kanalwaage!
10. Wie prüft man mit einer Maurerwaage a) die waagerechte Lage einer Steinschicht, b) den lotrechten Stand einer Mauer?
11. Fülle ein Tablettenröhrchen mit Wasser und verschließe es mit einem Korken, so daß eine etwa erbsengroße Luftblase darunter bleibt! Bringe es in die waagerechte Lage und versuche, die Luftblase auf die Mitte des Röhrchens einspielen zu lassen! Warum gelingt dies im Gegensatz zu einer Wasserwaage nur sehr schwer?
12. Prüfe die waagerechte Lage einer Tischplatte mittels einer Wasserwaage!

§ 7. Wasserleitungen und Schleusen

1. Allgemeines über Wasserleitungen — Gebirgswasserleitungen. Auf dem Gesetz der verbundenen Gefäße beruht auch die Wasserversorgung einer Ortschaft durch eine *Wasserleitung*. Eine solche Wasserleitung ist eine weitverzweigte Anlage und besteht aus vielen verbundenen Gefäßen. Einzelsiedlungen und kleine Dörfer werden oft aus Brunnen mit Wasser versorgt. Wenn die Brunnen technisch und gesundheitlich einwandfrei sind, genügt diese Art der Wasserversorgung. In größeren Orten, vor allem aber in den Städten, ist heute eine Wasserleitung unbedingt notwendig. Sie versorgt die Menschen mit gutem Trink- und Nutzwasser und ist unentbehrlich für die Brandbekämpfung.

In Gebirgsgegenden fängt man das klare Wasser hochgelegener Quellen auf und leitet es in tiefer liegende Sammel-

Abb. 36/1. Schematische Darstellung einer Gebirgswasserleitung

becken. Von dort fließt es in Rohrleitungen talwärts und wird den Gebäuden des Ortes zugeführt (Abb. 36/1). Eine Pumpe ist für Gebirgswasserleitungen nicht erforderlich. Das Wasser gelangt von selbst an sämtliche Stellen der Rohrleitungen und füllt diese nach dem Gesetz der verbundenen Gefäße vollständig aus.

2. Wasserleitungen im Flachland. Im Flachland dagegen muß man das Wasser aus *Tiefbrunnen* entnehmen, die bis in das Grundwasser hinabreichen. Ist gesundheitlich einwandfreies Grundwasser nicht in genügender Menge vorhanden, so muß man es künstlich bereiten. Zu diesem Zweck pumpt man Wasser aus Flüssen und größeren Seen in *Sickerteiche*. Durch verschiedene Schichten des Bodens sickert das Wasser in tief hinabreichende Brunnen. Dabei wird es gereinigt. Man nennt dieses Verfahren die *künstliche Grundwasserbereitung*. Von den Brunnen aus wird das Wasser *Filteranlagen* zugeführt, in denen es nochmals

gereinigt wird. Da es im Flachlande meist keine von Natur aus hochgelegenen Sammelbecken gibt, pumpt man das zubereitete Wasser in die *Hochbehälter* der *Wassertürme*. Von dort aus wird es durch das Rohrnetz den Gebäuden der Stadt zugeleitet. Aus Abb. 37/1 erkennen wir, daß eine Wasserleitung tatsächlich ein System verbundener Gefäße darstellt.

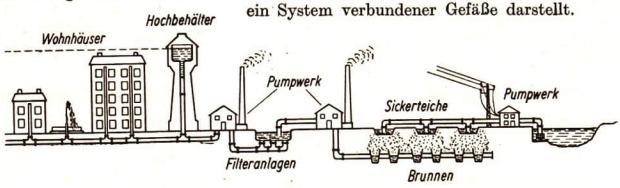


Abb. 37/1. Wasserversorgung einer Stadt im Flachlande

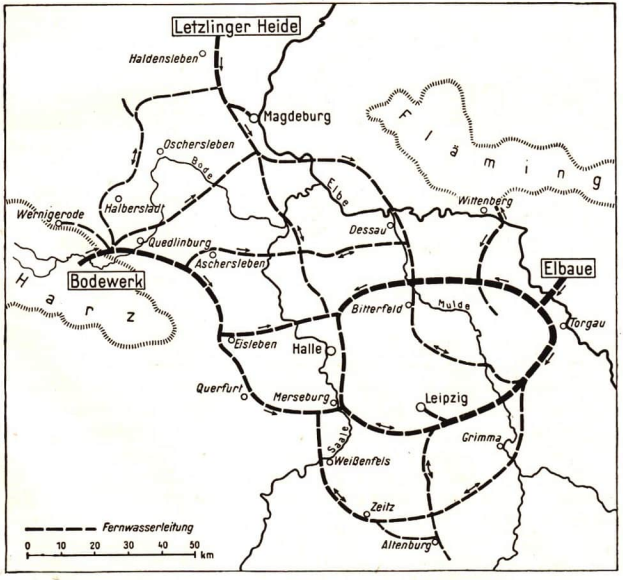


Abb. 37/2. Lageskizze der Mitteldeutschen Ringwasserleitung

Durch die großen Braunkohlentagebaue im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier hat sich im Laufe der Jahre der *Grundwasserspiegel* sehr gesenkt. Zum Trockenhalten der Gruben wird nämlich das Grundwasser abgepumpt und kann dann nicht mehr genutzt werden. Wegen des tiefen Grundwasserspiegels ist die Wasserversorgung der Großstädte und anderer Ortschaften in diesem Bereich gefährdet. Man muß daher diese Orte aus Gebieten mit einem großen Wasservorrat versorgen. Aus diesem Grund baut unsere Regierung eine große *Ringwasserleitung*, die durch die neue Rappbode-Talsperre und durch Tiefbrunnen in der Letzlinger Heide und in der Elbaue mit Wasser gespeist wird. Durch diese neue Anlage sollen weite Gebiete mit gutem Wasser versorgt werden, u. a. auch die Großstädte Magdeburg, Leipzig und Halle (Abb. 37/2).

3. Flußschleusen. Als verbundene Gefäße sind auch die *Flußschleusen* anzusehen. Sie sind an allen Stellen eingebaut, wo ein schiffbarer Fluß durch ein *Wehr* unterbrochen wird. Ein Wehr wird dort errichtet, wo ein Fluß infolge eines starken Gefälles zu schnell strömt. Durch eine zu schnelle Strömung wird der Schiffsverkehr erschwert oder unmöglich gemacht. Der Fluß wird durch das Wehr gestaut. Dadurch wird das Fahrwasser oberhalb des Wehres auf eine weite

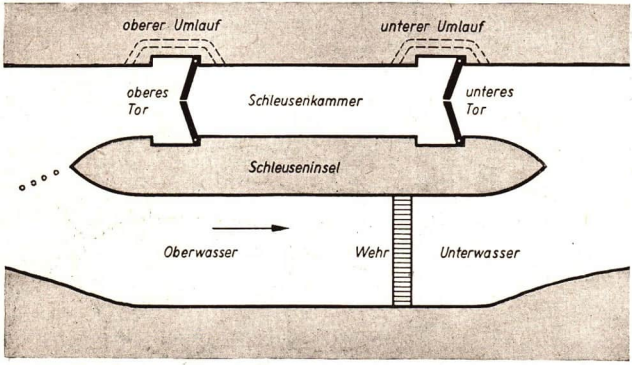


Abb. 38/1. Lageplan eines Flußwehres und der daneben liegenden Schleuse

Strecke hin beruhigt. Die neben dem Wehr gebaute Schleuse stellt die Verbindung zwischen dem *Unterwasser* und dem *Oberwasser* her. Sie ermöglicht es den Schiffen, an dem Wehr vorbeizufahren (Abb. 38/1).

Durch eine Schleuse können Schiffe Höhenunterschiede überwinden.

Jede Schleuse hat eine *Schleusenkammer*, die durch zwei doppelflüglige *Tore* gegen das Unterwasser und das Oberwasser abgeschlossen werden kann. Die

Tore können durch Winden entgegen der Stromrichtung geöffnet werden. Sie werden durch den Wasserdruck von selbst geschlossen gehalten.

Seitlich neben jedem Schleusentor sind unter Wasser in die Ufermauern *Umlaufkanäle* eingebaut, die den Zufluß bzw. den Ablauf des Wassers regeln. Beide Kanäle sind durch je einen dichtsitzenden Schieber verschließbar. Will ein Schiff die Schleuse stromaufwärts oder, wie die Schiffer sagen, in Bergfahrt passieren, so spielen sich dabei die Vorgänge ab, die in Abb. 39/1 a bis d dargestellt sind.

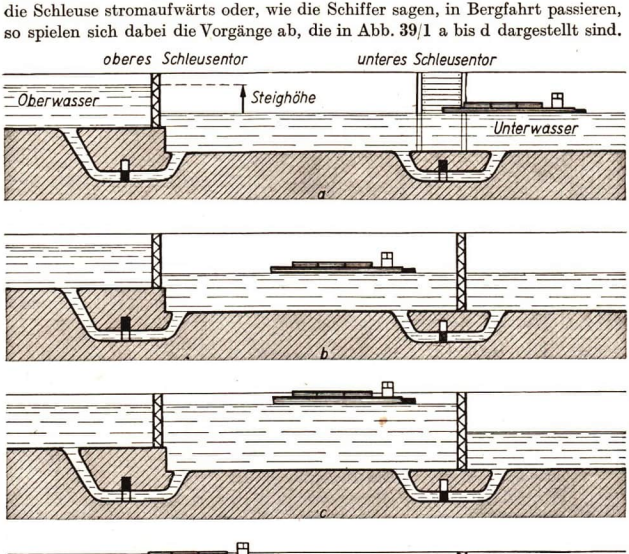


Abb. 39/1 a bis d. Schematische Wiedergabe der Bergfahrt eines Schiffes durch eine Schleuse. Die Umläufe sind wegen der einfacheren Darstellung nach unten um die Tore herumgeführt.

a) Unteres Tor und unterer Umlauf geöffnet. Schiff fährt ein.
b) Beide Tore und unterer Umlauf geschlossen. Oberer Umlauf geöffnet. Wasser strömt zu.
c) Höchster Wasserstand in der Schleusenkammer ist erreicht.
d) Oberes Tor wird geöffnet. Schiff fährt aus.

Schleusen werden oft auch in Schiffahrtskanäle eingebaut. Verbindet ein Kanal zwei Flüsse, deren Wasserspiegel verschieden hoch liegen, so sind Schleusen zur Wasserhaltung im Kanal erforderlich. Mit Hilfe von Schleusen kann man einen Kanal sogar über einen Höhenrücken hinwegführen. Ein bekanntes Beispiel dafür ist der 100 km lange *Lenin-Kanal* in der Sowjetunion, der die Wolga mit dem Don verbindet und 1952 in Betrieb genommen wurde. Er überwindet zwischen Kalatsch und Stalingrad einen 44 m über dem Don und 88 m über der Wolga liegenden Höhenzug. Auf der Donseite wurden 4 Schleusen und auf

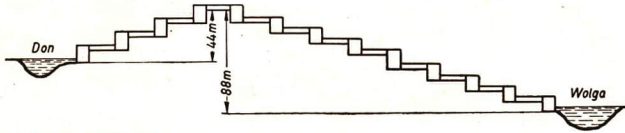


Abb. 40/1. Schematische Darstellung der Schleusentreppe zwischen Don und Wolga. Die Staustufen sind übertrieben hoch gezeichnet.

der Wolgaseite 9 Schleusen errichtet (Abb. 40/1). Das Wasser wird aus dem Stausee des Don bei Zimljanskaja entnommen und durch ein großes Pumpwerk bis zum Kanalscheitel emporgehoben.

4. Versuche, Fragen und Aufgaben:

1. Beschreibe die Anlage einer Gebirgswasserleitung! Welchen Vorzug hat diese gegenüber einer Wasserleitung im Flachland?
2. Nenne die wichtigsten Anlagen einer Wasserleitung im Flachland! Welchem Zweck dienen sie?
3. Wie hoch kann das Wasser in den Steigröhren einer Wasserleitung steigen, die an einen Wasserturm angeschlossen ist?
4. Verbinde einen großen Trichter durch einen etwa 100 cm langen Schlauch mit einem Glasröhrchen, das zu einer Spitze ausgezogen ist! Halte das Röhrchen mit der Spitze nach oben neben den Trichter! Fülle Wasser in den Trichter, bis es zum Röhrchen herausfließt! Senke das Röhrchen rasch! Es entsteht ein Springbrunnen. Wie hoch kann das Wasser höchstens steigen?
5. Was versteht man unter der künstlichen Grundwasserbereitung?
6. Warum ist eine Schleuse ein System verbundener Gefäße? Welchem Zweck dient eine Schleuse?
7. Welche Vorgänge spielen sich bei der Durchfahrt eines Schiffes durch eine Schleuse a) in Talfahrt, b) in Bergfahrt ab?
8. Wo befindet sich die eurem Schulort zunächst gelegene Schleuse?

§ 8. Einiges über die Gase

1. Die Luft läßt sich verdichten. Blasen wir eine Gummiblase mit dem Munde auf, so füllt sie sich mit Luft und wird prall wie ein Luftballon. Die Blase dehnt sich dabei aus. Wird sie zu stark aufgeblasen, so zerplatzt sie mit einem Knall.

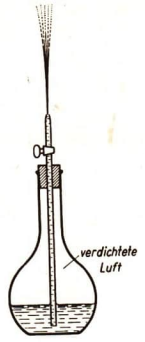


Abb. 41/1. Die sich entspannende Luft treibt das Wasser in einem Strahl aus der Flasche heraus (Heronsball).

Geben wir die Öffnung einer aufgeblasenen Gummiblase ein wenig frei, so entweicht die zusammengepreßte Luft unter schwachem Zischen.

Die Zusammendrückbarkeit der Luft läßt sich auch durch den folgenden Versuch zeigen. Wir füllen eine Flasche etwa zu einem Viertel mit Wasser und verschließen sie mit einem durchbohrten Korken. Durch den Korken stecken wir ein Glasrohr, das fast bis zum Boden der Flasche reicht. An seinem oberen Ende ist das Rohr mit einem Hahn versehen. Das freie Ende des Rohres ziehen wir zu einer Spitze aus. Blasen wir bei geöffnetem Hahn kräftig in die Flasche, so steigt die Luft durch das Wasser empor. Die in der Flasche bereits vorhandene Luft wird dabei zusammengepreßt; man sagt, sie wird *verdichtet*. Der Hahn wird sofort nach dem Blasen geschlossen. Öffnet man ihn wieder, so wird das Wasser in einem hohen Strahl aus dem Rohr hinausgetrieben (Abb. 41/1). Die Luft dehnt sich aus, sie entspannt sich, und verdrängt das Wasser.

Eine ähnliche Vorrichtung war schon im Altertum als *Heronsball** bekannt. Der Versuch gelingt auch dann, wenn wir vorher ein anderes Gas als Luft, beispielsweise Stadtgas, in die Flasche geleitet haben.

Luft und andere Gase lassen sich durch eine Kraft verdichten. Wenn die Kraft nicht mehr wirkt, entspannen sie sich wieder, sobald ihre Ausdehnung räumlich möglich ist.

Verschiedene Gase werden zur Aufbewahrung in *Stahlflaschen* gepreßt, zum Beispiel Sauerstoff, Wasserstoff, Propangas, Azetylen. Wollen wir eine möglichst große Gasmenge in einer Flasche unterbringen, so müssen wir das Gas sehr stark verdichten. Dadurch erhält es eine große *Spannkraft*. Wir müssen daher eine dickwandige Stahlflasche verwenden (Abb. 41/2). Beim Arbeiten mit stark verdichteten Gasen müssen die Arbeiter sehr vorsichtig sein, damit Unfälle vermieden werden. Insbesondere dürfen die Stahlflaschen nicht umgeworfen werden, da sie sonst infolge von Beschädigungen platzen können.

Je mehr ein Gas verdichtet wird, um so größer wird seine Spannkraft.

Abb. 41/2. Stahlflasche zum Aufbewahren von Gasen

2. Die Fahrradpumpe. Wären die Gase nicht zusammendrückbar, so gäbe es keine *Luftschläuche* für Fahrräder und andere Fahrzeuge. Die Luftschläuche bilden *Luftpolster*; sie sind imstande, das Gewicht des Fahrrades und des Radfahrers zu tragen. Durch *Mäntel* werden die Schläuche vor Beschädigungen geschützt.

Zum Verdichten der Luft benutzen wir eine *Fahrradpumpe* (Abb. 42/1). Die Pumpe enthält in dem *Pumpenzylinder* einen beweglichen *Kolben*. Dieser ist fest mit einer *Kolbenstange* verbunden, die an ihrem freien Ende einen *Handgriff* trägt. Durch diesen Griff kann der Kolben hin und her bewegt werden. Der Kolben trägt vorn eine *Ledermanschette*. Sie legt sich beim Hineindrücken des Kolbens eng an die Rohrwand an und schließt den Kolben luftdicht ab (Abb. 42/2). Dabei wird die Luft im Pumpenzylinder verdichtet. Diese Verdichtung merken wir deutlich, wenn wir beim Hineindrücken die seitliche Öffnung des Pumpenzylinders mit dem Daumen verschließen. Beim Zurückbewegen des Kolbens hebt sich die Ledermanschette etwas von der Rohrwand ab, so daß erneut Luft hinter den Kolben treten kann.

Abb. 42/1. Längsschnitt durch eine Fahrradpumpe

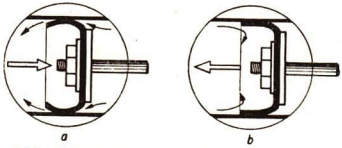


Abb. 42/2. Wirkung der Ledermanschette
a) beim Herausziehen und
b) beim Hineindrücken des Kolbens

Wollen wir einen Schlauch aufpumpen, so pressen wir die Pumpe mit ihrer Öffnung von unten her fest gegen den *Ventilansatz* des Rades (Abb. 42/3). Das *Ventil** ist ein *Schlauchventil*. Es besteht in der Hauptsache aus einem Röhrchen, das nach einem Ende zu verjüngt und dort geschlossen ist (Abb. 43/1). Es hat an diesem Ende eine kleine seitliche Öffnung. Diese wird durch einen engen Schlauch, den *Ventilschlauch*, verschlossen, der über das Röhrchen gestreift ist. Die aus der Pumpe kommende Luft wird durch das Ventilröhrchen gedrückt und hebt den Ventilschlauch etwas vom Röhrchen ab. Durch den

Abb. 42/3
Aufpumpen eines Fahrradschlauches

dabei entstehenden Zwischenraum strömt die Luft in den Fahrradschlauch. Umgekehrt kann sie aber nicht aus dem Schlauch zurückströmen; der enganliegende Ventilschlauch verhindert dies. Das Ventil öffnet sich demnach nur nach innen.

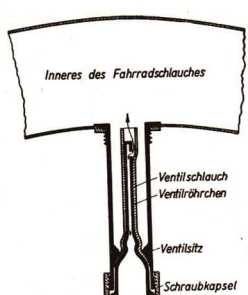


Abb. 43/1. Schematische Ansicht eines Schlauchventils. Der Zwischenraum zwischen dem Ventilröhrchen und dem Ventilschlauch ist übertrieben breit gezeichnet, damit er gut sichtbar ist.

3. Versuche, Fragen und Aufgaben:

1. Wodurch unterscheiden sich Gase, die sich in einem abgeschlossenen Raum befinden, von Flüssigkeiten, wenn man von außen eine Kraft auf sie wirken läßt?
2. Welche Art der Fahrradpumpe außer der auf S. 42 beschriebenen Handpumpe kennst du? Wodurch unterscheiden sich beide Arten?
3. Nenne andere Fahrzeuge außer dem Fahrrad, bei denen zur Federung Luftreifen verwendet werden!
4. Gib Sportgeräte an, die vor dem Gebrauch aufgepumpt werden müssen! Vergleiche die dazu benutzten Pumpen mit der Fahrradpumpe!
5. Gib Anwendungen luftgefüllter Hohlkörper als Polstermittel an!
6. Wie ist die große Elastizität eines neuen Gummiballes zu erklären?
7. Verschließe die Öffnung einer Fahrradpumpe fest mit dem Finger und laß den Kolben durch einen Mitschüler in die Pumpe hineindrücken! Was ist zu beobachten, wenn der Kolben bei stärkster Verdichtung der Luft plötzlich losgelassen wird? Erkläre den Vorgang!

§ 9. Die drei Aggregatzustände

1. Gemeinsame und unterscheidende Merkmale der Körper. Wir haben bisher einige Eigenschaften der Körper kennengelernt, die ihnen allen gemeinsam sind:

Jeder Körper besteht aus einem Stoff.
Jeder Körper nimmt einen Raum ein.
An einer Stelle kann jeweils nur ein Körper sein.

Dies gilt ohne Unterschied für feste, flüssige und gasförmige Körper.

Außer den gemeinsamen Eigenschaften gibt es auch solche, in denen sich die Körper unterscheiden. So sind manche festen Körper in bestimmten Grenzen elastisch veränderlich, andere sind plastisch verformbar.

Die Unterscheidung dieser Eigenschaften beschränkt sich im wesentlichen auf feste Körper. Wie wir wissen, gibt es aber auch flüssige und gasförmige Körper. Die Physiker haben erkannt, daß sich mit der Beschaffenheit eines

Körpers auch seine Eigenschaften von Grund auf ändern. Wir werden daher die drei Körperarten noch einmal einander gegenüberstellen.

2. Die Aggregatzustände. Wir wollen zunächst untersuchen, ob sich die Beschaffenheit eines Körpers durch Einwirkung von außen ändern kann. Wie wir aus Erfahrung wissen, gefriert das Wasser, wenn es kalt genug ist, und wird zu Eis. Wird es wieder wärmer, so taut das Eis auf; wir erhalten dasselbe Wasser wie vorher. Wir folgern daraus, daß sich das Wasser beim Erstarren und ebenso das Eis beim Schmelzen als Stoffe nicht geändert haben. Das Wasser ist beim Erstarren lediglich aus dem *flüssigen Zustand* in einen anderen, in den *festen Zustand*, übergegangen. Einen Übergang von einem Zustand in einen anderen beobachten wir auch, wenn sich Wasser beim Sieden in Dampf verwandelt. Halten wir in den Dampf einen kalten Topfdeckel, so schlägt sich der Dampf an ihm als Wasser in kleinen Tröpfchen nieder (vgl. S. 87). Auch hieran sehen wir, daß der Übergang des Wassers in Dampf und der Übergang des Dampfes in Wasser nur eine Änderung des Zustandes bedeutet.

