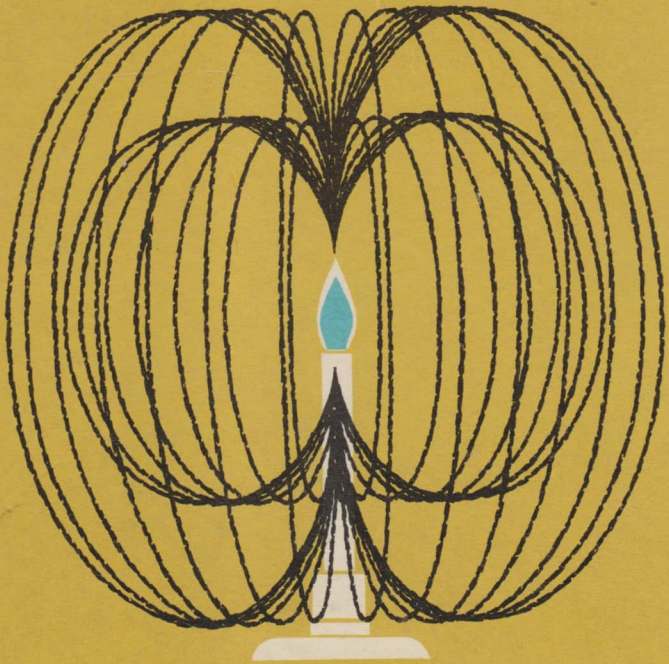


PHYSIK 6

Landfahrzeuge

um 1800
Postkutsche

6 $\frac{km}{h}$

1885
Motorwagen
von Benz

15 $\frac{km}{h}$

1924
Personenwagen
„Brennabor"

60 $\frac{km}{h}$

1966
Personenwagen
„Wartburg"

130 $\frac{km}{h}$

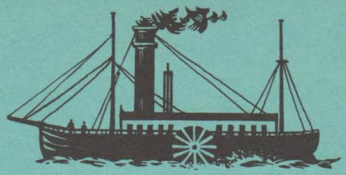
1966
Omnibus mit
Gasturbinenantrieb

200 $\frac{km}{h}$

Wasserfahrzeuge

1807
Raddampfer
„Clermont"

7 $\frac{km}{h}$

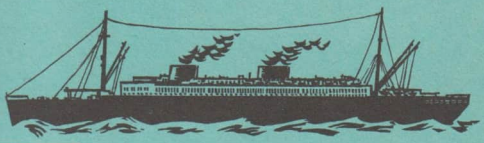


1881
Schnelldampfer
„Elbe"

30 $\frac{km}{h}$

1929
Schnelldampfer
„Bremen"

52 $\frac{km}{h}$



1960
Tragflügelboot
„Meteor"

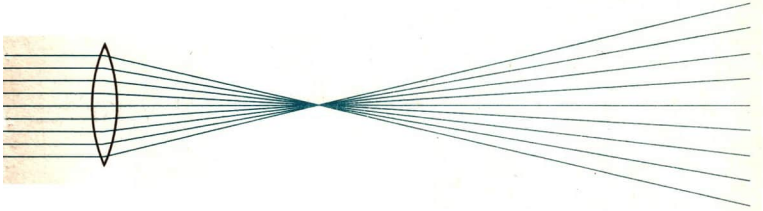
80 $\frac{km}{h}$

1964
Luftkissenfahrzeug

110 $\frac{km}{h}$

PHYSIK

Lehrbuch für Klasse 6



Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin

1969

Verfaßt von
Rolf Grabow (Körper und Stoff, Seite 5 bis 46, 118 bis 127)
Wolfgang Scholz (Körper und Stoff, Seite 47 bis 75, 127 bis 133)
Dr. Hans Voigt (Körper und Stoff, Seite 76 bis 88, 133 bis 134)
Gerhard Hamann (Inhalt der Physik, Seite 83 bis 84 und 134)
Willi Wörstenfeld (Optik, Seite 89 bis 116, 135 bis 139)
Walter Wedekind (Schülerexperimente M1 bis M6, Seite 140 bis 147)
Eberhard Hübner (Schülerexperimente W1 bis W4, Seite 147 bis 153)
Werner Pitschke (Schülerexperimente O1 bis O4, Seite 153 bis 159)
in Zusammenarbeit mit der Redaktion Physik des Verlages
Redaktion: Werner Golm, Willi Wörstenfeld

Vom Ministerium für Volksbildung der Deutschen Demokratischen Republik als Schulbuch bestätigt