Wie uns das Beispiel des Wassers lehrt, kann ein und derselbe Stoff in drei verschiedenen Zustandsformen auftreten: nämlich im *festen*, im *flüssigen* und im *gasförmigen Zustand*. In welcher Zustandsform sich ein Stoff befindet, hängt von der Temperatur ab. Wir bezeichnen die Zustandsformen der Stoffe auch als ihre **Aggregatzustände***.

Es gibt drei Aggregatzustände: den festen, den flüssigen und den gasförmigen.

3. Die Unterscheidung der Aggregatzustände. Wir können die Aggregatzustände schon äußerlich unterscheiden. Das ersehen wir aus den folgenden Versuchen.

1. Wir legen einen quaderförmigen Holzklotz in verschiedenen Stellungen auf den Tisch: auf die größte Fläche, auf die kleinste Fläche, schräg angelehnt in eine Schale, über die Tischkante ragend oder in beliebiger anderer Stellung (Abb. 44/1). Weder der Rauminhalt noch die Gestalt des Klotzes werden dadurch beeinflußt.

Abb. 44/1. Ein Holzklotz in verschiedenen Stellungen

Feste Körper haben einen bestimmten Rauminhalt und eine bestimmte Gestalt.

2. Wir füllen ein Litermaß mit Wasser und gießen das Wasser der Reihe nach in ein großes Glas, in eine Schale, in einen Standzylinder und zuletzt wieder in das Litermaß (Abb. 44/2).

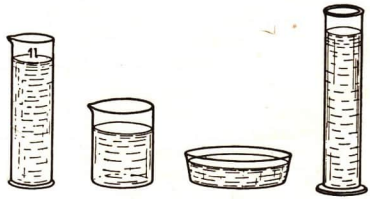


Abb. 44/2. Ein Liter Wasser in verschiedenen Gefäßen

Der Rauminhalt des Wassers wird durch das Umgießen nicht geändert; aber die Form des Raumes, den das Wasser einnimmt, paßt sich jeweils der Gestalt des Gefäßes an. Denselben Versuch können wir auch mit anderen flüssigen Körpern durchführen und stellen das gleiche fest.

Flüssige Körper haben einen bestimmten Rauminhalt, aber keine bestimmte Gestalt.
Sie nehmen die Form des Gefäßes an und haben eine freie, waagerechte Oberfläche.

3. Wir verschließen ein etwa 15 mm weites und 300 mm langes Glasrohr mit zwei weichen Korken, die in das Glasrohr gut hineinpassen. Den einen Korken schieben wir mit einem genügend langen und dicken Holzstab in das Rohr hinein (Abb. 45/1). Wir können dabei die Luft erheblich zusammendrücken. Schließlich fliegt der andere Korken mit einem Knall heraus.

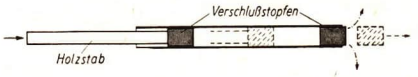


Abb. 45/1. Glasrohr mit Luftfüllung. Die Luft im Rohr wird zusammengedrückt und treibt den Verschlußkorken heraus.

Da die Luftsäule beim Versuch kürzer wurde, erkennen wir, daß die eingeschlossene Luft keinen bestimmten Rauminhalt hat. Beim Herausfliegen des Korkens dehnt sich die zusammengepreßte Luft wieder aus. Sie entweicht zum Teil und vermischt sich mit der Außenluft. Die Luft hat somit auch keine bestimmte Gestalt.

Auch bei anderen gasförmigen Körpern kann man die gleichen Beobachtungen machen. Bereits auf S. 41 hatten wir erfahren, daß der Rauminhalt von Gasen stark verändert werden kann.

Gasförmige Körper haben weder einen bestimmten Rauminhalt, noch eine bestimmte Gestalt.
Sie nehmen die Form des Gefäßes an, in dem sie sich befinden, und füllen es aus.

4. Fragen und Aufgaben:

1. Nenne Beispiele für Körper, die aus festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen bestehen!
2. Woran erkennst du, daß Flüssigkeiten und Gase Körper sind?
3. Nenne die Aggregatzustände!
4. Durch welche Eigenschaften sind die verschiedenen Aggregatzustände gekennzeichnet?
5. Führe Beispiele an, bei denen ein Körper von einem Aggregatzustand in den anderen übergeht! Gib jedesmal die Ursache dafür an!
6. In welchem Aggregatzustand lassen sich Metalle am einfachsten und ohne Materialverluste formen?
7. In welchen Aggregatzustand gehen Butter und Schmalz über, wenn man sie in eine heiße Pfanne legt?

II. Von der Wärme

§ 10. Die Temperatur

1. Die Wärmeempfindung. Aus Erfahrung wissen wir, daß die Körper kalt oder warm sind. Wir können dies schon durch Berühren feststellen. Je nachdem, welche Wärmeempfindung wir haben, sagen wir, ein Körper ist *kalt, kühl, lau, warm, heiß*. Für ganz außergewöhnliche Kälte- und Wärmeempfindungen verwenden wir auch noch die Worte *eiskalt, siedend heiß* und *glühend heiß*.

Und doch können uns unsere Empfindungen täuschen. Wir stellen vier Schüsseln nebeneinander auf den Tisch. In die linke füllen wir kaltes Wasser, in die rechte möglichst warmes, so daß wir mit der Hand noch hineinfassen können. In die beiden mittleren Schüsseln gießen wir lauwarmes Wasser, das wir vorher in einem besonderen Gefäß aus warmem und kaltem Wasser gemischt haben. Nun tauchen wir unsere Hände in die beiden äußeren Schüsseln, und zwar die linke Hand in das kalte, die rechte in das warme Wasser. Danach ziehen wir beide Hände schnell aus den Schüsseln heraus und tauchen sie gleichzeitig in die beiden mittleren Schüsseln (Abb. 46/1). Wir halten das Wasser in den mittleren Schüsseln für verschieden warm: Mit der linken Hand empfinden wir das Wasser als warm, mit der rechten Hand als kalt, obwohl das Wasser in beiden Schüsseln gleich warm ist. Wiederhole selbst den Versuch und vertausche dabei auch die äußeren Schüsseln!

Auch an anderen Beispielen können wir erkennen, daß uns unsere Wärmeempfindungen oft täuschen. Nach kaltem Abbrausen empfinden wir auch bei kühlem Wetter das Wasser im Schwimmbad als angenehm warm. Der Keller scheint im Winter warm und im Sommer kühl zu sein, obwohl er im ganzen Jahr fast gleich warm ist. Treten wir an einem kalten Wintertag von der Straße in den

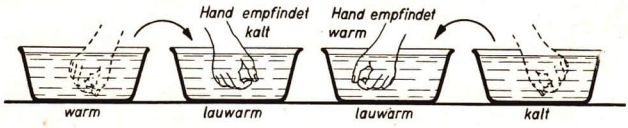


Abb. 46/1. Feststellen des Wärmezustandes von Wasser durch Eintauchen der Hände

Hausflur, so halten wir ihn für angenehm warm. Wenn wir jedoch aus dem geheizten Zimmer in den gleichen Flur gehen, so meinen wir, es sei in ihm recht kalt.

Mit den Worten heiß, warm, lau, kühl und kalt bezeichnen wir unsere persönlichen Wärmeempfindungen. Mit diesen Worten können wir aber den Wärmezustand eines Körpers nicht eindeutig angeben.

2. Das Thermometer. Den Wärmezustand eines Körpers bezeichnet man im allgemeinen als seine **Temperatur.** Als Meßgerät zur Bestimmung der Temperatur wurde das *Thermometer* entwickelt. Dadurch ist es möglich, die Temperatur unabhängig von unseren persönlichen Wärmeempfindungen anzugeben.

Vorläufer unserer heutigen Thermometer wurden schon vor über 200 Jahren verwendet. Man konnte mit diesen Geräten aber nur Temperaturveränderungen feststellen, die Temperatur jedoch nicht messen. Im Jahre 1711 wurde von dem holländischen Glasbläser *Gabriel Daniel Fahrenheit** ein solches Gerät mit einer *Temperaturskala* versehen. Es wurde dadurch zu einem *Temperaturmesser*, zu einem *Thermometer*.

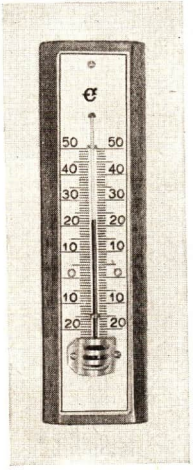


Abb. 47/1
Zimmerthermometer

Die Abbildung 47/1 zeigt ein *Zimmerthermometer*, das mit *Quecksilber* gefüllt ist. Das Zimmerthermometer hat eine sehr enge Glasröhre. Diese Röhren nennt man wegen ihrer geringen Weite *Haarröhren* oder *Kapillarröhren*. Die Haarröhre des Thermometers endet unten in einer Kugel oder in einer meist länglichen Erweiterung. Am oberen Ende ist sie zugeschmolzen. Die Röhre ist luftleer. In der Kugel und auch im unteren Teil der Röhre befindet sich Quecksilber. Dies ist eine silbergraue, schwere Flüssigkeit, die aber leicht beweglich ist. Quecksilber ist das einzige Metall, das auch bei Zimmertemperatur flüssig ist. Damit die Thermometerröhre gegen Zerbrechen geschützt ist, wird sie auf einem Brettchen befestigt.

Halten wir die Kapillarröhre eines Thermometers dicht vor den Mund und hauchen die Quecksilberkugel an, so sehen wir, daß die Kuppe der Quecksilbersäule ansteigt. Sie erreicht eine bestimmte Höhe und steigt dann nicht weiter. Man bezeichnet die Quecksilbersäule wegen ihres geringen Durchmessers auch häufig als *Quecksilberfaden*. Hängen wir das Thermometer wieder an seinen Platz zurück, so können wir nach kurzer Zeit beobachten, daß der Quecksilberfaden wieder seine alte Länge erreicht hat. Wir erklären uns diese Beobachtung dadurch, daß sich das Quecksilber bei einer Erwärmung ausdehnt, bei einer Abkühlung dagegen zusammenzieht. Der Quecksilberfaden zeigt durch seine Länge die Temperatur der Umgebung des

Thermometers an. Damit man diese Temperatur messen kann, versieht man jedes Thermometer mit einer *Gradeinteilung*, einer *Skala*.

Die Skala eines Thermometers wird durch zwei bestimmte Temperaturen festgelegt. Die Bedeutung dieser Temperaturen werden wir uns durch zwei Versuche mit einem *Stabthermometer* klarmachen (Abb. 48/1). Dieses Thermometer werden wir noch oft zu Temperaturmessungen verwenden. Wir halten das Thermometer in einen Trichter mit schmelzenden Eisstückchen (Abb. 48/2a). So oft wir dies auch tun, immer wieder stellt sich der Quecksilberfaden auf die gleiche Länge ein. Die Temperatur des schmelzenden Eises bezeichnet man als den **Schmelzpunkt** oder auch als den **Gefrierpunkt.**

Abb. 48/1
Stabthermometer

Dann senken wir das Thermometer in eine Kochflasche mit siedendem Wasser. Der Quecksilberbehälter muß sich dabei dicht über der Wasseroberfläche befinden und vom Dampf umspült werden (Abb. 48/2b). Auch bei diesem Versuch erreicht der Quecksilberfaden immer wieder die gleiche Länge. Diese Länge ist aber größer als bei dem Versuch mit dem schmelzenden Eis. Die Temperatur, bei der das Wasser siedet, heißt der **Siedepunkt.** Den Schmelzpunkt und den Siedepunkt nennt man die **Fest-** oder **Fixpunkte** des Thermometers.

Ähnlich verfahren wir, wenn ein neugefertigtes Thermometer mit einer Skala versehen werden soll. Dazu markieren wir am

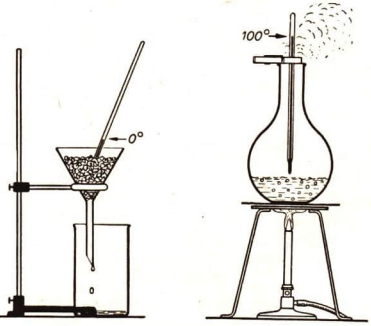


Abb. 48/2. Bestimmen der Festpunkte eines Thermometers
a) Schmelzpunkt des Eises,
b) Siedepunkt des Wassers.
Während der ganzen Dauer des Schmelzens und des Siedens ändert sich der Thermometerstand nicht. Das Ende des Quecksilberfadens ist durch einen Pfeil gekennzeichnet.

Thermometer den Schmelzpunkt und den Siedepunkt des Wassers. Den Abstand zwischen beiden Fixpunkten teilen wir in 100 gleiche Teile. Einen Teil nennt man ein *Grad*. Wir erhalten so die von dem schwedischen Naturforscher *Celsius** eingeführte Thermometerskala. Sie ist heute in allen Ländern der Erde, außer in den USA und in Großbritannien, üblich. Bei allen wissenschaftlichen Arbeiten gilt sie auf der ganzen Erde.

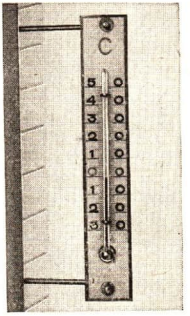


Abb. 49/1
Fensterthermometer

Der Abstand zwischen dem Schmelzpunkt des Eises und dem Siedepunkt des Wassers wird am Celsiusthermometer in hundert gleiche Teile oder Celsiusgrade eingeteilt.

Die Maßeinheit ist ein Grad Celsius (°C).

Eis schmilzt bei 0 °C.

Wasser siedet bei 100 °C.

Damit wir auch Temperaturen messen können, die höher als 100 °C und tiefer als 0 °C sind, setzen wir unsere Gradeinteilung über die Festpunkte hinaus fort. Die Grade über 0 werden mit dem Zeichen + (plus), die Grade unter 0 mit dem Zeichen — (minus) versehen. + 4 °C bedeutet also 4° über Null, — 17 °C bedeutet 17° unter Null. Ein Zimmerthermometer hat meist einen Meßbereich von — 10 °C bis + 50 °C. Bei der Angabe von Temperaturunterschieden wird an Stelle von °C die Abkürzung grd gesetzt.

Beispiel: Die Temperatur stieg von — 4 °C um 9 grd auf + 5 °C.

Wenn keine Verwechslungen möglich sind, läßt man das Pluszeichen vor der Temperaturangabe fort. So schreibt man für + 5 °C meist nur 5 °C.

3. Die Verwendung des Thermometers. Die Außentemperatur lesen wir an einem *Fensterthermometer* ab (Abb. 49/1). Es ist am Fensterrahmen so befestigt, daß man es durch die Scheiben hindurch gut sehen kann. Der Nullpunkt soll etwa in Augenhöhe liegen. Statt auf einem Brettchen ist das Thermometer auf einer Milchglasscheibe angebracht. Wir wählen nach Möglichkeit ein nach Norden gelegenes Fenster, damit das Thermometer nicht von Sonnenstrahlen getroffen wird.

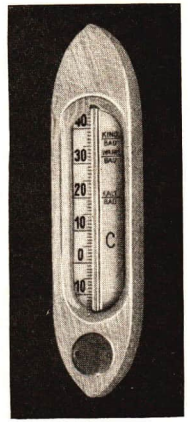


Abb. 49/2
Badethermometer

Die Temperatur des Badewassers kontrollieren wir mit einem *Badethermometer* (Abb. 49/2). Es ist durch

einen Holzmantel schwimmfähig gemacht und muß beim Ablesen stets im Wasser bleiben.

Soll zu Hause Obst oder Gemüse eingekocht werden, so geschieht dies mit dem Einkochapparat. Zur Kontrolle der Wassertemperatur in dem Apparat verwendet man das sogenannte *Einkochthermometer* (Abb. **50**/1). Es ist gegen Beschädigungen durch eine Blechröhre geschützt. Die Skala des Einkochthermometers reicht von +30 °C bis +110 °C; auf ihr sind die Temperaturen angegeben, die man beim Einkochen verschiedener Speisen einhalten muß.

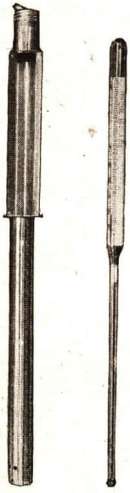


Abb. **50**/1
Einkochthermometer

Für die Krankenpflege ist das *Fieberthermometer* unentbehrlich (Abb. **50** 2). Seine Skala reicht von +35 °C bis +42 °C. Bei diesem Thermometer und auch bei einigen anderen sind die einzelnen Grade noch in je 10 gleiche Teile, in *Zehntelgrade*, geteilt. Die Temperatur von +37 °C ist auf der Skala meist rot markiert. Ist unsere Körpertemperatur höher als 37 °C, so haben wir Fieber. Damit wir die Körpertemperatur genau messen können, darf der Quecksilberfaden vor und bei dem Ablesen nicht zurückgehen. Deshalb besitzt das Fieberthermometer eine Vorrichtung, durch die der Quecksilberfaden am selbständigen Zurückweichen gehindert wird (Abb. **50**/3). Bevor wir das Fieberthermometer wieder benutzen, müssen wir das Quecksilber mit einem kräftigen Ruck in den erweiterten Teil der Röhre zurückschleudern.

Abb. **50**/2
Fieberthermometer

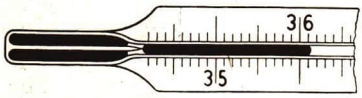


Abb. **50**/3. Die Sicherung eines Fieberthermometers gegen ein Zurückweichen des Quecksilberfadens. Ein feiner Glasstachel reicht vom Boden des Quecksilbergefäßes bis in die enge Öffnung der Röhre hinein. Durch diesen Stachel wird das Zurückweichen des Quecksilberfadens gehemmt.

Die bisher angeführten Thermometer werden hauptsächlich im Haushalt und in der Schule verwendet. Es gibt aber auch *technische Thermometer* (Abb. **51**/1). Mit solchen Thermometern mißt man die

Übersicht über die gebräuchlichsten Thermometer

Thermometerart	Meßbereich	Besonderheiten
Zimmerthermometer	−10 °C bis + 50 °C	Skala auf Holzbrettchen
Fensterthermometer	−30 °C bis + 50 °C	Skala auf Milchglasstreifen
Badethermometer	0 °C bis + 50 °C	Durch ein Holzbrettchen schwimmfähig gemacht
Einkochthermometer	+30 °C bis +110 °C	Von einem Schutzrohr aus Blech umgeben
Fieberthermometer	+35 °C bis + 42 °C	In Zehntelgrade geteilt
Stabthermometer	−20 °C bis +100 °C	Für wissenschaftliche Untersuchungen besonders geeignet
Technische Thermometer	Verschiedene Meßbereiche zwischen −20 °C und +500 °C	In einem Metallschutzrohr untergebracht

Einige wichtige Temperaturen in °C

Inneres der Sonne	mehrere Millionen
Oberfläche der Sonne	etwa +6000
Elektrischer Lichtbogen	etwa +4000
Flamme des Schweißbrenners	etwa +2700
Gasflamme (Bunsenbrenner)	etwa +1700
Kohlenfeuer im Zimmerofen	etwa +1300
Kerzenflamme	etwa +1300
Weißglut der Metalle	etwa +1300
Helle Rotglut der Metalle	etwa + 800
Dunkle Rotglut der Metalle	etwa + 500
Siedepunkt des Wassers	+ 100
Menschlicher Körper	etwa + 37
Gefrierpunkt des Wassers	0
Kochsalz-Eis-Gemisch	− 21
Tiefste Temperatur auf der nördlichen Erdhalbkugel	etwa − 73
Tiefste künstlich erzielte Temperatur	etwa − 273

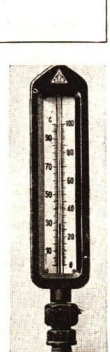


Abb. 51/1. Technisches Thermometer. Das Thermometer ist von einer Schutzhülle umgeben.

Temperatur von Flüssigkeiten und Gasen in chemischen Werken und anderen Produktionsstätten. Der Meßbereich richtet sich nach der Höhe der Temperaturen, die gemessen werden sollen. Technische Thermometer werden für verschiedene Meßbereiche zwischen −20 °C und +500 °C hergestellt.

4. Versuche, Fragen und Aufgaben:

1. Stecke ein röhrenförmiges Fensterthermometer in einen Trichter mit zerstoßenem Eis und prüfe nach, ob der Nullpunkt richtig angezeigt wird!

2. Hänge mehrere Thermometer zusammen mit dem nach Versuch 1 überprüften dicht nebeneinander frei auf und vergleiche sie bei verschiedenen Temperaturen! Warum müssen die Thermometer dicht nebeneinander hängen?
3. Stelle die Meßbereiche aller Thermometer fest, die du erreichen kannst!
4. Erkläre dir die Füllung eines Thermometers durch einen Modellversuch: Tauche eine Glasröhre, die an einem Ende zu einer Kugel aufgeblasen ist, mit der Öffnung nach unten in ein Becherglas mit Wasser und erwärme die Kugel vorsichtig. Was kannst du während des Erhitzens und danach während des Abkühlens beobachten (Abb. 52/1)? Man kann auch einen Glaskolben benutzen, in den mittels eines Stopfens eine Glasröhre luftdicht eingeführt ist.
5. Warum muß die Thermometerröhre über der Flüssigkeit luftleer sein?
6. Warum sind die inneren Durchmesser der Thermometerröhren gegenüber den Kugeldurchmessern sehr klein?
7. Warum sind die Röhrenwände dick, die Glaswände der angeblasenen Kugeln dagegen dünn?
8. Wie mußt du beim Ablesen auf das Thermometer schauen, damit du Ablesefehler vermeidest?

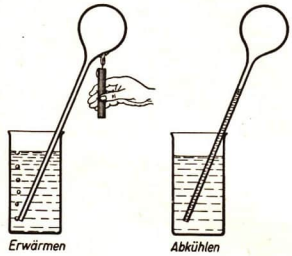


Abb. 52/1. Modellversuch zum Füllen eines Thermometers

9. Gib weitere Beispiele dafür an, daß wir mit unserer Wärmeempfindung Temperaturen nicht zuverlässig beurteilen können!
10. Die Außentemperatur ändert sich an einem Wintertage
    a) von −7 °C auf − 2 °C,
    b) von −2 °C auf + 4 °C,
    c) von +3 °C auf − 3 °C,
    d) von −8 °C auf −11 °C.

    Um wieviel Grad steigt bzw. fällt sie?
11. Bei einem physikalischen Versuch steigt die Temperatur eines Körpers
    a) von +12 °C um 5 grd,
    b) von − 5 °C um 7 grd,
    c) von −10 °C um 6 grd.

    Bei einem anderen Versuch fällt sie
    d) von +17 °C um 9 grd,
    e) von + 8 °C um 11 grd,
    f) von − 2 °C um 4 grd.

    Wie groß sind jedesmal die Endtemperaturen?
12. Miß eine Woche lang jeden Tag um 7 Uhr, um 13 Uhr und um 19 Uhr die Außentemperatur und trage die Werte in eine Tabelle ein! Stelle den Temperaturverlauf auf Millimeterpapier als zusammenhängende Linie dar! Man bezeichnet einen solchen Linienzug als Kurve.
13. Miß mindestens einen Monat lang täglich um 7 Uhr die Außentemperatur und trage die Werte in ein Beobachtungsheft ein!

§ 11. Wärmequellen

1. Natürliche Wärmequellen. Unsere große *natürliche Wärmequelle* ist die Sonne. Wir sehen sie als gelblichweiße Scheibe am Himmel. In Wirklichkeit ist sie eine feurige Kugel von gewaltiger Größe; ihr Rauminhalt ist etwa 1 300 000 mal so groß wie der unserer Erde.

Die Wärmestrahlen der Sonne erwärmen aber nur dünne Schichten der Erdoberfläche. Schon in einer Tiefe von 1 bis 2 m sind tägliche Temperaturschwankungen kaum noch festzustellen. In Schächten, die etwa 20 m unter der Erdoberfläche liegen, herrschen bereits Temperaturen, die das ganze Jahr über gleichbleiben. Vom Wechsel der Jahreszeiten ist in dieser Tiefe nichts mehr zu merken.

2. Die künstliche Erzeugung von Wärme. Wenn wir es im Winter in unseren Zimmern warm haben wollen, müssen wir im Ofen ein Feuer anmachen. Wir verbrennen im Ofen *Holz, Torf, Rohbraunkohle, Briketts, Steinkohle* und *Koks*. Außer den festen Brennstoffen gibt es auch flüssige und gasförmige Brennstoffe. Flüssige Brennstoffe sind *Spiritus, Benzin, Petroleum, Öl*. Zu den gasförmigen Brennstoffen gehört zum Beispiel *Stadtgas*.

Durch Verbrennen eines Stoffes entsteht Wärme.

Reiben wir einen Körper an einem anderen, so entsteht ebenfalls Wärme. Sind uns die Hände kalt, so können wir sie durch *Reiben* aneinander erwärmen. Bei vielen technischen Vorgängen entsteht durch Reibung Wärme. Beim *Feilen* und *Sägen* werden Werkzeuge und Werkstücke warm. Will man nach dem *Bohren* den Bohrer auswechseln, so muß man vorsichtig sein. Man kann sich leicht die Finger verbrennen; denn der Bohrer ist heiß geworden.

Häufig muß eine zu starke Erwärmung beim Reiben verhindert werden. So können sich Radachsen durch Reibung heißlaufen. Die Achsen werden daher geschmiert, so daß die Reibung sehr vermindert wird.

Daneben gibt es auch Vorgänge, bei denen die *Erwärmung infolge von Reibung ausgenutzt wird.* Streichen wir mit einem *Zündholz* über die Reibefläche einer Streichholzschachtel, so erwärmt sich der Streichholzkopf infolge der Reibung so stark, daß seine Zündmasse entflammt. Viele Menschen besitzen ein *Feuerzeug* (Abb. 53/1). Drehen wir das Rädchen, so werden durch Reibung wie bei einer Stahlfeile winzige Splitterchen vom Zündstein abgerissen. Sie geraten infolge der Reibungswärme ins Glühen und entzünden den Benzindampf oberhalb des Dochtes. In gleicher Weise entzünden die Funken des *Gasanzünders* das Gas, das aus den Düsen der Kochstelle strömt.

Abb. 53/1
Feuerzeug. Die Benzindämpfe werden durch glühende, vom Zündstein abgerissene Metallteilchen entzündet.

Durch Reiben entsteht Wärme.

Wenn man ein Stück Metall längere Zeit mit dem Hammer schlägt, so wird das Metall warm. So kann man beispielsweise einen Nagel durch wiederholtes Schlagen mit dem Hammer heiß machen.

Durch Schlagen entsteht Wärme.

Wir kennen viele Geräte, in denen durch den *elektrischen Strom* Wärme erzeugt wird. Die bekanntesten sind: der elektrische Kocher, der elektrische Tauchsieder, das elektrische Bügeleisen, die Glühlampe, der elektrische Heizofen, die Heizsonne und das Heizkissen. Die Wirkungsweise dieser Geräte können wir aber erst verstehen, wenn wir im 8. Schuljahr Näheres über den elektrischen Strom erfahren werden.

Durch den elektrischen Strom kann Wärme erzeugt werden.

Wir stellen die Möglichkeiten der Wärmeerzeugung, die wir jetzt kennengelernt haben, noch einmal zusammen:

Wärme wird durch Verbrennung, durch Reiben, durch Schlagen und durch den elektrischen Strom erzeugt.

3. Versuche, Fragen und Aufgaben:

1. Gib die wichtigsten festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffe an!
2. Was kannst du an dem Sägeblatt einer Laubsäge feststellen, kurz nachdem du längere Zeit mit ihr gearbeitet hast?
3. Stahlbohrer und Drehstähle dürfen nicht zu heiß werden, damit sie nicht unbrauchbar werden. Was tut man, damit diese Schneidewerkzeuge nicht heiß werden?
4. Warum entstehen beim Schleifen eines Messers an einem sich schnelldrehenden trockenen Schleifstein Funken?
5. Warum darfst du beim schnellen Herabrutschen an der Kletterstange die Hände nicht an der Stange gleiten lassen, sondern mußt mit den Händen nachgreifen?
6. Stecke eine Stricknadel durch einen Korken und halte sie an einem Ende mit einer Zange fest! Schiebe den Korken schnell hin und her und berühre gleich danach die Stricknadel! Was kannst du feststellen?
7. Wie kann man Wärme künstlich erzeugen?
8. Was kann eintreten, wenn du auf deinem Fahrrad eine mehrere Kilometer lange Gefällsstrecke bergab fährst und dabei dauernd auf die Rücktrittbremse trittst?

§ 12. Vom Ofen und vom Kochherd

1. Unsere Zimmeröfen. Der gebräuchlichste Ofen ist der *Kachelofen* (Abb. **55**/1). Im unteren Teil dieses Ofens liegt der *Feuerraum* und darunter der *Aschenraum*. Der Feuerraum und der Aschenraum sind durch einen *Rost* voneinander getrennt. Beide Räume können wir durch Türen schließen. Hinter der Tür des Feuerraumes befindet sich noch eine Schutztür mit Schlitzen. Durch diese Schlitze

kann während des Anheizens die Luft in den Feuerraum strömen; wie wir noch später lernen werden, ist *zum Verbrennen Luft erforderlich.* Ist das Feuer in vollem Gange, so wird die Tür zum Feuerraum fest geschlossen. Die Luft strömt dann nur durch die untere Tür in den Feuerraum und gelangt durch den Rost zum Feuer.

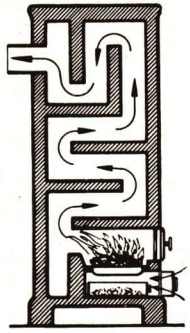


Abb. 55/1. Kachelofen (lotrechter Schnitt)

Im Inneren des Ofens befinden sich gewundene Gänge, durch die die heißen Rauchgase in den Schornstein abziehen. Man bezeichnet diese Gänge als *Züge.* Auf ihrem langen Wege durch den Ofen geben die heißen Rauchgase ihre Wärme zum großen Teil an die Kacheln des Ofens ab. Diese speichern die Wärme auf und leiten sie zur Außenfläche weiter. Auch die inneren Bauteile des Ofens wirken als Wärmespeicher.

Wir dürfen die Tür zum Aschenraum nicht zu zeitig schließen. Bei mangelhafter Luftzufuhr verbrennen die Kohlen unvollständig; sie schwelen nur. Mit den Rauchgasen gehen wertvolle, noch brennbare Stoffe verloren. Man soll die Luftzufuhr erst dann stark mindern, wenn die gasförmigen Bestandteile verbrannt sind und die Kohlen oder Briketts nur noch glühen.

Kachelöfen erwärmen sich nur langsam, halten aber die Wärme lange an. Demgegenüber erwärmen sich *eiserne Öfen* viel schneller als Kachelöfen. Sie erkalten aber auch viel rascher, da sie die Wärme sehr schnell an die Umgebung abgeben. Dadurch hört ihre Heizwirkung bald nach dem Erlöschen des Feuers auf.

Damit auch bei eisernen Öfen die Wärme der abziehenden Rauchgase weitgehend ausgenutzt wird, versieht man solche Öfen mit einem verhältnismäßig langen Ofenrohr.

Es ist gefährlich, die *Drosselklappe,* die sich manchmal im Ofenrohr befindet, zu schließen, ehe die Kohlen restlos verbrannt sind. Bei unvollständiger Verbrennung bilden sich sehr giftige Verbrennungsgase. Diese können bei geschlossener Drosselklappe nicht in den Schornstein abziehen, sondern strömen ins Zimmer. Tödlich verlaufende Vergiftungen können die Folge sein.

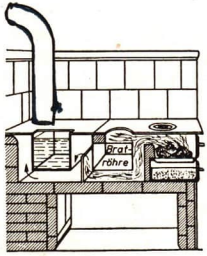


Abb. 55/2. Kohlenherd

2. Das richtige Herdfeuer. In den meisten Wohnungen gibt es in der Küche noch einen *Kohlenherd* (Abb. 55/2). Die Feuerstelle dieses Herdes darf nicht zu groß sein und nicht zu

tief unter der Herdplatte liegen (Abb. 56/1 und 56/2).

Auch beim Herd muß man wie beim Ofen ständig auf guten Zug achten. Wir werden deshalb stets die Asche vor dem Anfeuern aus dem Feuerraum ausräumen und von Zeit zu Zeit die Flugasche und den abgesetzten Ruß aus dem Ofenrohr entfernen. Umgekehrt darf durch übermäßige Luftzufuhr auch kein zu starker Zug entstehen. Durch diesen werden nämlich viele Schwelgase als Rauch mit herausgerissen und verbrennen nicht. An der Tür zum Aschenraum befindet sich meist eine verstellbare Klappe, so daß man die Luftzufuhr regeln kann. Durch Verstellen dieser Klappe können wir nun erreichen, daß der Zug verringert wird.

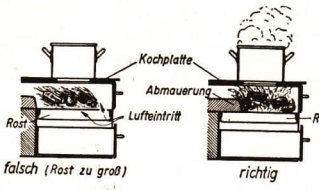


Abb. 56/1. Falschluft beim Kohlenherd. Der Rost darf nicht zu groß sein, weil eine zu starke Luftzufuhr die Ausnutzung der Verbrennungsgase herabsetzt.

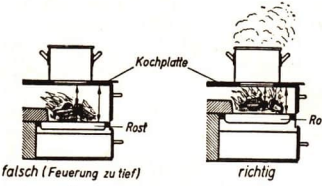


Abb. 56/2. Unvollständige Ausnutzung der Verbrennungswärme. Die Feuerstelle darf nicht zu tief liegen, damit die Flamme gegen die Töpfe schlagen kann.

Wir merken uns folgende Regeln, die für das Feuern im Küchenherd wichtig sind:

1. **Bedecke den Rost gleichmäßig mit Brennstoff!**
2. **Lege niemals Brennstoff auf die Glut, sondern stets neben diese, damit die Luft ungehindert hinzutreten kann!**
3. **Schiebe vor dem Auflegen die vorhandene Glut nach der Seite hin, wohin die Schwelgase abziehen!**
4. **Höre vor dem Garkochen rechtzeitig mit dem Nachlegen von Brennstoff auf!**

3. Der Gaskocher. Zum Kochen benutzt die Mutter oft den *Gaskocher* oder den *Gasherd*.

Ein gasförmiger Brennstoff hat den großen Vorteil, daß man weder Brennmaterial heranzuschaffen, noch Asche fortzuschaffen braucht. Außerdem kann man die Gasflamme weitgehend regeln und dadurch unnötigen Brennstoffverbrauch vermeiden. Die Kochtöpfe setzen beim Kochen mit Gas keinen Ruß an. Jeder Gasherd hat einen oder mehrere *Gasbrenner* (Abb. 56/3). Das Gas strömt aus einer engen Austritts-

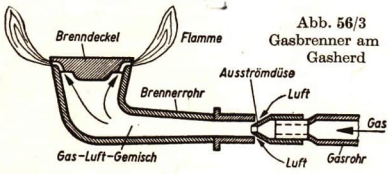


Abb. 56/3 Gasbrenner am Gasherd

öffnung, der *Düse*, und reißt dabei Luft mit sich fort. Dadurch wird die Flamme stets durch ein *Luft-Gas-Gemisch* gespeist. Ist dem Gas zuwenig Luft beigemischt, so verbrennt es nicht vollständig. Es entstehen gesundheitsschädigende Verbrennungsgase. Das Gas brennt in diesem Falle mit einer fahlen Flamme. Ist dem Gas zuviel Luft beigemischt, so kann die Flamme leicht von der Brennstelle an die Düsenöffnung zurückspringen. Wir sagen dafür: Die Flamme schlägt durch. Man kann die Luftzufuhr verstärken oder verringern, indem man die Ausströmdüse verstellt.

Durch einen Brenndeckel wird die Flamme in viele kleine Flämmchen zerlegt. Wir legen unter einen gefüllten Kochtopf für kurze Zeit einen Pappdeckel von der Größe des Topfbodens. Aus den angekohlten Stellen erkennen wir, daß die Temperatur rings um den Brenndeckel am größten ist.

Man nutzt die Gasflamme am besten aus, wenn der Boden des Topfes von der Flamme ganz erfaßt wird. Ist der Boden viel größer, so wirkt er kühlend auf die Flamme. Ist die Bodenfläche aber zu klein, so steigen die heißen Verbrennungsgase ungenützt an den Seiten empor.

Jeder Brenner kann auf „Klein" gestellt werden; die Sparflamme verbraucht etwa den zehnten Teil des Gases einer Normalflamme. Diese kleine Flamme genügt meist, damit Speisen, die einmal zum Kochen gebracht worden sind, weiterkochen.

Wir beachten beim Kochen mit Gas folgende Regeln:

1. **Der Boden des Kochtopfes soll gerade so groß sein, daß er von der Flamme ganz erfaßt wird.**
2. **Drehe die Flamme kleiner, wenn sie über den Rand des Bodens hinausschlägt!**
3. **Bedecke den Kochtopf beim Kochen stets mit einem Deckel!**
4. **Stelle die Flamme auf „Klein", sobald die Speisen zu kochen beginnen!**
5. **Laß die Flamme nie längere Zeit ungenützt brennen!**
6. **Nach Beendigung des Kochens müssen die Gashähne am Gaskocher und der Haupthahn geschlossen werden.**

Als Wärmequelle bei Versuchen verwenden wir oft den *Bunsenbrenner* (Abb. 57/1). Bei ihm strömt in ein aufrecht stehendes Rohr von unten durch eine feine Düse das Gas mit hoher Geschwindigkeit ein. Es saugt dabei Luft durch zwei Öffnungen an, die sich unten im Rohr befinden. Infolgedessen strömt ein *Gas-Luft-Gemisch* nach oben. Durch eine drehbare Hülse kann man die Öffnungen allmählich verschließen und so die günstigste Stellung finden. Diese ist erreicht, wenn das Gas mit einer leuchtenden, bläulichen Flamme brennt, ohne zu rauschen.

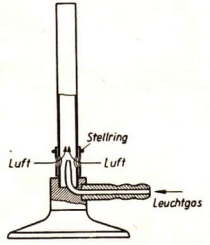


Abb. 57/1. Längsschnitt durch einen Bunsenbrenner

4. Die elektrische Kochplatte. Ist kein Gasanschluß vorhanden, so verwendet man heute vielfach *elektrische*

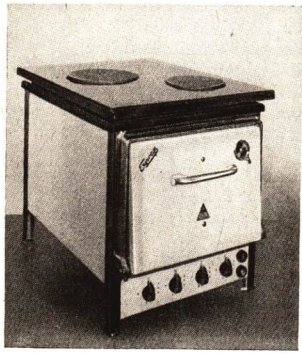


Abb. 58/1. Elektrischer Kochherd

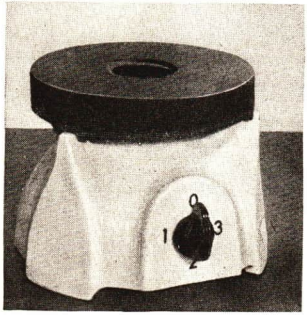


Abb. 58/2. Elektrische Kochplatte

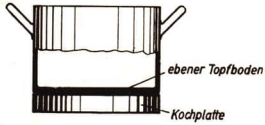


Abb. 58/3. Richtige Anpassung des Kochtopfes an die Kochplatte

Kocheinrichtungen. Dazu gehören der *elektrische Kochherd* (Abb. 58/1) und die *elektrische Kochplatte* (Abb. 58/2). Besonders für den Gebrauch auf dem Lande sind diese Kocheinrichtungen gut geeignet, weil heute die entlegensten Dörfer mit elektrischer Energie versorgt werden. Bei den elektrischen Kocheinrichtungen durchfließt der elektrische Strom metallische Heizwendeln, die in einem feuerfesten Stoff eingebettet sind. Der elektrische Strom erhitzt die Heizwendeln und damit die Kochplatten. Die Wärme wird auf die Töpfe übertragen. Sie wird jedoch nur dann gut ausgenutzt, wenn die Töpfe ebene Böden haben und diese genau so groß wie die Kochplatte sind (Abb. 58/3).

5. Warum müssen wir an Brennstoff sparen? In der Deutschen Demokratischen Republik wird als wichtigster natürlicher Brennstoff *Braunkohle* in großen Mengen gewonnen. Sie liegt in verhältnismäßig geringer Tiefe unter der Erdoberfläche und wird im *Tagebau* gefördert (Abb. 59/1). Die Braunkohle dient uns aber nicht nur als Brennstoff für unsere Öfen und Kochherde, sie ist gleichzeitig zum Gewinnen elektrischer Energie nicht zu entbehren. Außerdem ist die Braunkohle einer der wichtigsten Rohstoffe für unsere chemische Industrie. Die Leunawerke, das Bunawerk und andere chemische Werke stellen aus Braunkohle nach einer vielseitigen Verarbeitung lebenswichtige Güter her. Daraus folgt, daß Braunkohle für uns sehr kostbar ist und daß man infolgedessen an Brennstoffen in jeder Hinsicht sparen muß. Auch wir können das Unsrige dazu

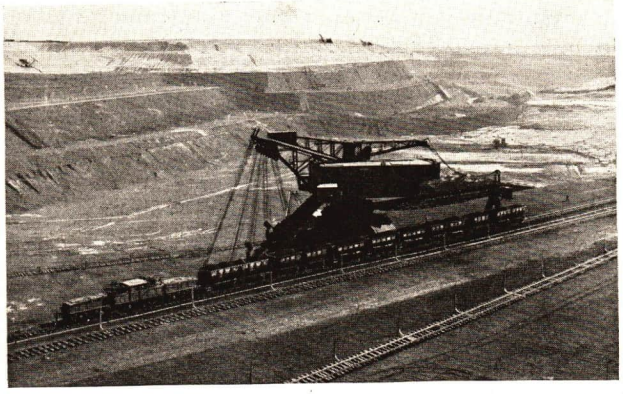


Abb. 59/1. Blick in eine mitteldeutsche Braunkohlengrube. Im Vordergrund steht einer der gewaltigen Schwenkbagger. Er fördert die Kohle und ladet sie in bereitgestellte elektrisch betriebene Kohlenzüge. Im Hintergrund sehen wir das mächtige Kohlenflöz, das in drei Stufen abgebaut wird, und darüber das helle Deckgebirge, den Abraum.

beitragen, indem wir die Verhaltungsregeln gut beachten, die wir im zweiten und dritten Abschnitt kennengelernt haben.

6. Fragen und Aufgaben:

1. Warum muß der Schornsteinfeger in gewissen Abständen den Schornstein kehren?
2. Warum ist vor dem Feuermachen der Rost gut von Schlacke und Asche zu reinigen?
3. In einigen Ländern, zum Beispiel in England und in Frankreich, werden zum Heizen eines Zimmers noch heute offene Kamine verwendet. Warum ist diese Art zu heizen unvorteilhaft?
4. Welche Arten von Öfen sind dir bekannt? Unterscheide sie in ihrer Wirkung!
5. Wie kann man beim Heizen eines Ofens an Heizmaterial sparen?
6. Welche Vorteile hat das Kochen mit Gas?
7. Was ist zu tun, wenn bei einem Gaskocher die Flamme „durchgeschlagen" ist? Wie kann man das Durchschlagen verhindern?
8. Weshalb läßt sich ein Zimmer in einem mittleren Stockwerk meist besser heizen als ein Zimmer, das im Keller oder unter dem Dach liegt oder das viele Außenwände hat?
9. Begründe die im zweiten und dritten Abschnitt mitgeteilten Heizregeln!

§ 13. Die Ausdehnung der Körper beim Erwärmen

1. Die Ausdehnung der Flüssigkeiten. Beim Thermometer haben wir beobachtet, daß sich die Länge des Flüssigkeitsfadens bei Temperaturerhöhung bzw. bei Temperaturerniedrigung veränderte. Wir werden nun durch einen Versuch die Ursache dieses Vorganges untersuchen. Dazu füllen wir einen Kochkolben bis zum Rande mit gefärbtem Wasser und verschließen ihn mit einem Stopfen. Durch diesen Stopfen stecken wir vorher eine lange enge Glasröhre fest hindurch (Abb. 60/1). Unter dem Stopfen darf aber keine Luftblase verbleiben. Durch eine Papiermarke markieren wir den Wasserstand in der engen Röhre. Nach diesen Vorbereitungen stellen wir den Kolben in ein genügend großes Becherglas, in das er ganz hineinpaßt. Wir erwärmen nun den Kolben durch heißes Wasser, das wir in das Becherglas gießen. Dabei beobachten wir, daß das Wasser in der Glasröhre steigt.