3. Auflage · Ausgabe 1967
Lizenz-Nr. 203 · 1000/68 (DN) · ES 11 H
Ausstattung: Manfred Behrendt
Illustrationen: Harri Förster
Technische Illustrationen: Heinrich Linkwitz
Gesamtherstellung: Grafischer Großbetrieb Völkerfreundschaft Dresden (III/9/1)
Gesetzt aus der Gill-Grotesk
Redaktionsschluß: 1. 7. 1968
Bestell-Nr. 02 06 05-3 · Preis: 2,20

Inhalt

Einführung 5

Körper und Stoff 9

Von den Körpern 10
Die Bewegung fester Körper 19
Die Kraft 27
Die Masse eines Körpers 34
Die Dichte eines Stoffes 37
Der Aufbau der Stoffe 40
Die Ausdehnung der Körper beim Erwärmen 47
Die Temperatur 54
Zustandsänderungen der Körper 59
Die Ausbreitung der Wärme 67
Vom Atom 76
Über Inhalt und Arbeitsverfahren der Physik 83

Aus der Optik 89

Die Ausbreitung des Lichtes 90
Die Reflexion des Lichtes 95
Die Brechung des Lichtes 103
Optische Geräte 111

Aufgaben 117

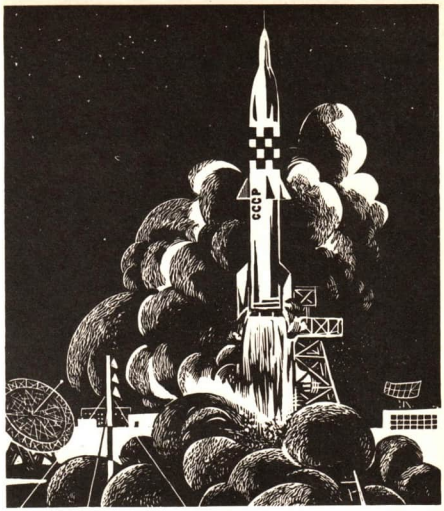
Fragen, Aufträge, Versuche 118
Schülerexperimente 140

Register 160

Im Lehrbuch verwendete Symbole

- ▼ Versuch
- ▷ Merksätze
- ▶ besonders wichtige Merksätze
- ■ Beispiele
- ● Aufgaben
- ↗ siehe
- * Aufgaben mit erhöhtem Schwierigkeitsgrad

Bei den Bildnummern bedeutet die erste Zahl die Seite. Die zweite Zahl gibt an, das wievielte Bild von oben gemeint ist.



„Drei–zwei–eins–null!" – Start! Fauchend und zischend schlagen grelle Flammen aus dem Triebwerk der Rakete. Langsam hebt sie sich vom Startplatz, wird immer schneller und ist bald nur noch als kleiner Punkt zu erkennen. In der Kommandozentrale beobachten die Techniker an Fernsehapparaten den Aufstieg der kühnen Kosmonauten. Nach einigen Minuten schon ertönt aus dem Lautsprecher ihre Meldung: „Wir haben die Umlaufbahn erreicht, unser Befinden ist gut." – Bald melden in allen Erdteilen die Radiostationen: Ein bemanntes Raumschiff umkreist unsere Erde.

Sicher stellst du dir beim Hören einer solchen Nachricht viele Fragen: Wie kommt es, daß die ausströmenden Gase das Raumschiff emportreiben? Ist während der Erdumkreisung ein Antrieb notwendig? Mit welcher Geschwindigkeit bewegt sich ein Raumschiff um die Erde? Wie wird das Raumschiff während seines Fluges gesteuert? Wie gelangen die Fernsehbilder von Bord des Raumschiffes auf die Erde?

Mit Hilfe der Kenntnisse, die im Physikunterricht erarbeitet werden, lassen sich diese und viele andere Fragen beantworten. Dazu mußt du fleißig lernen; das Physikbuch soll dir dabei eine Hilfe sein.

Physikalische Vorgänge

Das Wort **Physik** wurde von dem griechischen Wort „physis" hergeleitet, was soviel wie Natur bedeutet. Man kann aber trotzdem das Wort Physik nicht mit „Naturwissenschaft" übersetzen, denn es gibt heute noch andere Naturwissenschaften, z. B. die Biologie, die Chemie, die Geologie. Beobachten wir deshalb zuerst einmal einige **physikalische Vorgänge**, von denen du schon viele kennst (Bild 6/1).

Betrachte das Bild 6/1! Was stellen die einzelnen Zeichnungen dar? Wie heißt der jeweilige physikalische Vorgang? Nenne andere Beispiele für physikalische Vorgänge!