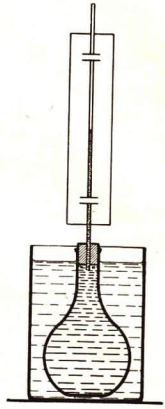


Abb. 60/1. Ausdehnung von Wasser beim Erwärmen. Der Wasserspiegel im Steigrohr steigt beim Erwärmen des Kolbens.

Das Wasser dehnt sich bei Erwärmung aus.

Kühlen wir nun den Kolben wieder ab, so sinkt die Wassersäule. Die Vorgänge bei diesem Versuch gleichen den Vorgängen in einem Thermometer. Unsere Versuchsanordnung ist geradezu das Modell eines Thermometers.

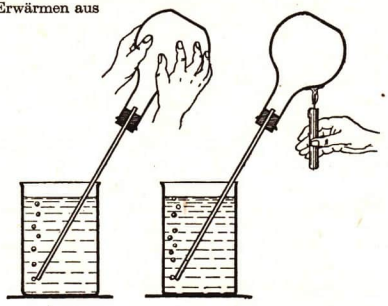
Führen wir denselben Versuch in der gleichen Weise mit gefärbtem *Brennspiritus* oder mit gefärbtem *Petroleum* durch, so können wir beobachten, daß sich diese Flüssigkeiten viel stärker ausdehnen als Wasser. Schon bei einer geringen Erwärmung des Kolbens durch das Wasserbad steigt die Flüssigkeit in der Röhre erheblich an.

Flüssigkeiten dehnen sich beim Erwärmen aus und ziehen sich beim Abkühlen zusammen. Die Ausdehnung hat bei jeder Flüssigkeit eine andere Größe.

2. Die Ausdehnung der Gase. An heißen Sommertagen stellen wir unseren luftbereiften Roller oder unser Fahrrad nicht längere Zeit in die heiße Sonne. Wir bringen sie in den Schatten eines Hauses oder eines Baumes. Tun wir dies nicht, so kann der Schlauch platzen. Ein Versuch soll uns dies erklären.

Wir verschließen eine Kochflasche mit einem Stopfen, durch den wir ein Glasrohr eingeführt haben. Das Ende des Rohres tauchen wir in Wasser und umfassen sodann die Flasche mit unseren warmen Händen (Abb. 61/1). Aus dem Rohr entweichen Luftblasen. Daraus erkennen wir deutlich, daß sich die Luft in der Flasche ausdehnt. Bestreichen wir die Kochflasche vorsichtig mit einer schwachen Flamme, so beobachten wir eine wesentliche größere Ausdehnung der Luft.

Abb. 61/1. Luft dehnt sich beim Erwärmen aus



Lassen wir danach die Luft im Kolben abkühlen, so dringt das Wasser von außen in die Glasröhre ein und steigt in ihr empor. Die Luft zieht sich somit bei Abkühlung zusammen.

Auch mit anderen Gasen können wir den Versuch durchführen. Dazu füllen wir beispielsweise den Kolben mit etwas Stadtgas. Aus dem Versuch folgt:

Gase dehnen sich beim Erwärmen stark aus, beim Abkühlen ziehen sie sich wieder zusammen.

3. Die Ausdehnung der festen Körper. Nicht nur flüssige und gasförmige Körper dehnen sich beim Erwärmen aus, sondern auch feste Körper. Wir werden aber feststellen, daß die Ausdehnung der festen Körper wesentlich geringer als die der Flüssigkeiten und Gase ist. Wir verwenden zum Nachweis der Ausdehnung eine Metallkugel und einen Metallring (Abb. 61/2). Die Metallkugel fällt bei Zimmertemperatur gerade noch durch das Loch des Ringes hindurch. Erwärmen wir aber die Kugel über einer Bunsenflamme, so fällt sie nicht mehr durch die Öffnung. Sie bleibt auf dem Ring liegen. Erst wenn sie sich wieder abkühlt, fällt sie hindurch. Dabei muß man beachten, daß sich nicht nur die Kugel zusammenzieht, sondern sich auch der Ring infolge der Erwärmung durch die Kugel ausdehnt.

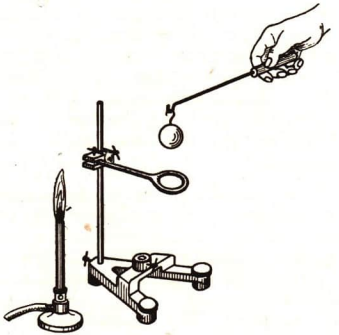


Abb. 61/2. Ausdehnung fester Körper beim Erwärmen. Die Kugel fällt nach der Erwärmung durch den Ring nicht mehr hindurch, während sie vorher hindurchfiel.

Zwischen zwei Stativen oder zwischen zwei anderen Haltern befestigen wir einen Eisendraht. In der Mitte hängen wir einen schweren Körper daran, so daß der Draht straff gespannt ist (Abb. 62/1). Erwärmen wir den Draht durch

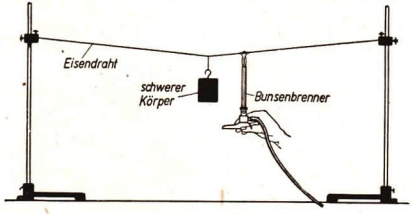


Abb. 62/1. Beim Erwärmen des Drahtes durch eine Flamme senkt sich der Körper; der Draht dehnt sich aus.

Bestreichen mit einer Gas- oder Spiritusflamme, so dehnt sich der Draht aus und hängt immer mehr durch. Der Körper senkt sich. Dann nehmen wir die Flamme fort, so daß sich der Draht wieder abkühlt. Er verkürzt sich und hebt den Körper an.

Feste Körper dehnen sich beim Erwärmen aus und ziehen sich beim Abkühlen wieder zusammen.

Ein Beispiel aus dem Haushalt soll uns zeigen, daß wir diese Ausdehnung beachten müssen. Dickwandige *Einmachgläser* und *Flaschen* zerspringen leicht, wenn wir heiße Flüssigkeiten einfüllen. Die Glaswand dehnt sich nämlich wegen ihrer Dicke ungleichmäßig aus. Sie erwärmt sich von innen nach außen. Infolgedessen dehnt sich die Glaswand innen zunächst stärker aus als außen und zerspringt. Man stellt alle Glasgefäße, die starken, plötzlichen Temperaturschwankungen unterworfen sind, aus dünnem Glase her. Solche Glasgefäße sind zum Beispiel *Bechergläser* und *Kochflaschen*, die wir im Physikunterricht häufig verwenden. Aber auch *Teegläser* bestehen aus dünnem Glas, weil sie beim Eingießen des heißen Tees plötzlich starken Temperaturänderungen unterworfen sind.

4. Die Berücksichtigung der Ausdehnung fester Körper in der Technik. Die Ausdehnung durch Erwärmen wird in der Technik weitgehend angewendet oder muß berücksichtigt werden. So nutzt sie der Schmied aus, wenn er einen *Eisenreifen auf ein Rad aufziehen* will. Der heiße Eisenreifen paßt gerade auf das Rad und preßt es beim Abkühlen fest zusammen. Dadurch bekommt das Rad einen festen Halt.

Auch der Brückenbauer muß an die Ausdehnung der Körper denken. Die Träger eiserner Brücken werden nur an einem Ende fest mit dem Widerlager verbunden, mit dem anderen Ende liegen sie auf Walzen. Ändert sich auf Grund einer Temperaturschwankung die Länge der Brücke, so gibt die Brücke infolge des Walzenlagers der Längenänderung nach (Abb. 63/1).

In lange, frei liegende Rohrleitungen für Gase oder Flüssigkeiten werden Rohrschleifen als *Dehnungsausgleicher* eingebaut (Abb. 63/2). Bei einer Ausdehnung des Rohres krümmen sich diese Rohrschleifen verhältnismäßig leicht. Das Rohr wird dadurch vor Beschädigungen bewahrt.

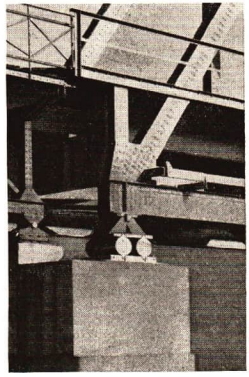


Abb. 63/1. Walzenlager auf dem Pfeiler einer Eisenbahnbrücke

Bei einer *Telephonleitung* fällt uns auf, daß sie nicht straff gespannt ist, sondern zwischen zwei benachbarten Stützen stark durchhängt. Der Durchhang ist im Sommer größer als im Winter. Man darf beim Leitungsbau die Drähte nicht straff spannen. Sie könnten sich unter Umständen im Winter so stark verkürzen, daß die Drähte reißen. Ein Versuch mit dem *Bolzensprenger* soll uns zeigen, wie groß die Kräfte sind, die bei der Verkürzung auftreten (Abb. 63/3). Der Bolzensprenger besteht aus einem festen Widerlager aus Eisen, zwischen dessen beiden Schenkeln ein dicker Riegel fest eingespannt werden kann. Auf der einen Seite wird er durch einen eisernen Bolzen gehalten, der quer durch ihn hindurchgesteckt ist. Am anderen Ende greift an dem Riegel eine Schraubenmutter an. Wird der Riegel durch eine Flamme stark erwärmt,

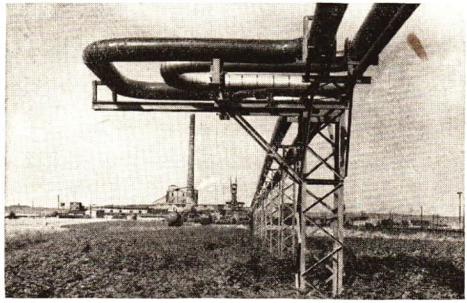


Abb. 63/2. Dehnungsausgleicher in einer Ferndampfleitung

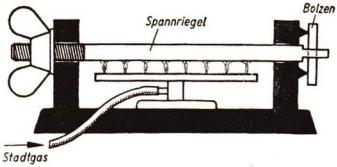


Abb. 63/3. Bolzensprenger (schematisch)

so dehnt er sich aus. Man zieht die Schraubenmutter soweit als möglich an. Wird die Flamme fortgenommen, so zieht sich der Riegel wieder zusammen. Dabei sprengt er schließlich den hindurchgesteckten Bolzen.

Beim Ausdehnen oder Zusammenziehen der Körper infolge von Temperaturänderungen treten erhebliche Kräfte auf.

Auf Straßen mit Asphaltpflaster kann man mitunter beobachten, daß sich das Pflaster im Sommer wölbt und daß es im Winter reißt. Auch in einer Straßendecke aus Zement können bei starken Temperaturschwankungen Risse und Sprünge entstehen. Bei den Autobahnen verhindert man diese Schäden weitgehend dadurch, daß man Querfugen in der Fahrdecke anbringt. Die Fugen werden mit einer Vergußmasse aus Teerpech ausgegossen. Diese gibt bei einer Längenänderung nach.

Daß sich die festen Körper nicht alle gleich stark ausdehnen, ersehen wir aus folgendem Versuch: Ein Eisen- und ein Zinkblechstreifen werden aufeinandergenietet, so daß ein *Bimetallstreifen** entsteht (Abb. 64/1). Der Streifen

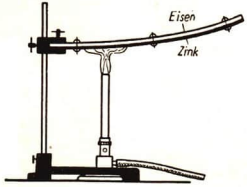


Abb. 64/1. Ein Bimetallstreifen aus Eisen und Zink biegt sich beim Erwärmen (die Krümmung ist stark übertrieben gezeichnet)

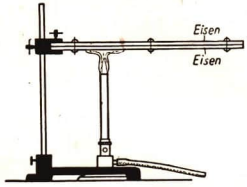


Abb. 64/2. Ein Doppelstreifen aus Eisen biegt sich beim Erwärmen nicht

wird mit dem einen Ende an ein Stativ geklemmt und erhitzt. Dabei biegt er sich nach der Seite hin, an der sich das Eisen befindet. Daraus erkennen wir deutlich, daß sich das Zink stärker ausdehnt als das Eisen. Ein Doppelstreifen aus Eisen zeigt dagegen beim Erhitzen keine Krümmung (Abb. 64/2).

Die einzelnen Stoffe dehnen sich bei gleicher Temperaturzunahme verschieden stark aus.

In der beigefügten Tabelle sind Versuchsergebnisse zusammengestellt, aus denen wir die unterschiedliche Wärmeausdehnung erkennen.

Ausdehnung von Stäben beim Erwärmen um 100 grd

Stoff Stablänge 1 m = 1000 mm	Ausdehnung in mm beim Erwärmen um 100 grd
Zink	3,0
Aluminium	2,2
Messing	1,9
Kupfer	1,6
Eisen	1,2
Beton	1,2
Glas	0,9
Holz	0,3

Wir fassen noch einmal zusammen:

Alle Körper dehnen sich beim Erwärmen aus, und zwar die festen am wenigsten, die flüssigen etwas mehr, die gasförmigen am meisten. Beim Abkühlen ziehen sich die Körper wieder zusammen.
Die Größe der Ausdehnung hängt von der Art des Stoffes ab.
Das Ausdehnen und das Zusammenziehen erfolgt unter großer Kraftwirkung.

5. Die Anomalie des Wassers. Wie wir wissen, dehnt sich auch das Wasser bei Erwärmung aus und zieht sich bei Abkühlung zusammen. In einem bestimmten Temperaturbereich macht aber das Wasser gegenüber anderen Körpern eine auffallende Ausnahme. Man bezeichnet dieses Verhalten als die *Anomalie* des Wassers.*

Durch den folgenden Versuch werden wir die Anomalie des Wassers untersuchen. Wir verschließen einen mit Wasser gefüllten Glaskolben mit einem doppeltdurchbohrten Stopfen. In die eine Bohrung stecken wir eine enge Glasröhre und in die andere ein Thermometer. Dann stellen wir den Kolben in eine Mischung aus Schnee oder Eisstückchen und Salz. Eine solche Mischung bezeichnet man als *Kältemischung.* An der Röhre bringen wir eine Millimeterskala an und beobachten gleichzeitig das Thermometer und den Wasserstand in der Röhre. Wir erkennen, daß sich das Wasser während des Abkühlens bis zur Temperatur +4°C zusammenzieht. Bei weiterem Abkühlen bis 0°C dehnt es sich wieder aus (Abb. 65/1).

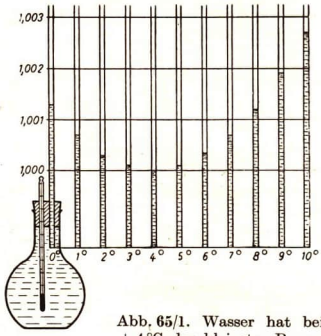


Abb. 65/1. Wasser hat bei +4°C den kleinsten Rauminhalt. Der Kolben mit Wasser ist nur für die Temperatur 0°C gezeichnet. Für die Temperaturen von +1°C bis +10°C ist nur die Steigröhre mit der in ihr befindlichen Wassersäule wiedergegeben. Die Zahlen am linken Rande der Abbildung dienen zum Vergleich der Rauminhalte des Wassers im Kolben. Der Rauminhalt bei +4°C ist mit 1 bezeichnet.

Wir merken uns:

Das Wasser nimmt bei +4°C seinen kleinsten Raum ein.

Die gleiche Raummenge Wasser ist also bei +4°C schwerer als bei einer tieferen Temperatur. Bei +4°C entfällt auf den gleichen Raum eine größere Stoffmenge als bei einer anderen Temperatur. Dies bestätigt uns der folgende Versuch:

Wir bringen in einen hohen Standzylinder eiskaltes Wasser und eine dicke Schicht Eisstücke. Dann rühren wir gut um und lassen das Glas stehen. Nach einiger Zeit tauchen wir langsam ein Thermometer ein. Wir stellen fest, daß die Temperatur an der Oberfläche 0°C beträgt und gegen den Boden des Gefäßes

allmählich bis +4°C zunimmt (Abb. 66/1). Das Wasser von 0°C ist demnach leichter als das Wasser von +4°C. Sonst könnte es nicht auf dem wärmeren Wasser von +4°C schwimmen.

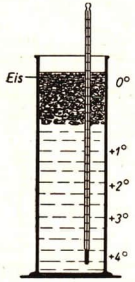


Abb. 66/1. Temperaturverteilung im Wasser beim Abkühlen. Unmittelbar unter der Eisdecke herrscht die Temperatur von 0°C. Zum Boden hin nimmt die Temperatur allmählich bis +4°C zu.

Die Anomalie des Wassers spielt in der Natur eine sehr wichtige Rolle. In der kalten Jahreszeit werden Seen und Teiche von der Oberfläche her abgekühlt. Die abgekühlten Wasserschichten sinken wegen ihrer größeren Schwere zunächst nach unten und wärmere treten an ihre Stelle (Abb. 66/2a). Sobald jedoch an der Oberfläche die Temperatur von +4°C unterschritten wird, sinkt das Oberflächenwasser nicht mehr auf den Boden des Sees (Abb. 66/2b). Es ist nun

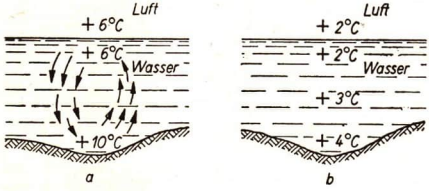


Abb. 66/2. Abkühlung eines Teiches bei einer Lufttemperatur

a) oberhalb von +4°C,
b) unterhalb von +4°C

wieder leichter als das Wasser in den tieferen Schichten, die eine Temperatur von +4°C haben. Die kälteren Schichten lagern sich allmählich in der Reihenfolge +3°C, +2°C, +1°C, 0°C darüber.

Stehende Gewässer von genügender Tiefe kühlen am Grunde nicht unter +4°C ab.

Eis kann sich demnach nur an der Oberfläche bilden. Da es außerdem leichter ist als das Wasser, aus dem es entstanden ist, schwimmt es an der Oberfläche.

6. Versuche, Fragen und Aufgaben:

1. Lege einen 30 bis 40 cm langen, dicken Eisendraht mit seinen beiden Enden auf zwei etwa 15 cm hohe Holzklötze! Befestige ihn auf dem einen Klotz mittels einer Krampe! Auf den anderen Klotz lege unter den Draht eine Nähnadel, auf die du als Zeiger einen Strohhalm gesteckt hast! Bestreiche den Draht mit einer Spiritusflamme (Abb. 67/1)! Was kannst du aus der Bewegung des Zeigers schließen?
2. Wiederhole den ersten Versuch mit einem Glasstab oder einer Glasröhre! Stecke sie an einem Ende durch einen Korken, den du mittels einer Krampe an dem einen Klotz befestigst!

3. Säge in ein dünnes Brettchen einen Ausschnitt, der etwas kürzer ist als eine Nähnadel! Stecke die Nadel mit ihrer Spitze in eine Seitenwand des Ausschnittes, so daß sie mit ihrem Öhr auf der gegenüberliegenden Seitenwand

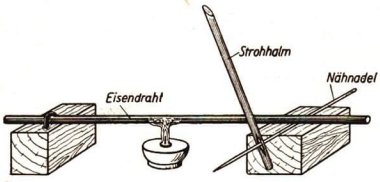


Abb. 67/1. Versuchsanordnung zur Ausdehnung eines dicken Drahtes beim Erwärmen

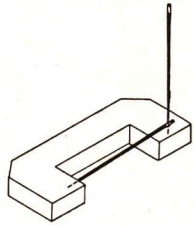


Abb. 67/2. Ausdehnung einer Nähnadel durch Erwärmung. Die aufrecht stehende Nähnadel dient als Zeiger!

aufliegt (Abb. 67/2)! Führe durch das Öhr eine zweite Nadel und stecke sie lose in das Brett! Halte das Brett so, daß die erste Nadel waagerecht liegt und erhitze diese durch eine Kerze! Was kannst du beobachten?

4. Lege eine Glasröhre mit dem einen Ende auf den Tisch und beschwere sie, so daß sie möglichst weit überragen kann! Erwärme sie dicht vor der Tischkante mit einer Spiritus- oder Gasflamme, so daß die Flamme nur die untere Röhrenwand trifft! Beobachte das freie Ende der Röhre und gib die Ursache für die Änderung seiner Lage an!
5. Stelle in einem warmen Zimmer ein Glas in eine leere Schüssel und fülle es durch vorsichtiges Zugießen bis zum äußersten Rande mit kaltem Wasser! Laß das Glas im warmen Zimmer stehen! Was kannst du nach einiger Zeit beobachten?
6. Warum dürfen Telephondrähte beim Verlegen im Sommer nicht straff gespannt werden?
7. Lege zum Lockern eines festsitzenden Glasstopfens um den Flaschenhals einen Bindfaden in einigen Windungen so herum, daß der Faden noch hin und her gezogen werden kann! Erwärme den Flaschenhals durch mehrmaliges Hinundherbewegen des Fadens und lockere dadurch den festsitzenden Stopfen. Überzeuge dich durch Betasten, daß der Flaschenhals warm geworden ist!
8. Eine 80 km lange Hochspannungsleitung aus Aluminium erwärmt sich vom Winter zum Sommer um rund 50 grd. Um wieviel verlängert sie sich dabei? Benutze die Tabelle auf Seite 64!
9. Ein 200 m langes Teilstück des Oberleitungsdrahtes einer Straßenbahn kühlt sich bei einem Temperatursturz um 20 grd ab. Um wieviel verkürzt es sich dabei? (Die Verkürzung beträgt 1,8 mm je 1 m und je 100 grd.)
10. Eine eiserne Brücke hat eine Stützweite von 120 m. Man rechnet zwischen Sommer und Winter mit einem Temperaturunterschied von 50 grd. Welchen Spielraum muß das auf Rollen lagernde Brückenende haben? Benutze die Tabelle auf S. 64!

11. Wie geht die Abkühlung stehender Gewässer vor sich? Welches ist die tiefste Temperatur, die am Grunde bei genügender Tiefe erreicht wird?
12. Wie kommt es, daß im Winter das Wasser in tiefen Seen und Teichen am Boden wärmer und im Sommer kühler ist als an der Oberfläche?
13. Warum ist bei den Merksätzen auf S. 20 die Angabe „bei +4°C" erforderlich?

§ 14. Die Ausbreitung der Wärme

1. Die Wärmeleitung. Machen wir im Kachelofen ein Feuer an, so dauert es lange, bis wir die vom Feuer abgegebene Wärme an der Außenwand des Ofens spüren. Nach einiger Zeit erst ist der ganze Ofen warm. Der Feuerhaken dagegen, mit dem das Feuer geschürt wird, ist sehr schnell auch an dem Ende warm, das wir in der Hand halten.

So zeigt uns die tägliche Erfahrung, daß sich der Ofen und viele andere Körper auch an den Stellen erwärmen, die nicht unmittelbar mit einer Flamme in Berührung kommen. Die Wärme breitet sich im Körper aus.

Die unmittelbare Weitergabe der Wärme von einem Körperteilchen zum anderen nennen wir die **Wärmeleitung.**

Die Wärmeleitung ist immer von Stellen höherer Temperatur zu Stellen tieferer Temperatur hin gerichtet.

Bei einem eisernen Ofen geht die Wärmeleitung viel schneller vor sich als beim Kachelofen. Schon wenige Minuten nach dem Anheizen ist die Wärme durch den eisernen Mantel des Ofens hindurchgedrungen und wir spüren ihre Wirkung. Eisen leitet die Wärme besser fort als Kacheln. Daß die einzelnen Stoffe die Wärme verschieden gut leiten, zeigt uns auch der folgende Versuch:

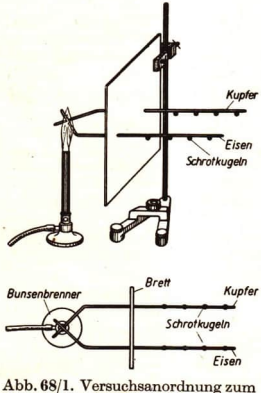


Abb. 68/1. Versuchsanordnung zum Versuch über Wärmeleitung

Wir bohren durch ein Brettchen von der Größe eines Heftdeckels im Abstand von etwa 5 cm zwei Löcher. Durch die Löcher stecken wir eine Stricknadel und einen gleich langen und ebenso dicken Kupferdraht knapp bis zur Hälfte hindurch. An diesem Ende biegen wir die Drähte so aufeinander zu, daß sie sich kreuzen und mit ihren Enden dicht aufeinanderliegen (Abb. 68/1). Das Brettchen befestigen wir senkrecht zur Tischplatte an einem Stativ so, daß die freien Enden der Drähte waagerecht und parallel zueinander verlaufen. An die geraden Teile der Drähte kleben wir von unten her in Abständen von je 2 cm vier bis fünf Schrotkugeln mit Stearin fest. Sodann erwärmen wir die

Kreuzungsstelle der Drähte durch eine Gas- oder Spiritusflamme. Die Kreuzungsstelle muß gerade von der Flammenspitze getroffen werden. Bald darauf lösen sich die Schrotkugeln der Reihe nach von den Drähten, und zwar vom Kupferdraht nach kürzerer Zeit als von der Stricknadel. Wir ersehen daraus, daß Kupfer die Wärme besser leitet als Stahl. Körper, die die Wärme schnell weiterleiten, heißen **gute Wärmeleiter.** Alle Körper, die die Wärme schlecht leiten, sind **schlechte Wärmeleiter.**

Alle Metalle, wie Silber, Kupfer, Zink, Eisen und Blei, sind gute Wärmeleiter. Schlechte Wärmeleiter sind Holz, Wolle, Stroh, Papier, Asbest und Glas.

Da Wolle ein schlechter Wärmeleiter ist, können wir den heißen Suppentopf mit dem Topflappen vom Herd nehmen, ohne daß wir uns die Finger verbrennen.

Auch Wasser leitet die Wärme schlecht weiter. Wir fassen ein mit Wasser gefülltes Reagenzglas am unteren Ende an und halten es schräg mit dem

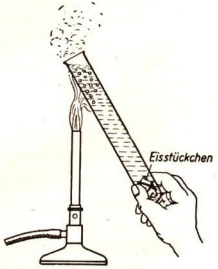


Abb. 69/1. Wasser ist ein schlechter Wärmeleiter. Am Boden des Röhrchens liegt ein Eisstückchen, während das Wasser im oberen Teil des Röhrchens siedet.

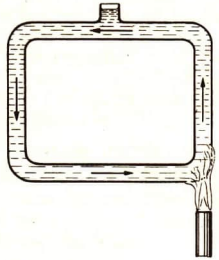


Abb. 69/2. Wärmeströmung in einem Rohrrechteck. Das erwärmte Wasser steigt im erwärmten Rohrteil empor und sinkt auf der kühlen Seite wieder ab.

oberen Teil vorsichtig über eine Bunsenflamme (Abb. 69/1). Das Wasser erwärmt sich im oberen Teil des Glases rasch bis zum Sieden, ohne daß wir am unteren Ende etwas davon merken.

Ruhendes Wasser ist ein schlechter Wärmeleiter.

Fassen wir dagegen das Reagenzglas oben an und halten es mit dem unteren Ende über die Flamme, so wird das Wasser in kurzer Zeit unerträglich heiß. Es tritt nämlich jetzt noch eine andere Art der Wärmeübertragung auf. Wir werden sie im nächsten Abschnitt kennenlernen.

2. Die Wärmeströmung im Wasser. Wir füllen ein Glasrohr, das die Form eines geschlossenen Rechtecks hat, mit Wasser. Dem Wasser wird etwas Sägemehl oder Farbstoff beigemischt. Wir erwärmen das Rohr nun an einer Knickstelle (Abb. 69/2). Da sich das Wasser beim Erwärmen ausdehnt, wird es etwas

Abb. 70/1. Wärmeströmung in einer Kochflasche. In der Flasche entsteht eine Strömung, die in der Mitte aufsteigt und an der Glaswand absinkt. Sie wird durch Farbschlieren sichtbar gemacht.

leichter und steigt empor. In den kälteren Teilen des Rohres kühlt sich das Wasser wieder ab und senkt sich. Unten fließt der Heizstelle von der nicht erhitzten Rohrhälfte her kaltes Wasser zu. *Das Wasser beginnt im Kreislauf zu strömen.*

Eine ähnliche Beobachtung können wir bei einem anderen Versuch machen. Wir stellen eine halb mit Wasser gefüllte Kochflasche über eine Gas- oder Spiritusflamme. Den Brenner halten wir so, daß die Flamme nur die Mitte des Bodens trifft (Abb. 70/1). In die Kochflasche lassen wir ein paar Kristalle von *Kaliumpermanganat* fallen, die das Wasser sehr stark färben. An den roten Farbschlieren erkennen wir, daß das Wasser in der Mitte des Gefäßes emporsteigt. Die Ursache dafür haben wir schon kennengelernt. Die am Boden zugeführte Wärme wird von dem strömenden Wasser mitgenommen und so auf alle Teile des Gefäßes übertragen. Infolgedessen wird das Wasser auch im oberen Teil der Kochflasche sehr schnell warm. Diese Art der Wärmeübertragung bezeichnet man als *Wärmeströmung.*

Im Wasser breitet sich die Wärme vorwiegend durch Strömung aus.

Die größten Wärmeströmungen hat man in den Weltmeeren festgestellt. Die ungleiche Erwärmung des Meerwassers in den verschiedenen Zonen ist eine der wichtigsten Ursachen dieser Meeresströmungen. Unter ihnen ist der *Golfstrom*, der aus dem Golf von Mexiko herkommt, für das Klima Europas besonders bedeutungsvoll.

Verhindern wir im Wasser das Auftreten von Strömungen, so ist die Wärmeübertragung im Wasser sehr gering. Das ruhende Wasser ist, wie wir gesehen haben, ein schlechter Wärmeleiter. In ruhenden Gewässern kann infolgedessen die Erwärmung durch die Sonnenstrahlen nur durch Wärmeleitung von oben nach unten erfolgen. So ist in Seen das Wasser bei Beginn der sommerlichen Erwärmung unter der oberen warmen Schicht oft noch sehr kalt.

3. Die Wärmeströmungen in der Luft. Ähnlich wie im Wasser treten auch in der Luft Wärmeströmungen auf. An einem Wattebäuschchen können wir leicht erkennen, daß warme Luft leichter ist als kalte und daher emporsteigt. Wir halten die Watte mit einer Pinzette über die Flamme eines Bunsenbrenners und lassen sie los. Die Watte wird sofort von dem aufsteigenden Luftstrom emporgetragen.

Erwärmte Luft steigt nach oben, weil sie leichter ist als kalte Luft. Kalte Luft sinkt zu Boden.

Wie für Wasser, so gilt auch für die Luft und für alle Gase:

In Gasen breitet sich die Wärme hauptsächlich durch Strömung aus.

Auf der Luftströmung beruht auch die Wirkung des *Schornsteines*. Infolge der starken Erwärmung an der Brennstelle entsteht in ihm ein kräftiger Luftstrom nach oben. An der unteren Öffnung des Schornsteines tritt dadurch eine starke Saugwirkung auf, so daß der Brennstelle immer wieder neue Luft zuströmt. Als Modell eines Schornsteines verwenden wir ein weites Glasrohr, das wir über eine Kerzenflamme halten. Wir weisen den Luftstrom mit Hilfe eines Windrades nach. Das Windrad schneiden wir aus einem Blatt dicken Papiers aus und halten es an einem Faden über das Glasrohr (Abb. 71/1). Sobald die Kerze brennt, beginnt sich das Windrad zu drehen.

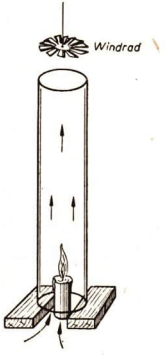


Abb. 71/1. Luftströmung in einem Glasrohr. Die Luft erwärmt sich an der Flamme und steigt im Zylinder empor.

Wird ein großer Luftraum durch Zwischenwände in viele kleine Räume zerlegt, so kommt keine Strömung zustande. Die Verbreitung der Wärme in der Luft bleibt infolgedessen aus.

Ruhende Luft ist ein schlechter Wärmeleiter.

Hieraus erklärt sich die Schutzwirkung gegen Wärmeverluste bei Federbetten, Holzwolle, Glaswolle und Stofffasern. Betten und Kleider wärmen uns nicht dadurch, daß sie Wärme zuführen. Sie halten uns warm, weil sie eine Ableitung der Körperwärme nach außen verhindern und die Luft in ihnen nicht mehr einen zusammenhängenden Raum ausfüllt. Aus dem gleichen Grunde sind die Doppelfenster und die Hohlräume im Mauerwerk ein Schutz gegen Wärmeverluste. Ebenso halten zwei Decken wärmer als eine doppelt so dicke.

Wir haben gelernt, worin sich feste, flüssige und gasförmige Körper unterscheiden. Dann können wir auch verstehen, daß Wärmeströmungen nur in Gasen und Flüssigkeiten möglich sind, nicht dagegen in festen Körpern und auch nicht im leeren Raum.

4. Wärmestrahlung. In der Nähe eines geheizten eisernen Ofens wird uns die Wärme bald lästig, während wir sie in etwas größerer Entfernung als wohltuend empfinden. Wir stellen uns vor eine elektrische Heizsonne und spüren die abgestrahlte Wärme. Halten wir vor die Heizsonne ein Brett oder eine Blechtafel, so bemerken wir deutlich, wie die Wärmewirkung dadurch unterbrochen wird. Es handelt sich bei den angeführten Beispielen der Wärmeübertragung um die *Wärmestrahlung*. Die Wärmestrahlung ist neben der Wärmeleitung und der Wärmeströmung die dritte Art der Wärmeübertragung.

Ein geheizter Ofen strahlt die Wärme aus. Wir können aber keine Strahlen sehen. Die Wärmestrahlen erreichen uns, ohne daß die Luft an der Wärmeübertragung beteiligt ist. Sie nehmen sogar ihren Weg durch den leeren Raum; sonst könnte nicht die Wärme von der Sonne zur Erde gelangen.

Wärmestrahlen sind unsichtbar. Sie durchqueren auch den leeren Raum.

Wir werden um so stärker durch die Wärmestrahlen erwärmt, je näher wir an dem wärmestrahlenden Körper stehen.

Halten wir vor die heißen Kacheln des Ofens in gleicher Entfernung ein Stück weiße und ein Stück schwarze Pappe, so fühlt sich nach kurzer Zeit die schwarze Pappe bedeutend wärmer an als die weiße.

Wir bestreichen die Außenfläche einer Konservenbüchse auf der einen Seite mit weißer und auf der anderen Seite mit schwarzer Farbe. In das Gefäß gießen wir heißes Wasser. Halten wir dann die Hände in einiger Entfernung vor die verschieden gefärbten Flächen, so merken wir deutlich, daß die Wärmestrahlung der dunklen Flächen größer ist als die der hellen. Aus beiden Versuchen folgt:

Dunkle Körper nehmen die Wärme leichter auf als helle.
Dunkle Körper strahlen die Wärme stärker ab als helle.

Durch einen ähnlichen Versuch können wir feststellen, daß eine rauhe Fläche mehr Wärme aufnimmt und sie stärker abstrahlt als eine glatte Fläche.

Wegen ihrer geringen Wärmeaufnahme bevorzugen wir im Sommer helle Kleidung. Die Häuser in den heißen Erdteilen sind weiß gestrichen, damit die Wärmeaufnahme möglichst gering ist. Die Menschen tragen dort meist weiße Kleidung. Aus dem gleichen Grunde haben auch die Kühl- und Eisschränke und die Kühlwagen der Eisenbahn einen weißen Anstrich.

5. Zusammenfassung. Wir stellen noch einmal die drei Arten der Wärmeausbreitung zusammen:

Wärme breitet sich durch Leitung, Strömung und Strahlung aus.

Bei der Wärmeleitung wird die Wärme innerhalb ein und desselben Körpers unmittelbar von einem Körperteilchen zum anderen übertragen.

Bei der Wärmeströmung bewegen sich die Körperteilchen selbst vom Platze. Sie befördern dabei die von ihnen aufgenommene Wärme an andere Stellen. Eine Wärmeströmung kann nur in Flüssigkeiten und Gasen auftreten.

Bei der Wärmestrahlung breitet sich die Wärme in unsichtbaren Strahlen aus. Der Raum zwischen der Wärmequelle und dem angestrahlten Körper wird nicht erwärmt.

6. Das Heizen von Räumen. Heizen wir ein Zimmer, so breitet sich die Wärme hauptsächlich durch Wärmeströmung im Zimmer aus. Die Luft erwärmt sich am Ofen und steigt nach oben. An der Decke strömt sie dem Fenster zu. Dort kühlt sie sich ab und sinkt zu Boden. So entsteht eine *Luftströmung*. In diesem Luftkreislauf befördert die Luft die Wärme an alle Stellen des Zimmers. Nur am Boden liegt stets eine verhältnismäßig kühle Luftschicht.

Wir verwenden zum Nachweis des Luftkreislaufes einen mit Stadtgas gefüllten Kinderluftballon. Durch Anbinden von Papier erreichen wir, daß der Ballon in einem mäßig warmen Raum schwebt, ohne zu steigen oder zu fallen. Wir bringen ihn darauf in einen gut geheizten Raum und geben ihn in der Nähe des

Ofens frei. Der Ballon wird vom Luftstrom erfaßt und von ihm mitgeführt, wie es Abb. 73/1 veranschaulicht.

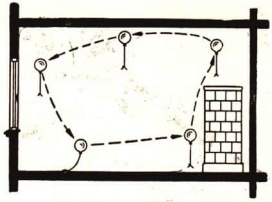


Abb. 73/1. Nachweis des Luftkreislaufes in einem geheizten Zimmer durch einen Kinderluftballon

Große Verwaltungsgebäude, Krankenhäuser, viele Schulen und Neubauwohnblocks, aber auch Einzelhäuser, haben heute *Zentralheizungen*. Bei einer Zentralheizung sind sämtliche Heizkörper an einen Kessel angeschlossen und werden von dort aus mit Wärme versorgt. Zentralheizungen haben den großen Vorteil, daß man nur eine Feuerstelle im Hause benötigt und dadurch die Verbrennungswärme der Kohlen viel besser ausnutzen kann, als wenn viele Öfen geheizt werden. Die Zentralheizungen werden mit Warmwasser oder mit Dampf betrieben. Wir wollen hier nur die *Warmwasserheizung* besprechen. Vom Kessel im Keller führt ein Steigrohr durch alle Stockwerke zu einem offenen Gefäß, dem Ausdehnungsgefäß, auf dem Dachboden des Hauses (Abb. 73/2). In den Stockwerken sind die Heizkörper an die Steigleitung angeschlossen. Das warme Wasser gibt in den Heizkörpern seine Wärme an das Zimmer ab und fließt durch die Falleitung in den Heizkessel zurück.

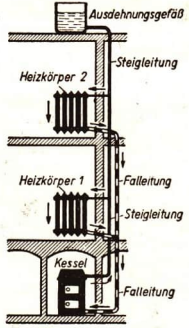
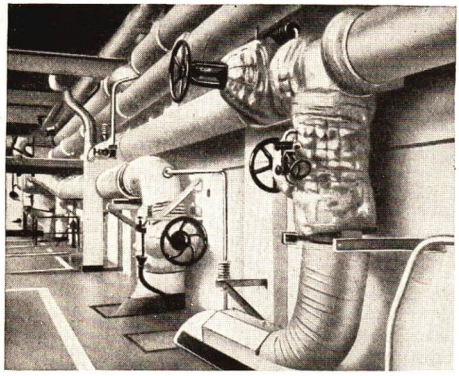


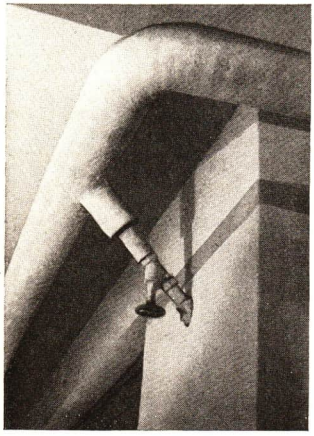
Abb. 73/2. Warmwasserheizung. Das Wasser wird im Kessel erwärmt, steigt durch die Steigleitung empor, gibt seine Wärme in den Heizkörpern ab und fließt in der Falleitung zurück.

7. Schutz gegen Wärmeverluste. In unseren Industriewerken ist es oft notwendig, eine Wärmeabstrahlung bei wichtigen heißen Teilen möglichst zu vermeiden. Die abgestrahlte Wärme geht für die weitere Verwendung verloren. Das bedeutet aber einen Verlust an Brennstoffen.

Ein ausgezeichnetes Schutzmittel gegen Wärmeverluste ist *Glaswolle*. Sie ist ein watteartiger Stoff, der aus feinsten Glasfäden besteht. Mit Glaswolle umkleidet man in Kraftwerken, chemischen Werken und anderen Produktionsstätten Dampfrohre, Rohre für heiße Flüssigkeiten und Gase, Warmwasserbehälter und ähnliche Einrichtungen (Abb. 74/1a). In gleicher Weise schützt man Behälter mit kalten Flüssigkeiten und Gasen gegen eine Wärmeaufnahme von außen.



a) Schutzmäntel aus Glaswolle an Rohren in einem chemischen Werk



b) Bekleidung aus Kieselgur an einem Rohr einer Zentralheizung

Abb. **74**/1. Rohrleitungen mit Schutzhüllen gegen Wärmeverluste

Ein sehr wirksames Wärmeschutzmittel ist *Kieselgur*. Dieser äußerst feinkörnige sandähnliche Stoff wird mit einem Bindemittel zu einem Brei verrührt und auf die Rohre gestrichen, die gegen Wärmeverluste geschützt werden sollen (Abb. **74**/1 b). Dort wird er mit Mullbinden umwickelt, damit er nicht herabfällt.

In einer *Thermosflasche* können wir Getränke und Speisen warmhalten (Abb. **75**/1). An einer zerbrochenen Thermosflasche erkennen wir, daß die Flasche zwei Glaswände hat. Diese schließen bei der unbeschädigten Flasche einen luftleer gepumpten Raum

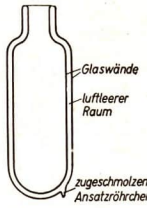


Abb. 75/1. Glasgefäß der Thermosflasche (Schnitt). Das Ansatzröhrchen dient zum Auspumpen der Luft; es wird nach dem Auspumpen zugeschmolzen.

ein. Der luftleere Raum schützt am besten vor Wärmeverlusten, da er jede Wärmeleitung ausschließt. Auch ein Wärmeaustausch durch Strömung ist im luftleeren Raum unmöglich. Die Doppelwand der Thermosflasche ist innen versilbert oder verkupfert. Dadurch werden die Wärmestrahlen wie Lichtstrahlen an einem Spiegel zurückgeworfen. Sie können daher die Wand weder von außen nach innen, noch von innen nach außen durchdringen. Bei der Thermosflasche wird ein Wärmeaustausch durch *Wärmeleitung*, *-strömung* und *-strahlung* weitgehend vermieden. Thermosflaschen werden aus diesem Grunde auch zum Kühlhalten kalter Getränke und Speisen verwendet.

8. Die Brandverhütung. Auch bei der *Brandverhütung* kommt es darauf an, eine zu große Wärmeübertragung zu verhindern. Der beste Schutz gegen einen Brand ist der vorbeugende Brandschutz. Damit jeder weiß, wie man Brände verhüten kann, gibt es Anordnungen der Feuerschutzpolizei. Schwere Schäden an Leib und Gut könnten vermieden werden, wenn sich alle Menschen besser nach diesen Anordnungen richten würden. Wir wollen uns deshalb den Inhalt der wichtigsten Brandschutzregeln merken:

1. Brennbare Flüssigkeiten wie Spiritus, Petroleum, Benzin dürfen niemals zum Feuermachen in Öfen und Herden benutzt werden.
2. Kleidungsstücke sollen in geschlossenen Räumen nicht mit Benzin gereinigt werden. Stets ist vorher ein Fenster zu öffnen. In dem Raum darf kein offenes Feuer brennen.
3. Vor Öfen und Herden ist auf dem Fußboden stets ein genügend großes Schutzblech anzubringen.
4. Die Rauchabzugsrohre für Öfen und Herde sollen an einer tapezierten Wand in einer Mindestentfernung von 25 cm entlang geführt werden, damit die Tapete nicht zu schwelen beginnt.
5. Brennmaterial, insbesondere Holz und Papier, darf nicht unmittelbar neben dem Ofen gelagert werden. Der Abstand vom Ofen muß mindestens 50 cm betragen.
6. Öffnungen im Schornstein dürfen niemals mit Lappen oder Papier verstopft werden. Diese können sich sonst durch Funkenflug im Innern des Schornsteines entzünden.
7. Eine gefährliche Unsitte ist es, Asche zunächst in Pappkartons anzusammeln, ehe sie in den dafür bestimmten Ascheneimer geschüttet wird. Asche darf nur in gänzlich abgelöschtem Zustand in der Wohnung stehenbleiben, und zwar nur in einem bedeckten Metallbehälter.