Alle physikalischen Vorgänge haben eine Ursache. Sie zu ergründen, ist eine der Hauptaufgaben der Physik. Die dazu erforderlichen Kenntnisse erlangt der Physiker nicht durch zufällige Beobachtungen. Er benutzt eine besondere

Bild 6/1 Beispiele für physikalische Vorgänge

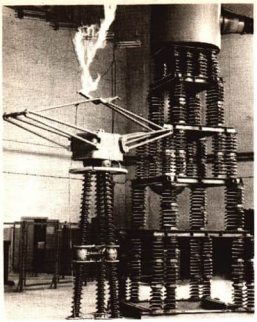


Bild 7/1 Gewitter mit Blitzen und Donner sind gewaltige Naturerscheinungen, deren Ursachen die Menschen bis vor 250 Jahren nicht kannten. Sie schrieben die Blitze deshalb dem Wirken überirdischer Wesen zu. Wir wissen heute, daß der Blitz die Begleiterscheinung eines physikalischen Vorgangs ist, der bestimmte physikalische Ursachen hat. Im Versuch können wir auch im Laboratorium Blitze erzeugen und untersuchen.

Methode: Er führt Versuche durch, indem er an seinem Arbeitsplatz den physikalischen Vorgang ablaufen läßt (Bild 7/1).

> Der Versuch, auch Experiment genannt, ist eines der wichtigsten Mittel, um die Ursachen physikalischer Vorgänge zu ergründen.

Ein einfacher physikalischer Versuch ist folgender:

Vor eine senkrecht stehende Glasplatte wird eine brennende Kerze gestellt. Blickt man von vorn gegen die Glasplatte, so scheint hinter der Glasplatte ebenfalls eine Kerze zu brennen. Dorthin stellen wir eine zweite, nicht brennende Kerze. Die Entfernung beider Kerzen von der Glasplatte ist gleich groß. Davon können wir uns durch Messungen überzeugen (Bild 7/2).

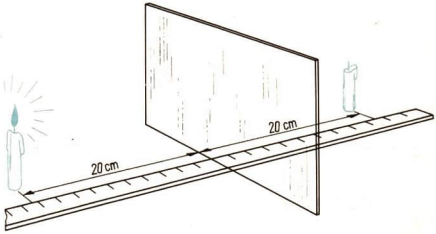


Bild 7/2 Spiegelbild einer Kerze

Im Kapitel Optik werden wir die Erklärung dieses Versuches kennenlernen.
Aus diesem Beispiel sind bereits wichtige Hinweise für die Durchführung von Versuchen zu erkennen:
Es kommt darauf an, die Erscheinung genau zu **beobachten**. Bei sehr vielen Versuchen führt man auch **Messungen** aus. Wir werden in diesem Lehrbuch noch viele Versuche behandeln.

Die Einteilung der Physik

Zum besseren Überblick ist das große Gebiet der Physik in Teilgebiete gegliedert. In der Klasse 6 werden aus folgenden Gebieten wichtige Grundlagen vermittelt: aus der Mechanik, aus der Wärmelehre und aus der Optik. Die

Mechanik ist die Lehre von den Eigenschaften und von der Bewegung der Körper (Bild 8/1). In der **Wärmelehre** werden Wärmeerscheinungen untersucht (Bild 8/2), und als **Optik** bezeichnet man die Lehre vom Licht (Bild 8/3).

● *Welche physikalischen Vorgänge können an einem Fahrrad auftreten? Welchen Teilgebieten der Physik sind diese Vorgänge zuzuordnen?*

Weitere Teilgebiete der Physik sind die Elektrizitätslehre und die Atomphysik.

Bild 8/1 Mit Hilfe der Mechanik erklärt man z. B. die Wirkungsweise der Räder, Ketten und Hebel an einem Mähdrescher

Die Bedeutung der Physik

Die Physik wird nicht nur dazu betrieben, um Naturerscheinungen und deren Ursachen zu ergründen. Das ist zwar sehr interessant und wichtig, denn dadurch erweitern sich die Kenntnisse der Menschen über die Umwelt. Die große Bedeutung der Physik besteht aber vor allem auch darin, daß sie einen bedeutenden Einfluß auf die Technik und die Produktion hat.

Mit Hilfe physikalischer Kenntnisse wurde es dem Menschen möglich, die Natur zu verändern und die Naturkräfte für die menschliche Gesellschaft nutzbar zu machen. Andererseits wird auch die Physik durch die Technik gefördert; denn von der Technik werden der Physik Apparate und Geräte zur Verfügung gestellt, die für die Weiterentwicklung der Physik wichtig sind. Diese Beziehungen zwischen Physik und Technik haben reiche Früchte getragen; denken wir nur an solche großartigen Erfindungen wie das Radio, das Fernsehen, das Kraftfahrzeug und das Flugzeug.