8. Das Rauchen auf dem Hausboden sowie in Schuppen, Ställen und Scheunen und das Betreten dieser Räume mit offenem Licht ist streng verboten. Wo kein elektrisches Licht vorhanden ist, muß eine geschlossene Stallaterne verwendet werden.
9. Durchgebrannte elektrische Sicherungen dürfen auf keinen Fall mit Draht überbrückt oder, wie man sagt, geflickt werden, sonst kann sich die elektrische Leitung so stark erwärmen, daß sie einen Brand verursacht.
10. Elektrische Bügeleisen dürfen niemals bei eingeschaltetem Strom unbeaufsichtigt längere Zeit stehenbleiben. Heiße Bügeleisen sollen nur auf einer feuersicheren Unterlage abgestellt werden.

Wenn wir alle darauf achten, daß diese Regeln eingehalten werden, ist die Gefahr eines Brandes weitgehend vermindert. Die Gesundheit vieler Menschen und wertvolles Volksgut werden dadurch vor schweren Schäden bewahrt.

9. Versuche, Fragen und Aufgaben:

1. Du faßt ein 1-DM-Stück möglichst weit am Rande mit Daumen und Zeigefinger und hältst es in die Flamme eines Streichholzes, das von einem Mitschüler gehalten wird. Wer von euch beiden kann seinen Gegenstand länger in der Hand behalten? Warum?
2. Stecke zwei gleich lange und gleich dicke Drähte aus Eisen und Kupfer schräg in eine Kerze! Die freien Drahtenden sollen dabei gekreuzt aufeinanderliegen (Abb. 76/1). Benutze die Kerze als Handgriff und halte die Kreuzungsstelle der Drähte so lange in eine Gas- oder Spiritusflamme, bis sich einer der Drähte aus der Kerze löst! Bei welchem Draht geschieht das zuerst? Gib die Ursache dafür an!

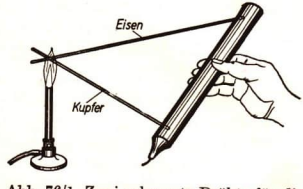


Abb. 76/1. Zwei gekreuzte Drähte für die Untersuchung der Wärmeleitung

3. Binde Schnüre an einen Stein und an ein gleich großes Metallstück. Tauche die Körper in siedendes Wasser! Ziehe sie dann heraus und berühre beide Körper nach 5 bis 10 Sekunden vorsichtig! Welcher Körper erscheint dir heißer? Warum?
4. Befestige einen dicken Draht durch einige Krampen an einem Holzklotz so, daß er waagerecht zur Seite ragt! Klebe an ihn von unten in gleichmäßigen Abständen einige Schrotkügelchen mit Wachs oder Stearin fest und erhitze den Draht am freien Ende mit einer Spiritusflamme! Was kannst du beobachten?
5. Warum sind Feuerhaken, Kohlenschaufeln, Gießkellen und ähnliche Geräte meist mit hölzernen Handgriffen versehen? Warum haben auch der Pflug, die Mauerkelle und andere Werkzeuge hölzerne Griffe?
6. Ein Steinfußboden, den wir mit nackten Füßen betreten, erscheint uns stets kühler als ein Holzfußboden, auch wenn die Räume, in denen sie sich befinden, die gleiche Temperatur haben. Wie ist das zu erklären?

7. Welchen Vorteil bieten Doppelfenster gegenüber einfachen Fenstern? Erkläre ihre Wirkungsweise!
8. Warum erscheinen uns im Winter Gegenstände aus Eisen, die im Freien stehen, kälter als solche aus Holz?
9. Aus welchem Grund verwendet man Hohlziegelsteine?
10. Erkläre die wärmende Wirkung unserer Kleidung! Wie kommt es, daß mehrere dünne Kleidungsstücke oft wärmer halten als ein dickes? Warum dürfen die Kleidungsstücke nicht zu eng anliegen?
11. Wie arbeitet eine Warmwasserheizung? Warum müssen Warmwasserheizungen mit einem Ausdehnungsgefäß ausgestattet sein?
12. Welche drei Arten von Wärmeübertragung gibt es? Wodurch unterscheiden sie sich?
13. Erkläre bei jeder der im 8. Abschnitt angeführten Regeln, warum man dieses tun und jenes lassen soll!

§ 15. Schmelzen und Erstarren

1. Das Schmelzen. Wie wir bereits wissen, unterscheiden sich Eis und Wasser nur in ihrer Zustandsform, in ihrem Aggregatzustand (vgl. § 9). Der folgende Versuch veranschaulicht uns dies noch einmal. An einem kalten Wintertag nehmen wir einen Eiszapfen mit ins Zimmer und legen ihn auf einen Teller. Der Eiszapfen schmilzt; der Teller füllt sich mit Wasser. Wir erkennen wieder: Eis und flüssiges Wasser bestehen aus dem gleichen Stoff.

Eis ist die feste Zustandsform des Wassers.

Wir erwärmen in einem Reagenzglas über einer Flamme etwas Paraffin; es schmilzt. Nehmen wir das Reagenzglas von der Flamme fort, so erstarrt das Paraffin wieder. Dieselben Versuche können wir auch mit Stearin, Wachs, Siegellack und mit vielen anderen Stoffen durchführen. In jedem Falle stellen wir fest:

Durch Erwärmen werden die meisten Körper flüssig; sie schmelzen. Beim Abkühlen erstarren sie wieder.

Schmelzen ist der Übergang aus dem festen Aggregatzustand in den flüssigen. Erstarren ist der Übergang aus dem flüssigen Aggregatzustand in den festen.

Auch Schnee ist festes Wasser. Betrachten wir *Schneekristalle* durch eine Lupe oder durch ein Mikroskop, so erblicken wir regelmäßig gebaute Kristalle von der Gestalt sechsstrahliger Sterne. In Abb. 78/1a bis d sind einige von ihnen wiedergegeben. Man hat etwa 2000 verschiedene Formen von Schneekristallen festgestellt. Sie haben sämtlich die Grundform eines sechsstrahligen Sternes.

Wir wiederholen zum Schmelzvorgang des Eises einen Versuch, den wir schon einmal ausgeführt haben. Dazu befestigen wir an einem Stativ einen Trichter und füllen ihn mit kleingestoßenem Eis (vgl. Abb. 48/2). In das Eis stecken wir ein Thermometer und lesen nach kurzer Zeit die Temperatur 0 °C ab. Diese Temperatur, bei der Schnee und Eis schmelzen, hatten wir bereits als *Schmelzpunkt* bzw. *Gefrierpunkt* kennengelernt.

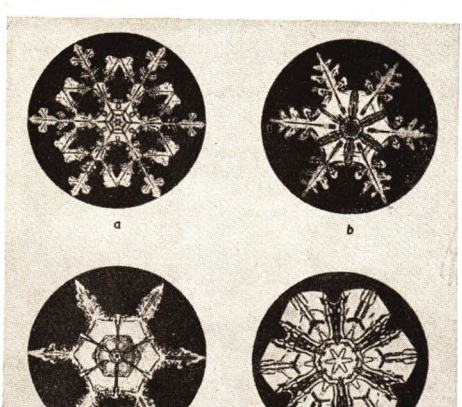


Abb. 78/1. Mikroskopische Aufnahmen von Schneekristallen. Allen Kristallen gemeinsam ist die sechsstrahlige, symmetrische Anordnung. In Einzelheiten können sie sehr verschiedenartig sein. Die Kristalle a, b, c zeigen eine deutlich ausgeprägte Sternform. Der Kristall d ist von plattenförmiger Gestalt. Ansätze davon sind auch schon in b und c zu erkennen.

Die Metalle schmelzen bei weit höheren Temperaturen. Eine Ausnahme bei den Metallen bildet das Quecksilber, dessen Schmelzpunkt bei $-39\,°C$ liegt. Von den technisch wichtigen Metallen haben Blei und Zinn im Vergleich zu den anderen Metallen verhältnismäßig niedrige Schmelzpunkte (vgl. die Tabelle auf S. 79). Kühlt sich geschmolzenes Blei ab, so erstarrt es bei der gleichen Temperatur, bei der es geschmolzen ist. Man findet überhaupt, daß alle schmelzbaren Stoffe bei der gleichen Temperatur erstarren, bei der sie schmelzen. Es gibt aber auch Stoffe, die sich nicht schmelzen lassen, da sie sich bei starker Erwärmung zersetzen.

Jeder schmelzbare Stoff hat einen bestimmten Schmelzpunkt. Dieser ist gleichzeitig auch sein Erstarrungspunkt.

Die meisten Mineralien und Gesteine schmelzen bei sehr hohen Temperaturen. So schmilzt der Diamant erst bei $3500\,°C$, Graphit sogar erst bei $3540\,°C$. Glas hat keinen festliegenden Schmelzpunkt. Es wird zwischen $700\,°C$ und $800\,°C$ weich und zwischen $1300\,°C$ und $1400\,°C$ dünnflüssig.

Werden zwei Metalle zusammengeschmolzen, so erhält man eine *Legierung**. Messing ist eine Legierung aus Kupfer und Zink. Der Schmelzpunkt des Kupfers ist $1083\,°C$ und der Schmelzpunkt des Zinks $419\,°C$. Bestimmt man den Schmelzpunkt des Messings, so erhält man etwa $900\,°C$. Der Schmelzpunkt der Legierung liegt also zwischen dem des Kupfers und dem des Zinks. Das Lötzinn,

das die Klempner zum Löten benutzen, ist eine Legierung aus Blei (327°C) und Zinn (232°C); es schmilzt bereits bei 180°C. Diese Beispiele bestätigen die folgende Regel:

Der Schmelzpunkt einer Legierung liegt tiefer als der höchste Schmelzpunkt seiner Bestandteile.

Bei *Lösungen* liegt der Erstarrungspunkt tiefer als die Erstarrungspunkte ihrer Bestandteile. Eine Lösung von Salz in Wasser, eine Salzlösung, erstarrt erst bei tieferer Temperatur als reines Wasser. So gefriert Meerwasser nicht bei 0°C, sondern erst bei −2,5°C.

Schmelzpunkte und Erstarrungspunkte einiger Stoffe in °C.

Graphit	+3540	Gold	+1063	Schwefel	+119
Diamant	+3500	Silber	+ 961	Paraffin	+ 54
Wolfram	+3380	Messing etwa	+ 900	Butter	+ 32
Platin	+1773	Soda	+ 850	Eis	0
Eisen (rein)	+1557	Aluminium	+ 660	Meerwasser	− 2,5
Quarz	+1470	Zink	+ 419	Milch	− 11
Kalkstein	+1340	Blei	+ 327	Quecksilber	− 39
Kupfer	+1083	Zinn	+ 232	Alkohol	−114

2. Die Schmelzwärme. Um den Wärmeverbrauch beim Schmelzen zu veranschaulichen, führen wir folgenden Versuch durch. Wir schütten in einen kleinen Glaskolben etwa 100 cm^3 Eis, das wir vorher zu erbsengroßen Stückchen zerstoßen haben. In den Kolben führen wir ein Thermometer ein, so daß es dicht vom Eis umgeben ist, ohne an die Glaswand zu stoßen. Den Kolben halten wir nun dicht über eine Kerzenflamme, wodurch ihm dauernd Wärme zugeführt wird. Unter ständigem Umrühren und Schütteln messen wir alle 2 Minuten die Temperatur und notieren sie. Die beigefügte Tabelle gibt die Meßwerte wieder. Der Versuch zeigt uns, daß die Temperatur so lange auf 0°C stehenbleibt bzw. sich nur wenig über 0°C erhebt, bis das letzte Stückchen Eis geschmolzen ist. Erst wenn alles Eis zu Wasser geworden ist, tritt eine stärkere Temperaturerhöhung ein. Wir erkennen:

Zeitdauer min	Temperatur 0°C
0	0
2	0
4	0
6	0
8	0,5
10	0,8
12	1,5
14	2,5
16	12,0
18	20,0

Zum Schmelzen des Eises ist eine bestimmte Menge an Wärme erforderlich.

Wir können uns dieses Ergebnis durch eine Kurve veranschaulichen, die wir auf Millimeterpapier zeichnen. Hierzu ziehen wir zwei aufeinander senkrecht stehende Geraden, die wir als *Achsen* bezeichnen. Die waagerechte Achse benutzen wir als *Zeitachse* und bringen auf ihr in gleichen Abständen Markierungen für gleiche Zeitabstände, sogenannte *Zeitmarken*, an. Die senkrechte Achse versehen

wir als *Temperaturachse* mit Markierungen für gleiche Temperaturunterschiede, mit *Temperaturmarken*. Wir ordnen dabei auf der Zeitachse zwei Minuten einen Zentimeter und auf der Temperaturachse vier Grad C einen Zentimeter zu. Die Temperaturwerte aus unserer Tabelle tragen wir bei den zugehörigen Zeitmarken senkrecht nach oben als Strecken ab. Die Endpunkte dieser Senkrechten verbinden wir durch eine Kurve miteinander (Abb. 80/1). Wir erkennen, daß die

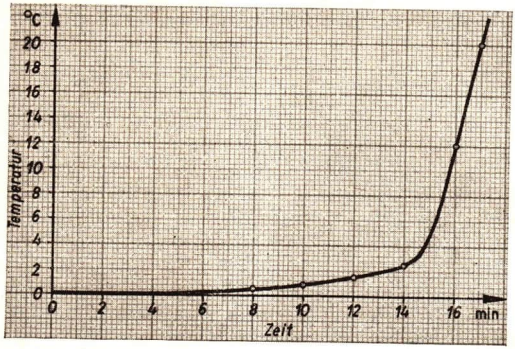


Abb. 80/1. Temperatur-Zeit-Diagramm für das Schmelzen des Eises

Kurve zunächst auf oder unmittelbar neben der Zeitachse verläuft. Die Wärmemenge, die während dieser Zeit aufgenommen wird, bewirkt lediglich das Schmelzen des Eises. Sie heißt deshalb **Schmelzwärme.**

Aus dem Versuch ergibt sich:

Beim Schmelzen bleibt die Temperatur eines Körpers auf dem Schmelzpunkt stehen.

Daraus können wir weiter folgern:

Jeder Körper nimmt beim Schmelzen eine bestimmte Wärmemenge in sich auf, die nur zum Schmelzen verbraucht wird.

Ein geschmolzener Stoff kann nur dann wieder erstarren, wenn er die Wärme, die er beim Schmelzen aufgenommen hat, wieder abgibt. Die beim Erstarren abgegebene Wärme nennt man die **Erstarrungswärme.**

Die Schmelzwärme spielt in der Natur eine wichtige Rolle. Beim Übergang vom Winter zum Frühling wird ein großer Teil der eingestrahlten Sonnenwärme zum Schmelzen von Eis und Schnee verbraucht. Eis und Schnee nehmen aber als weiße Körper die Sonnenwärme nur in geringem Maße auf (vgl. § 14, 4).

Andererseits ist der Wärmeverbrauch beim Schmelzen des Eises sehr groß. Eis und Schnee schmelzen daher in der Natur sehr langsam. Infolgedessen tauen bei Beginn des Frühjahrs die Eis- und Schneemassen des Winters nicht plötzlich. So können die Flüsse das Schmelzwasser im allgemeinen aufnehmen, ohne daß überall große Überschwemmungen entstehen.

Auch wenn sich Salz in Wasser löst, verbraucht es dazu eine bestimmte Wärmemenge, die man als **Lösungswärme** bezeichnet. Die Lösungswärme wird meist dem Lösungsmittel entzogen. Dadurch sinkt die Temperatur. Besonders groß ist der Temperaturrückgang, wenn wir 1 Teil Kochsalz oder Viehsalz mit 3 Teilen zerstoßenen Eises mischen. Das Salz entzieht hierbei dem Eis die Lösungswärme. Die Temperatur sinkt dann bis auf −21 °C. Eine solche Mischung heißt *Kältemischung*. Mit ihrer Hilfe können wir Flüssigkeiten, deren Erstarrungspunkt etwas unter 0 °C liegt, zum Gefrieren bringen. Wir brauchen sie nur in ein Gefäß zu gießen, das in einer Kältemischung steht.

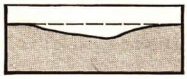


Abb. 81/1. Das Schrumpfen des Paraffins beim Erstarren

3. Raumveränderung beim Schmelzen bzw. beim Erstarren. Die meisten Stoffe nehmen im festen Zustande einen kleineren Raum ein als im flüssigen. So können wir an geschmolzenem Stearin oder Paraffin beim Erstarren leicht ein Schrumpfen beobachten. Wir schmelzen zu diesem Zweck einige Kerzenreste in einer Blechschachtel und lassen sie dann wieder erstarren. Die Oberfläche des erstarrten Paraffins ist etwas nach innen gewölbt (Abb. 81/1).

Wasser dagegen dehnt sich beim Erstarren aus. Wir füllen ein Reagenzglas 10 cm hoch mit eiskaltem Wasser und markieren genau die Höhe der Wassersäule. Dann tauchen wir das Glas in eine Kältemischung, lassen aber die Öffnung herausragen. Wenn alles Wasser im Reagenzglas zu Eis erstarrt ist, nehmen wir das Glas wieder heraus. Die entstandene Eissäule ist ungefähr 11 cm lang (Abb. 81/2).

Wasser von 0 °C dehnt sich beim Gefrieren etwa um ein Zehntel seines Rauminhaltes aus.

Die Stoffmenge hat sich beim Gefrieren nicht geändert. Das Volumen ist jedoch größer geworden. So kommt es, daß das Eis etwas leichter ist als Wasser und auf dem Wasser schwimmt.

Die Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren ist die Ursache für die Sprengwirkung des Eises. Wenn auch die Ausdehnung beim Gefrieren nicht groß ist, so werden doch sehr große Kräfte auf die Umgebung ausgeübt. Ein einfacher Versuch veranschaulicht uns dies.

Wir füllen eine kleine Flasche mit Wasser und verschließen sie so, daß sich keine Luft mehr im Gefäß befindet. Der Verschlußstopfen wird durch einen starken Bindfaden fest mit der Flasche verbunden, so daß er nicht herausgetrieben werden

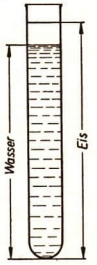


Abb. 81/2. Die Raumzunahme des Wassers beim Gefrieren

kann. Dann stecken wir die Flasche in eine Kältemischung. Nehmen wir sie nach einiger Zeit heraus, so ist das Glas gesprungen.

Die Sprengwirkung des gefrierenden Wassers können wir in der Natur oft beobachten. In die Spalten der Gesteine sickert Wasser; im Winter gefriert es dort und sprengt das Gestein auseinander. Wir bezeichnen diesen Vorgang als *Spaltenfrost*. Er verursacht in erster Linie die Verwitterung der Gesteine. Durch gefrierendes Wasser wird auch der Ackerboden im Winter aufgelockert. Diese Auflockerung des Bodens ist für die Landwirtschaft sehr wichtig. Damit das Wasser leichter in den Boden eindringt, ziehen die Bauern vor Einbruch des Frostes die Winterfurche.

Im Winter besteht die Gefahr, daß das Wasser in einer Wasserleitung gefriert und diese sprengt. Deshalb verlegt man die Wasserleitungen an die Innenwände des Hauses. Besonders gefährdete Leitungen schützt man durch Umwickeln mit isolierendem Material. Außerdem muß man in Frostnächten den Haupthahn der Leitung schließen und das Wasser aus der Steigleitung herauslassen.

4. Versuche, Fragen und Aufgaben:

1. Schütte in ein Glas mit Wasser von Zimmertemperatur einen Eßlöffel Salz und beobachte dabei die Temperatur! Was stellst du fest? Erkläre den Begriff Lösungswärme!
2. Aus welchem Grunde bestreut man die Weichen der Straßenbahnschienen bei starken Schneefällen mit Viehsalz?
3. Wiederhole den auf S. 81 beschriebenen Versuch, bei dem eine Flasche in einer Kältemischung gesprengt wurde! Stelle jetzt die Flasche in einer Frostnacht ins Freie!
4. Warum wird ein Eisenbahnabteil abgekühlt, wenn viele Reisende einsteigen, die Schnee an den Schuhen haben?
5. Warum löst sich schadhafter Putz im Winter leichter von der Hauswand als im Sommer?
6. Warum genügt das Absperren der Hauswasserleitung in einer kalten Winternacht nicht, wenn die Leitungsrohre nicht gleichzeitig entleert werden? Begründe, warum Wasserleitungsrohre im Freien mindestens 80 cm unter der Erdoberfläche verlegt werden müssen!
7. Manche Menschen behaupten, daß beim Einfrieren der Wasserleitung der Rohrschaden erst beim Wiederauftauen eintritt. Trifft das zu? Erkläre die Erscheinung physikalisch richtig!
8. Warum schmilzt Schnee und Eis gegen Ende des Winters verhältnismäßig langsam?
9. Beobachte, wie das ausgelassene Fett in einer Schüssel erkaltet! Welche Form nimmt die Oberfläche dabei an?

§ 16. Die Gießtechnik

1. Die Bedeutung der Gießerei für die Produktion. Seit die Menschen entdeckten, daß geschmolzenes Metall in Formen gegossen werden kann, ist das *Gießen* zu einem unentbehrlichen Produktionsverfahren geworden. Das Gießen ist eines der wichtigsten Verfahren der spanlosen Formgebung. Beim Gießen geht im Gegensatz zu den spanabhebenden Verfahren sehr wenig von dem wertvollen Werkstoff verloren.

Das Gießen ist eine spanlose Formgebung. Es nutzt die Schmelzbarkeit der Werkstoffe aus.

2. Der Gießvorgang. Es gibt verschiedene Verfahren des Metallgusses. Der *Kokillenguß* und der *Sandguß* sind die bekanntesten. Eine *Kokille* ist eine Dauerform aus Metall. Bei allen Gießverfahren sind *Gußformen* erforderlich. In diese läßt man das geschmolzene Metall fließen. Es kühlt sich in der Form ab und erstarrt in ihr. Nach dem Erkalten wird die Form entfernt; das *Gußstück* ist dann in seiner Rohform fertig.

Wir beschränken uns hier auf den Sandguß und veranschaulichen ihn uns durch einen Versuch: Es soll eine kleine Walze aus Blei gegossen werden. Der Durchmesser beträgt 8 mm und die Höhe 30 mm. Zunächst stellen wir die Gußform her. In eine Blechbüchse oder einen Blumentopf füllen wir etwas angefeuchteten Sand und drücken einen 8 mm dicken Kopierstift 30 mm tief in den Sand hinein. Die Öffnung unserer Form umgeben wir mit einem Wulst aus Sand, den wir nach außen trichterförmig erweitern. Dann ziehen wir den Kopierstift vorsichtig aus dem Sand heraus. Nun schmelzen wir etwa 2 cm^3 Blei in einem Schmelzlöffel und gießen das flüssige Metall in die Form. Nach dem Erkalten nehmen wir die entstandene Walze aus der Form heraus.

Im folgenden wird der Sandguß so beschrieben, wie er in der Technik durchgeführt wird. Als Beispiel wählen wir das Gießen des gußeisernen Deckels eines Einsteigschachtes. Zunächst wird ein *Holzmodell* angefertigt, das der Form des Werkstückes genau entspricht (Abb. 84/1a). Das Modell wird in einem zerlegbaren *gußeisernen Kasten* dicht mit *Formsand** umkleidet. Gleichzeitig werden trichterförmige Kanäle geformt, die man *Steiger* nennt. Sie dienen zum Eingießen des flüssigen Metalls, zum Ableiten der entweichenden Luft und zur Aufnahme des überschüssigen Metalls. Nun trennt man die beiden Kastenteile vorsichtig und nimmt das Holzmodell heraus. Die Gußform ist fertig (Abb. 84/1b).

Das geschmolzene Metall wird in einem *Gießkübel* (Abb. 84/2 und 85/1) herbeigeschafft und an der Einlaufstelle in die Form gegossen (Abb. 84/1c und d). Nach dem Gesetz der verbundenen Gefäße steht der Metallspiegel in der ganzen Form gleich hoch. Wenn die Form gefüllt ist, hört man auf zu gießen (Abb. 84/1e). Beim Abkühlen schrumpft das flüssige Metall etwas; es wird durch das Metall in den Steigern wieder ergänzt. Nach dem Erkalten des Gußstückes wird die Form entfernt. Es ist noch mit Metallteilen behaftet, die in den Steigern erstarrt sind (Abb. 84/1f). Sie werden vom Gußstück abgetrennt. Nachdem noch

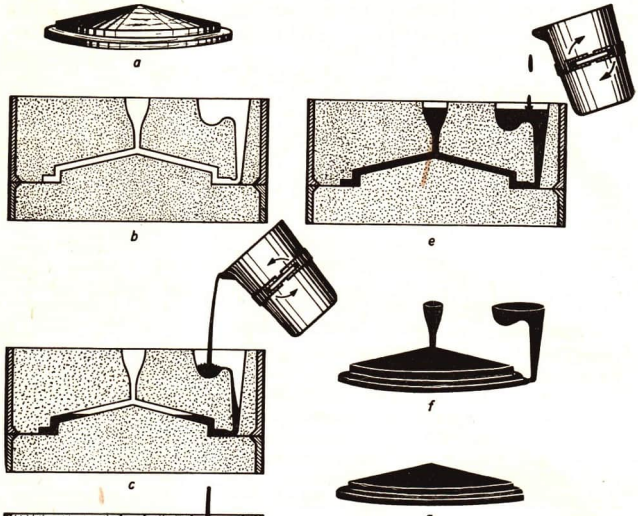


Abb. 84/1. Die wichtigsten Stufen der Fertigung beim Gießen eines Schachtdeckels (schematisch)
a) Holzmodell des Deckels,
b) fertige Gußform des Deckels,
c) Eingießen des Metalls in die Gußform ($\frac{1}{3}$-Füllung),
d) Eingießen des Metalls in die Gußform ($\frac{2}{3}$-Füllung),
e) Unterbrechung des Gießvorganges bei voller Füllung,
f) unverputztes Gußstück,
g) fertiges Gußstück.

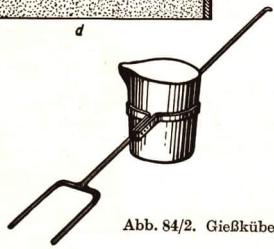


Abb. 84/2. Gießkübel

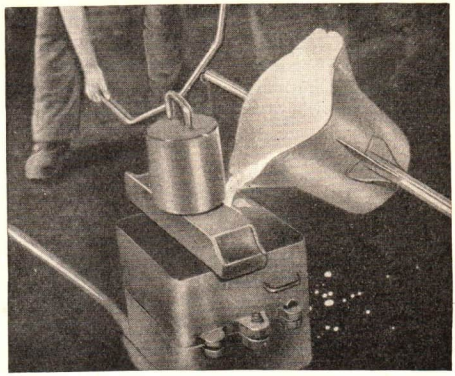


Abb. 85/1. Gießen mit dem Gießkübel

Unregelmäßigkeiten und Unsauberkeiten an der Oberfläche beseitigt sind, wird das fertige Stück ausgeliefert (Abb. 84/1g). Das abgetrennte Metall wird gesammelt und von neuem eingeschmolzen.

3. Fragen und Aufgaben:

1. Was versteht man unter der spanlosen Formgebung?
2. Welche physikalischen Tatsachen ermöglichen das Gießverfahren?
3. Nenne die Vorteile des Gießverfahrens gegenüber anderen Verfahren der Formgebung?
4. Nenne verschiedene Arten des Gießverfahrens!
5. Erläutere das Grundsätzliche des Gießverfahrens!
6. Gib die einzelnen Arbeitsabschnitte beim Sandguß an!
7. Wo befinden sich in der Nähe eurer Schule Metallgießereien oder Werkstätten, in denen der Metallguß als Teil des Produktionsvorganges verwendet wird?

§ 17. Verdampfen und Kondensieren

1. Der Siedevorgang. Wir füllen eine Kochflasche halb mit Wasser, dem wir ein wenig Sägemehl beigemengt haben. Die Kochflasche verschließen wir mit einem doppelt durchbohrten Stopfen. Durch die eine Öffnung führen wir ein Thermometer ein, das bis dicht über die Oberfläche reicht. Durch die andere Öffnung

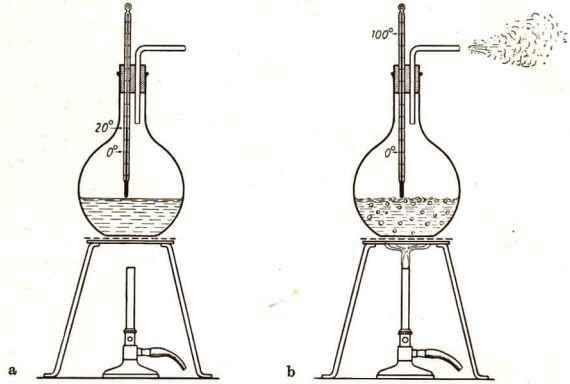


Abb. 86/1. Die Vorgänge beim Erwärmen des Wassers bis zum Sieden
a) Kochflasche mit Wasser von Zimmertemperatur,
b) Kochflasche mit siedendem Wasser. An dem Thermometer wird die Siedetemperatur abgelesen. Der Dampf verdichtet sich im Freien erst in einiger Entfernung vor der Rohröffnung.

stecken wir ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr von nicht zu kleinem Durchmesser (Abb. 86/1a). Erwärmen wir nun die Kochflasche, so können wir der Reihe nach folgende Erscheinungen beobachten:

1. Die kalte Außenwand der Flasche beschlägt, wenn wir zum Erhitzen eine Gas- oder eine Spiritusflamme benutzen. Dieser Vorgang hat aber mit dem Erwärmen des Wassers selbst nichts zu tun. Wir werden darüber Näheres im 2. Abschnitt erfahren. Beim Erwärmen auf einem Herd oder auf einer elektrischen Kochplatte ist dieser Vorgang nicht zu beobachten.
2. Die Temperatur des Wassers steigt gleichmäßig an. Das Wasser im Kolben gerät in *strömende Bewegung*. Wir erkennen dies an dem Sägemehl, das im Wasser zu kreisen beginnt (vgl. Abb. 70/1).

3. An der Innenwand der Kochflasche bilden sich kleine *Luftbläschen*. In frischem Wasser ist immer Luft aufgelöst, die beim Erwärmen des Wassers in Form von Bläschen entweicht. Diese Bläschen lösen sich schnell von der Wand und steigen an die Oberfläche empor. Bei etwa 60 °C hört die Bläschenbildung auf.

4. Bei Temperaturen zwischen 80 °C und 95 °C bilden sich am Boden der Kochflasche Dampfblasen. Sie steigen empor, erreichen aber nicht die Oberfläche, weil sich der Wasserdampf in den kälteren Wasserschichten wieder zu Wasser verdichtet. Der Vorgang ist von einem *singenden Geräusch* begleitet. Wir sagen: Das Wasser singt.

5. Bei noch höherer Temperatur hört das Singen auf. *Alle Dampfblasen steigen jetzt bis zur Oberfläche empor.* Das Wasser verdampft, wobei es stark brodelt. Das Wasser *siedet.* Aus dem seitwärts gebogenen Rohr entweicht Wasserdampf. Das geschieht bei einer Temperatur von etwa 100 °C (Abb. 86/1b). Höher steigt die Temperatur während des Siedens nicht.

Eine Flüssigkeit siedet, wenn sich im Innern der Flüssigkeit ständig Dampfblasen bilden und zur Oberfläche emporsteigen.

Beim Verdampfen tritt eine erhebliche Raumerweiterung ein. Man hat festgestellt, daß sich 1 l Wasser von 100 °C beim Sieden in 1700 l Dampf umwandelt. Bringen wir Wasser in einem Becherglas zum Sieden und legen wir eine kleine runde Glasscheibe darauf, so können wir beobachten, wie der Dampf die Scheibe anhebt. Wir hören das Klappern der Scheibe. Siedet Wasser in geschlossenen Gefäßen, so kann der entstehende Dampf diese sogar sprengen, wenn er keinen Ausweg hat.

Siedet das Wasser bei unserem Versuch im Kolben, so bleibt der Dampfraum oberhalb des siedenden Wassers ganz klar und durchsichtig. Wir merken uns:

Wasserdampf ist unsichtbar.

Das, was wir meist als Dampfwolke bezeichnen, ist kein Wasserdampf mehr, sondern das sind kleine Wassertröpfchen (vgl. den nächsen Abschnitt!).

2. Das Kondensieren. Wir halten einen trockenen Deckel in einer Entfernung von einigen Zentimetern über siedendes Wasser. Der Deckel wird naß, er *beschlägt.* Durch den kalten Deckel wird dem Wasserdampf Wärme entzogen. Der Dampf wird wieder zu Wasser, das in kleinen Tröpfchen am Deckel sichtbar wird. Bei dem im 1. Abschnitt beschriebenen Versuch konnten wir etwas ähnliches beobachten. Als wir den Kolben mit der Gasflamme erwärmten, beschlug er. Beim Verbrennen des Leuchtgases entsteht nämlich Wasserdampf, der an der kalten Außenwand des Kolbens kondensierte. Wir sagen: Der Wasserdampf *verdichtet* sich zu Wasser, er *kondensiert.*

Die Luft enthält immer Wasserdampf. Kühlt sie sich ab, so kondensiert der Wasserdampf. Es bilden sich *Nebel* und *Wolken.* Der Nebel ist kein Wasser-

dampf mehr; er besteht aus fein verteilten Wassertröpfchen, die in der Luft schweben. Sie sind so klein, daß sie nicht wie andere Körper zu Boden sinken.

Was für Wasser gilt, läßt sich auch bei anderen Flüssigkeiten feststellen. Wir können daher zusammenfassen:

Beim Verdampfen geht eine Flüssigkeit in den gasförmigen Zustand über. Beim Kondensieren wird ein gasförmiger Körper wieder flüssig.

3. Siedepunkte einiger Stoffe. Wir gießen ein wenig Alkohol in ein Reagenzglas und halten es in siedendes Wasser. Der Alkohol beginnt bald zu sieden. Tauchen wir ein Thermometer ein, so zeigt es eine Temperatur von etwa 78 °C. Auch andere Flüssigkeiten sieden bei ganz bestimmten Temperaturen.

Jede Flüssigkeit hat einen bestimmten Siedepunkt.

Die einzelnen Stoffe haben sehr verschiedene Siedepunkte. Die beigefügte Tabelle gibt sie für einige Stoffe an.

Siedepunkte einiger Stoffe in °C

Gold	+2950	Quecksilber	+357	Wasser (rein)	+100
Eisen	+2880	Leinöl	+316	Benzin	+ 95
Blei	+1750	Terpentinöl	+160	Alkohol	+ 78
Schwefel	+ 444	Meerwasser	+104	Äther	+ 35

4. Die Verdampfungswärme. Wir bringen in einem Becherglas etwas Wasser zum Sieden und beobachten an einem Thermometer die Temperatur des Wassers. Dabei stellen wir fest, daß sie trotz ständiger Wärmezufuhr während des Siedens nicht weiter ansteigt, auch wenn ein beträchtlicher Teil des Wassers verdampft. Die nach dem Beginn des Siedens zugeführte Wärmemenge dient nur dazu, das Wasser in Dampf zu verwandeln. Sie heißt deshalb **Verdampfungswärme.**

Beim Sieden nimmt die Flüssigkeit eine bestimmte Wärmemenge auf, die nur dazu dient, das Wasser in Dampf umzuwandeln.

Der Wärmeverbrauch ist beim Sieden außerordentlich groß. So braucht 1 l Wasser zum Verdampfen fast siebenmal soviel Wärme wie zum Schmelzen.

Beim Garkochen von Speisen kommt es darauf an, die Speisen eine Zeitlang auf der Temperatur von 100 °C zu halten. Wir stellen deshalb, sobald die Flüssigkeit im Kochtopf zu sieden beginnt, den Gashahn auf „Klein". Die Flüssigkeit der Speise soll nicht unnötigerweise verdampfen. Wir können auf diese Weise viel Gas sparen. Ähnlich verfährt man auch beim elektrischen Kochen.

Wir erweitern das Diagramm, das wir in § 15, 2 für das Schmelzen kennengelernt haben, noch für das Sieden. Dabei setzen wir voraus, daß dem Wasser in gleichen Zeiten immer wieder die gleiche Wärmemenge zugeführt wird. Auf der Temperaturachse werden jetzt 20 grd durch 1 cm dargestellt (Abb. 89/1).

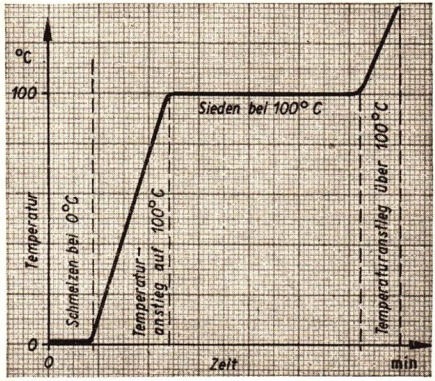


Abb. 89/1. Temperatur-Zeit-Diagramm für den Übergang von Eis in Wasser und von Wasser in Dampf (stark vereinfacht)

5. Fragen und Aufgaben:

1. Was geht im Wasser vor sich, wenn man es von Zimmertemperatur bis zum Sieden erhitzt?
2. Was versteht man unter dem Sieden einer Flüssigkeit?
3. Wie verändert sich a) Eis, wenn man ihm ständig Wärme zuführt, b) Dampf, wenn man ihm ständig Wärme entzieht? c) Welche Zustandsformen nehmen das Eis bzw. der Dampf nacheinander an?
4. Erkläre das in Abb. 89/1 dargestellte Diagramm!
5. Wie kommt es, daß die Fensterscheiben eines bewohnten Zimmers, aber auch die eines Eisenbahn- oder Straßenbahnwagens, im Winter leicht beschlagen?
6. Warum ist die Feststellung, daß eine Lokomotive „Dampfwolken" ausstößt, nicht richtig?
7. Warum ist es vorteilhaft, Kochtöpfe beim Kochen mit einem Deckel zuzudecken?
8. Warum wärmt man Speisen, die leicht anbrennen, in einem zweiten Topf mit Wasser („Kochen im Wasserbad")?

§ 18. Das Verdunsten einer Flüssigkeit

1. Das Verdunsten. Nach einem Regen ist von den Pfützen auf den Wegen bald nichts mehr zu sehen. Die Wege werden besonders schnell trocken, wenn nach dem Regen die Sonne wieder scheint oder wenn ein Wind weht. Auch nasser Asphalt, auf dem das Wasser nicht in den Boden einsickern kann, trocknet schnell wieder. Wo bleibt das Wasser?

Das Wasser kann nicht verschwinden; denn in der Natur verschwindet überhaupt nichts. Das Wasser verwandelt sich in Dampf. Wir sagen: *Das Wasser verdunstet.* Den Wasserdampf können wir in der Luft nicht sehen. Erst wenn der Dampf sich abkühlt, schlägt er sich in Form von Wassertröpfchen nieder.

Wir führen folgenden Versuch durch: Ein Stück Löschpapier befeuchten wir mit warmem Wasser und legen es auf einen Teller. Darüber stülpen wir ein Becherglas und stellen den Teller mit dem Becherglas einige Zeit in die Sonne. Wir können bald erkennen, daß das Papier trocken geworden ist. Stellen wir nun beides in einen kühlen Raum, so bedecken sich die Wände des Becherglases mit kleinen Wassertröpfchen. Etwas Ähnliches stellen wir auch im Winter an den kalten Fensterscheiben fest, wenn wir gegen eine Fensterscheibe hauchen. Der ausgeatmete Wasserdampf schlägt sich an der kühlen Scheibe nieder; nach einiger Zeit verdunstet die Feuchtigkeit wieder.

Während beim Sieden der Dampf bei 100 °C überall im Wasser entsteht, erfolgt das *Verdunsten bei jeder Temperatur unterhalb des Siedepunktes und nur an der Oberfläche.* Was für Wasser gilt, kann man bei allen Flüssigkeiten feststellen.

Verdampft eine Flüssigkeit nur an ihrer Oberfläche, so bezeichnet man den Vorgang als Verdunsten.

Eine Flüssigkeit verdunstet bei jeder Temperatur unterhalb ihres Siedepunktes.

Wir gießen etwas Äther auf eine flache Schale, ein Uhrglas, und beobachten, daß die Flüssigkeit rasch abnimmt; sie verdunstet. Nach einiger Zeit riechen wir den Ätherdampf im ganzen Zimmer. Der Äther verdunstet rascher als Wasser; denn der Siedepunkt des Äthers (+35 °C) liegt nicht so hoch über der Zimmertemperatur wie der Siedepunkt des Wassers.

Die Flüssigkeiten verdunsten verschieden schnell.

Beim Arbeiten mit Äther muß man sehr vorsichtig sein. Es darf sich keine offene Flamme im Zimmer befinden.

2. Einflüsse, die das Verdunsten begünstigen. Im Garten oder auf dem Hof wird Wäsche zum Trocknen aufgehängt. Die Wäsche besteht aus gewebten Stoffen, die beim Waschen viel Wasser aufnehmen. Beim Trocknen der Wäsche verdunstet das Wasser. Wir wissen aus Erfahrung, daß die Wäsche unter folgenden Umständen rasch trocknet:

1. bei *trockener Luft,* weil diese die Feuchtigkeit leichter aufnimmt als feuchte Luft,
2. bei *Sonnenbestrahlung,* weil dadurch die Temperatur erhöht wird,
3. beim *Auseinanderfalten der Wäsche,* weil dadurch die Oberfläche vergrößert wird,
4. bei *Wind,* weil dadurch der entstehende Wasserdampf schneller fortgeführt wird.

Wasser verdunstet um so schneller, je trockener die Luft, je höher seine Temperatur, je größer seine Oberfläche ist und je schneller der entstehende Dampf fortgeführt wird. Dasselbe gilt für andere Flüssigkeiten.

3. Der Wärmeverbrauch beim Verdunsten. Aus den folgenden Versuchen und aus unseren Erfahrungen können wir schließen, daß auch zum Verdunsten Wärme gebraucht wird:

1. Lassen wir auf der Hand etwas Spiritus oder etwas Äther verdunsten, so haben wir ein Kältegefühl. Dieses wird noch stärker, wenn wir gegen die Flüssigkeit blasen und diese dadurch schneller verdunstet.
2. Verlassen wir das Wasser nach dem Bade, so fröstelt es uns leicht, besonders nach dem Baden im Freien bei windigem Wetter.
3. Wir hängen nebeneinander zwei Thermometer frei auf. Den einen Quecksilberbehälter umwickeln wir mit einem dünnen, angefeuchteten Lappen. Nach kurzer Zeit zeigt dieses Thermometer eine etwas tiefere Temperatur an als das andere. Die Thermometer der Wetterbeobachtungsstellen werden deshalb in kleinen Holzhäuschen so aufgehängt, daß sie nur der Luft, nicht aber dem Regen ausgesetzt sind (Abb. **91**/1). Außerdem werden sie dadurch vor direkter Sonnenbestrahlung geschützt.

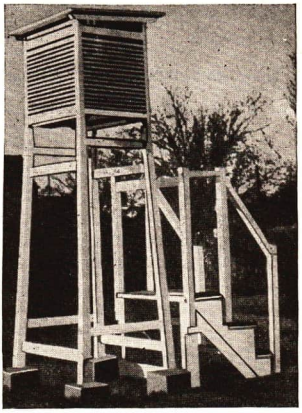


Abb. **91**/1. Wetterhäuschen in einer Wetterbeobachtungsstelle

Zum Verdunsten wird Wärme verbraucht. Sie wird der verdunstenden Flüssigkeit entzogen. Dadurch kühlt sich auch die Umgebung ab.

Man bezeichnet die beim Verdunsten verbrauchte Wärme als **Verdunstungswärme.**

Schnell verdunstende Flüssigkeiten, beispielsweise Äther, können ihre Umgebung sehr stark abkühlen. Die Abkühlung kann sogar bis unter den Gefrierpunkt des Wassers führen. Um dies zu zeigen, stecken wir zwei kurze Reagenzgläser ineinander. In das äußere Glas gießen wir etwas Wasser und in das innere Glas Äther (Abb. **91**/2). Den Äther bringen wir mit Hilfe eines Blasebalgs schnell zum Verdunsten. Bald darauf gefriert das Wasser in dem engen Zwischenraum zwischen den Gläsern.

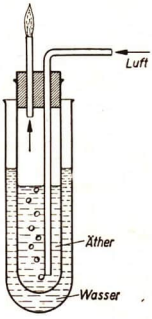


Abb. **91**/2. Schnell verdunstender Äther kühlt das Wasser im Mantelgefäß bis zur Eisbildung ab. Der entweichende Ätherdampf wird entzündet.

Bei den *Eismaschinen* und *Kühlschränken* benutzt man die Verdunstungswärme von Flüssigkeiten zur Herstellung von Eis und zum Kühlhalten von Lebensmitteln.

4. Zusammenfassung der Ergebnisse des § 17 und des § 18.

1. Der Übergang vom flüssigen in den gasförmigen Zustand heißt Verdampfen. Wird aus dem Dampf wieder eine Flüssigkeit, so bezeichnet man den Vorgang als Kondensieren oder Verdichten.
2. Verdampft eine Flüssigkeit nicht nur an der Oberfläche, sondern auch im Innern, so siedet sie. Jede Flüssigkeit siedet bei einer bestimmten Temperatur, dem Siedepunkt.
3. Verdampft eine Flüssigkeit nur an der Oberfläche, so verdunstet sie. Eine Flüssigkeit verdunstet bei jeder Temperatur unterhalb ihres Siedepunktes.
4. Beim Sieden und beim Verdunsten nimmt die Flüssigkeit eine bestimmte Wärmemenge auf. Diese heißt Verdampfungs- bzw. Verdunstungswärme und dient nur zur Dampfbildung.
5. Entzieht man dem Dampf die aufgenommene Wärme wieder, so kondensiert er.

5. Versuche und Fragen:

1. Gieße auf ein Stück Löschpapier und in ein Reagenzglas je ein Milliliter Wasser! Lege bzw. stelle beides in die Sonne und beobachte die Verdunstung! In welchem Falle verdunstet das Wasser schneller?
2. Laß aus einer mit Wasser gefüllten Tropfflasche auf zwei Untertassen die gleiche Anzahl von Tropfen fallen! Stelle die eine auf den warmen Ofen bzw. in die Wärmeröhre, die andere auf den Tisch und beobachte die Verdunstung! Welchen Unterschied kannst du feststellen?
3. Befeuchte drei gleich große Stücke Löschpapier von der Größe 4 cm × 4 cm mit Wasser und lege sie auf drei Untertassen! Die eine bedecke mit einem umgestülpten Trinkglas, die zweite laß offen stehen, über die dritte blase einen kräftigen Luftstrom! Auf welcher Tasse verdunstet das Wasser am schnellsten, auf welcher am langsamsten?
4. Warum bewahrt man Brot in geschlossenen Behältern auf?
5. Warum breitet man das gemähte Gras bei der Heuernte tagsüber aus und wendet es mehrmals am Tage? Warum wird es nachts oder bei aufkommendem Regen gehäufelt?
6. Bei welchem Wetter trocknet die Wäsche besonders schnell? Warum werden die Fenster des Wäschebodens beim Trocknen der Wäsche geöffnet?
7. Warum hängt man Wäschestücke, die man schnell trocknen will, in die Nähe des warmen Ofens?
8. Wodurch unterscheiden sich die Begriffe Verdampfen, Sieden und Verdunsten?
9. Wie kommt es, daß wir in Neubauten meist eine auffallende Kühle verspüren?

§ 19. Einiges über das Wetter

1. Die Entstehung der Wolken. Viele Menschen sind bei ihrer Berufsarbeit vom Wetter abhängig und müssen ihre Arbeit nach dem Wetter einteilen. Das gilt besonders für Bauern und Gärtner, für Maurer und Zimmerleute und viele andere Menschen, die im Freien arbeiten müssen. Sie alle interessieren sich für das Wetter und stellen oft die Frage: „Wie wird das Wetter?" Auch wir haben schon im Rundfunk Wetterberichte und Wettervorhersagen gehört oder in der Zeitung gelesen. In den Wettervorhersagen wird angegeben, ob es regnen oder schneien wird, welche Temperaturen zu erwarten sind, ob der Himmel klar oder mit Wolken bedeckt sein wird usw.

Wir werden uns daher mit der Entstehung der *Wolken* beschäftigen: Auf dem freien Meer, zum Beispiel auf dem Atlantischen Ozean, kommt es in südlicheren Breiten infolge der Sonnenstrahlung zu einer starken Verdunstung des Wassers. Es entsteht infolgedessen sehr viel Wasserdampf. Er steigt in die Höhe und wird von den Winden, vorwiegend von Südwestwinden, mitgenommen. Der Wasserdampf kommt dadurch in nördlichere Breiten und somit in kühlere Luftbereiche. Hierbei kühlt er sich ab und kondensiert zu kleinen Tröpfchen, die so klein sind, daß sie in der Luft schweben. Diese Tröpfchen bilden die Wolken. Bei Temperaturen unter 0 °C erstarren die Tröpfchen zu kleinen Eiskristallen, die aber ebenfalls in der Schwebe bleiben.

Die Wolken bestehen aus kleinen Wassertröpfchen oder aus kleinen Eiskristallen.

Die Wolken werden von den vorherrschenden Westwinden über weite Strecken ostwärts getragen und gelangen so schließlich über das europäische Festland. Wolken können sich aber auch über dem Festland bilden. Doch soll hierauf nicht näher eingegangen werden. Die Wolken ändern je nach der Temperatur der Luftschichten vielfach ihre Gestalt. Geraten sie in tieferliegende, wärmere Luftschichten, so lösen sie sich in Wasserdampf auf. Dieser steigt empor und verdichtet sich von neuem in oberen kälteren Luftschichten. So entstehen die verschiedensten *Wolkenformen*.

2. Die wichtigsten Wolkenformen. Als besonders charakteristisch merken wir uns folgende Wolkenformen:

1. *Schichtwolken* (Abb. 93/1) bilden eine gleichmäßig graue Wolkendecke in einer Höhe von 500 m bis 1000 m. Etwas dichter zusammengeballt sind die eigentlichen *Regenwolken*. Das sind dichte formlose Wolken mit verwaschener und zerfaserter unterer Grenzfläche, die oft in Fetzen bis zum Erdboden herabreicht.

Abb. 93/1. Schichtwolken, von der untergehenden Sonne beschienen

2. *Haufenwolken* (Abb. 94/1) sind aufquellende Wolkenmassen, häufig mit kugelförmiger, blumenkohlähnlicher oberer Begrenzung. Die untere Grenzfläche ist verhältnismäßig glatt und von einheitlicher Form; sie liegt in einer Höhe von etwa 1000 m. *Gewitterwolken* (Abb. 94/2) sind ebenfalls hochaufgetürmte Haufenwolken, deren obere Grenzfläche meist einen amboßähnlichen Wolkenschirm zeigt.

Abb. 94/1
Haufenwolken (Schönwetterwolken)

3. *Schäfchenwolken* (Abb. 94/3) sind kleine weiße, flockenartige Wolkenbällchen. Sie gehören zu den mittelhohen Wolken. Ihre untere Grenzfläche liegt bei 3000 m bis 4000 m. Neben den flockenartigen Wolkenformen treten auch schichtartige Formen auf. Beobachten wir an der oberen Begrenzung dieser Wolken in den Morgenstunden kleine turmartige Auswüchse, so sind in den Nachmittagsstunden mit ziemlicher Sicherheit Niederschläge zu erwarten.

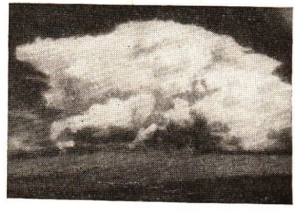


Abb. 94/2. Gewitterwolken

4. *Federwolken* (Abb. 94/4) sind hohe Wolken oberhalb von 8000 m. Sie bestehen aus Eiskristallen. Ihre faserigen hakenförmigen Gebilde und silbrig glänzenden Wolkenschleier zeigen oft eine beginnende Eintrübung an.

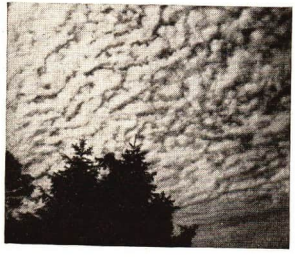


Abb. 94/3. Schäfchenwolken

Abb. 94/4. Federwolken (Zirrus)

3. Niederschläge. Unter bestimmten Umständen kommt es zu Niederschlägen. Dies tritt insbesondere dann ein, wenn die Luft bereits einen hohen Feuchtigkeitsgehalt hat.

Wir alle kennen diesen Zustand von der Waschküche her. Dort verdampft das warme Wasser in den Waschgefäßen und in dem Waschkessel in solchen Mengen, daß der Raum oft dicht mit Dampf erfüllt ist. Dieser hat sich meist zu Nebel verdichtet und schwebt in dichten Schwaden unter der Decke. Jede weitere Erzeugung von Dampf führt zu erneuter Nebelbildung. Der Raum ist mit Wasserdampf gesättigt.

Bei zunehmender Luftfeuchtigkeit kondensiert immer mehr Dampf an den Wassertröpfchen bzw. Eiskristallen der Wolken. Die Tröpfchen und die Eiskristalle werden dadurch schließlich so groß, daß sie sich nicht mehr schwebend halten können. Sie fallen je nach den Temperaturen der unteren Luftschichten als *Regen* oder *Schnee* zur Erde nieder. Es kommt zu *Niederschlägen*. Befindet sich unter einer Regenwolke eine Luftschicht, die erheblich kälter ist als 0 °C, so erstarren die Tropfen beim Durchfallen dieser kalten Luftschicht und gelangen als *Hagel* zur Erde.

Zu den Niederschlägen gehören auch *Nebel*, *Tau* und *Reif*, obwohl sie von den Menschen nicht als Niederschläge empfunden werden. Nebel ist eine tiefliegende Wolke; er besteht ebenso wie die Wolken aus kleinen Wassertröpfchen. Kühlt sich, besonders in den frühen Morgenstunden, die bodennahe Luftschicht ab, so ist die Luft dadurch oft mit Wasserdampf gesättigt. Der Wasserdampf verdichtet sich an den Grashalmen und Blättern; es entsteht Tau. Er scheidet sich bei Temperaturen unter 0 °C als Reif ab.

Niederschläge können sich als Regen, Schnee, Hagel, Nebel, Tau oder Reif bilden.

4. Der Kreislauf des Wassers. Wie wir bereits erfuhren, bilden sich die Wolken meist über dem Meer. Von dort werden sie von den Winden zum Festland getragen. Das Wasser fällt als Regen wieder auf die Erde. Es sammelt sich in Bächen, Flüssen und Strömen und gelangt wieder dorthin, woher es gekommen ist, zum Meer. Das Wasser beschreibt einen Kreislauf (Abb. 95/1). Die treibende

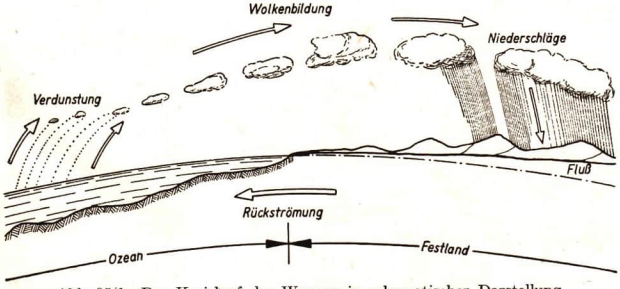


Abb. 95/1. Der Kreislauf des Wassers in schematischer Darstellung

Kraft dieses *Kreislaufs* ist die Sonne. Durch die Niederschläge werden die Wasservorräte, die die Bäche und Flüsse speisen, immer wieder von neuem ergänzt. Wenn das zu Tal strömende Wasser durch seine Geschwindigkeit und sein Gewicht Turbinen antreibt, so ist letzten Endes die Sonnenwärme hierfür die Ursache.

5. Die Winde. Einen wesentlichen Einfluß auf die Gestaltung des Wetters haben die *Winde*. Sie entstehen ebenfalls durch die Einwirkung der Sonne. Die Sonnenstrahlen erwärmen nämlich die Luft, besonders in den unteren Schichten, verschieden stark. Die Erdoberfläche wird in den warmen Zonen beiderseits des Äquators stärker erwärmt als in den kühleren Zonen der mittleren Breiten oder in der Nähe der Pole. Aber auch innerhalb der einzelnen Zonen selbst treten Unterschiede auf. So erwärmt sich die Luft über dem Festland im allgemeinen stärker als über dem Meere. Von Einfluß ist dabei auch die Beschaffenheit des Bodens und seine Bedeckung mit Feldern oder mit Wäldern. Im allgemeinen kommt es über flachen, ausgedehnten Feldern oder über sandigem Boden zu einer stärkeren Erwärmung als über bergigem, bewaldetem Gelände.

Dort, wo sich die Luft stark erwärmt, dehnt sie sich aus. Sie wird dadurch leichter als kältere Luft von gleichem Rauminhalt und steigt infolgedessen empor; in großen Höhen fließt sie seitlich ab. Die Strömung wird aufrechterhalten, weil von unten her ständig Luft nachfließt. Die Luft gerät in immer stärkere Bewegung. Es entstehen *Winde*. Auch der *Aufwind*, den die Segelflieger ausnutzen, ist darauf zurückzuführen. Wir erinnern uns an die Luftströmung in einem geheizten Zimmer (vgl. § 14, 6).

6. Der Luftdruck. Winde, die sich über große Gebiete erstrecken, entstehen als Folge des unterschiedlichen Luftdruckes. Die Luft lastet auf der Erde, sie übt auf die Erdoberfläche einen Druck, den *Luftdruck*, aus. Dieser ist aber nicht überall auf der Erde gleich. Infolge der unterschiedlichen Erwärmung und Abkühlung von Land- und Meergebieten treten starke Luftdruckschwankungen auf; der Luftdruck ändert sich fortwährend, von Tag zu Tag. Zum Messen des Luftdruckes dient das *Barometer** (Abb. 96/1). Der Wind weht von Gebieten höheren Luftdruckes zu Gebieten tieferen Luftdruckes.

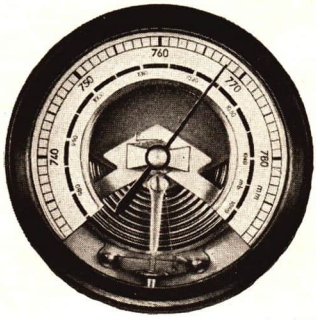


Abb. 96/1. Dosenbarometer. Es enthält als druckempfindlichen Teil eine luftverdünnte Dose aus dünnem Wellblech.

7. Fragen und Aufgaben:

1. Stelle durch regelmäßige Temperaturmessungen fest,
   a) wie viele Frosttage (tiefste Temperatur unter 0 °C),
   b) wie viele Eistage (höchste Temperatur unter 0 °C),
   c) wie viele Sommertage (Temperaturen über 25 °C),
   d) wie viele heiße Tage (mit Temperaturen über 30 °C)
   im Laufe eines Winters bzw. Sommers auftreten!
2. Bei windstillem, sonnigem Wetter entsteht an der Meeresküste vormittags eine Luftströmung vom Meere zum Land, der Seewind, abends dagegen die umgekehrte Luftströmung, der Landwind. Erkläre die Entstehung dieser Winde durch die unterschiedliche Erwärmung des Festlandes und des Wassers!
3. Lies eine Woche oder einen Monat lang täglich um 7 Uhr, 14 Uhr und 21 Uhr den Luftdruck ab und trage die abgelesenen Werte in ein Beobachtungsheft ein! Berechne daraus für jeden Tag den mittleren Luftdruck, das Tagesmittel!
4. Beschreibe den Kreislauf des Wassers?
5. Inwiefern verursacht die Sonne die Winde?
6. Wie entstehen Wolken? Welche Wolkenformen kennst du?
7. Wie kommt es, daß warme Luft leichter ist als kältere von gleichem Rauminhalt?

Namen- und Sachverzeichnis

Aggregatzustände 44 u. f.
Anomalie des Wassers 65
Ausdehnung beim Erwärmen 60 u. ff.

Badethermometer 49 u. f.
Barometer 96
Bimetallstreifen 64
Bolzensprenger 63
Brandverhütung 75 u. f.
Braunkohle 58 u. f.
Brennstoffe 53
Bruchgramme 21 u. f.

Celsius 49

Dehnungsausgleicher 62
Dosenlibelle 35

Einkochthermometer 50
Elastizität 23
Elektrischer Kochherd 58
Elektrische Kochplatte 58
Erstarren 77 u. ff.
Erstarrungspunkt 78 u. f.
Erstarrungswärme 80

Fahrenheit 47
Fahrradpumpe 42
Federn 23 u. f.
Federwolken 94
Fehler, persönliche 14 u. f.
—, objektive 15
Fensterthermometer 49
Festpunkte 48
Fieberthermometer 50
Fixpunkte 48
Flußschleuse 38 u. ff.
Formgebung, spanabhebende 26
—, spanlose 26 u. ff.
Formpresse 27

Gasbrenner 56 u. f.
Gasherd 56 u. f.
Gaskocher 56 u. f.
Gasmeßglocke, Müllersche 10
Gefrierpunkt 48, 77 u. ff.
Geruchverschluß 33
Gesenkschmiede 28
Gewitterwolke 94
Gießen 83 u. ff.
Gießkübel 83 u. ff.
Glaswolle 73
Gliedermaßstab 13
Grundwasserbereitung, künstliche 36 u. f.

Haufenwolken 94
Heronsball 41

Innentaster 18

Kachelofen 54 u. f.
Kältemischung 65, 81
Kanalwaage 34
Kieselgur 74
Kohlenherd 55 u. f.
Kokille 83
Kokillenguß 83
Kondensieren 87 u. f.
Körper, elastische 23
—, feste 5 u. ff., 44
—, flüssige 44 u. f.
—, gasförmige 44 u. f.
—, unelastische 24 u. f.

Längeneinheiten 12
Längenmessung 12 u. ff.
Legierung 78 u. f.
Lösungswärme 81
Luftdruck 96
Luftschlauch 42 u. f.

Maßeinheit 13 u. f.
Maßstab 13
Maßzahl 13 u. f.
Maurerwaage 34 u. f.
Meßband 13
Meßfehler 14 u. ff.
Meßgenauigkeit 15 u. f.
Meßzylinder 9 u. ff.

Niederschläge 95
Niet 27
Nonius 17 u. f.

Plaste 27 u. f.
Präzisionswaage 21

Raum 8
Raumeinheiten 8 u. f.
Rauminhalt 8 u. ff., 11 u. f.
Raummessung 8 u. ff.
Ringwasserleitung 38
Röhrenlibelle 34

Sandguß 83
Schäfchenwolken 94
Schalenwaage 20 u. f.
Schichtwolken 93
Schieblehre 16 u. ff.
Schlauchventil 42 u. f.
Schleuse 38 u. ff.
Schmelzen 77 u. f.
Schmelzpunkt 48 u. f., 77 u. ff.
Schmelzwärme 79 u. f.
Schmieden 28
Schneiderbandmaß 13
Schornstein 71
Sickerteiche 36
Sieden 86 u. ff.
Siedepunkt 48 u. f., 88
Skala 9, 48

Spaltenfrost 82
Spannkraft 41
Stoff 19 u. f.
—, plastischer 25 u. f.
Stoffmenge 20 u. ff.

Tafelwaage 20 u. f.
Technisches Thermometer 50 u. f.
Temperatur 47 u. ff., 51
Thermometer 47 u. ff., 51
Thermosflasche 74 u. f.
Tiefbrunnen 36

Ventil 42 u. f.
Verbundene Gefäße 31 u. ff.
Verdampfen 87 u. f.
Verdampfungswärme 88
Verdrängung, gegenseitige, der Körper 5 u. ff., 8
Verdunsten 89 u. ff.
Verdunstungswärme 91

Waage 20 u. ff.
Wägesatz 21
Wägestück 21 u. f.
Walzen 28
Wärmeempfindung 46 u. f.
Wärmeleitung 68 u. f.
Wärmequellen 53
Wärmestrahlung 71 u. f.
Wärmeströmung 69 u. ff.
Warmwasserheizung 73
Wasserleitung 36 u. ff.
Wasserstandsglas 32 u. f.
Wasserturm 37
Wasserwaage 34
Wind 96
Wolken 93 u. f.

Zentralheizung 73

Fremd- und Fachworterklärung

Die Zahlen in eckigen Klammern geben die Seite an, auf der das Stichwort zum erstenmal im Buch auftritt.

Aggregatzustand [44]

soviel wie Anhäufungszustand, abgeleitet von dem lateinischen Wort aggregáre (anhäufen).

Anomalie [65]

Aus dem Griechischen, bedeutet Regelwidrigkeit.

Barometer [96]

von dem griechischen Wort barys (schwer), ein Gerät zum Messen des atmosphärischen Luftdruckes.

Bimetall [64]

enthält das lateinische Wort bis (zwei); bedeutet Doppelmetall.

Celsius [49]

Anders C. (1701 bis 1744), ein schwedischer Naturforscher, Professor in Upsala, wählte den Gefrierpunkt und den Siedepunkt des Wassers zu thermometrischen Fixpunkten. Er führte in Anschluß daran die hundertteilige Thermometerskala ein.

Fahrenheit [47]

Gabriel Daniel F. (1686 bis 1736), ein holländischer Glasbläser, lebte in Danzig, dem heutigen Gdansk. Er schuf durch Weiterentwicklung vorhandener Geräte die ersten Thermometer.

Formsand [83]

ein ausgewählter Sand, der durch Zusätze besonders bindefähig und feuerfest ist.

Heronsball [41]

so benannt nach seinem Erfinder, dem griechischen Naturforscher Heron von Alexandrien (um 100 v. u. Z.).

Legierung [78]

ein Mischmetall, das durch Zusammenschmelzen mehrerer Einzelmetalle entsteht.

Nonius [17]

benannt nach dem portugiesischen Mathematiker Petro Nuñez (Petrus Nonius, 1492 bis 1577), erfunden 1631 von dem französischen Mathematiker Pierre Vernier.

objektiv [15]

ein Wort aus dem Lateinischen, bedeutet „eine Sache oder einen Gegenstand betreffend".

Röhrenlibelle [34]

von dem lateinischen Wort libella (kleine Waage).

Skala [9]

aus dem Lateinischen, soviel wie Stufenleiter, die Maßeinteilung bei Meßgeräten.

Ventil [42]

vom lateinischen Wort ventus (der Wind), eine Sperrvorrichtung für Flüssigkeiten und Gase in einer Richtung.