Die Erkenntnisse der Physik können aber auch zum Schaden der menschlichen Gesellschaft angewandt werden. Ein besonders schlimmes Beispiel dafür ist die Atombombe, deren Einsatz vielen Menschen in Hiroshima und Nagasaki das Leben kostete.

Ob die Wissenschaft und damit auch die Physik Schaden oder Nutzen bringt, das hängt aber nicht nur von dem einzelnen Wissenschaftler ab, sondern von der Gesellschaftsordnung, in der er lebt und arbeitet. Der Sieg des Sozialismus in allen Ländern wird endgültig auch dem Mißbrauch der Wissenschaft für verbrecherische Zwecke ein Ende bereiten.

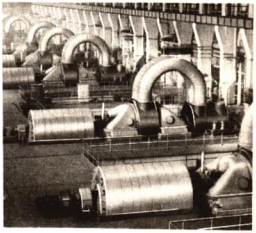
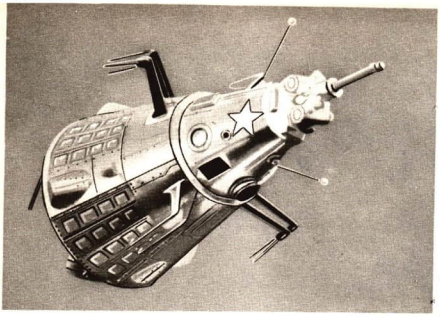


Bild 8/2 In der Wärmelehre wird z. B. untersucht, wie der Wasserdampf Turbinen antreibt

Bild 8/3 Mit Hilfe der Optik lassen sich der Aufbau und die Wirkungsweise der Fernrohre erklären

Körper und Stoff



Von den Körpern

Ein Faustkeil und ein Erdsatellit sind sehr unterschiedliche Gegenstände. Ihr Vergleich zeigt besonders eindrucksvoll, wie es die Menschheit im Laufe ihrer Entwicklung verstanden hat, sich die Natur und ihre Gesetze nutzbar zu machen. Vom Standpunkt der Physik besitzen die beiden Gegenstände aber etwas Gemeinsames: Faustkeil und Erdsatellit sind Körper.

Grundbegriffe

Ebenso wie andere Wissenschaften benutzt die Physik bestimmte **Begriffe**. Sie stimmen mit entsprechenden Ausdrücken unserer Umgangssprache dem Sinne nach nicht immer überein. Ein solcher Begriff ist der Begriff des Körpers.

In der Physik bezeichnen wir als **Körper** alle Gegenstände unserer Umwelt. Die Tafel, die Bänke, die Deckenlampen im Klassenraum sind ebenso Körper wie etwa Steine, Bäume oder andere Dinge in der Natur. Auch das Wasser im Schwimmbecken und die Luft in einem Fußball sind Körper.

Wir gebrauchen den gemeinsamen Begriff Körper für solche verschiedenen Dinge wie einen Holzwürfel, das Wasser in einem Gefäß oder die Luft in einem aufgeblasenen Luftballon, weil diese Dinge gemeinsame Eigenschaften besitzen.

Gemeinsame Eigenschaften der Körper

Die in Bild 11/1 gezeichneten Körper bestehen aus Stahl, Holz, Gummi oder Glas. Im Meßzylinder befindet sich Wasser, im Gummiball befindet sich Luft. Stahl, Holz, Gummi, Glas, Luft, Wasser sind **Stoffe**.

Wir merken uns:

Bild 11/1

Alle Körper bestehen aus Stoff.

Viele Stoffe kommen direkt in der Natur vor, z. B. Holz, Wasser, Erze. Es gibt aber auch Stoffe, die der Mensch in der Produktion aus anderen Stoffen künstlich herstellt, z. B. Plast, Benzin, Stahl. Mit der Untersuchung solcher Stoffumwandlungen beschäftigt sich eine andere Naturwissenschaft, die Chemie.

Eine andere gemeinsame Eigenschaft aller Körper ist bereits aus dem Mathematikunterricht bekannt:

Alle Körper haben ein Volumen.

Damit hängt eine weitere gemeinsame Eigenschaft aller Körper zusammen:
Wo sich ein Körper befindet, kann nicht gleichzeitig ein anderer Körper sein.

Ein Nagel, der in ein Brett hineingeschlagen wird, verdrängt das Holz.
Ein Pfahl drängt die Erde zur Seite, wenn man ihn in den Erdboden treibt.

Feste Körper können einander verdrängen.

Erfolgt die Verdrängung auch, wenn einer der Körper fest, der andere flüssig ist? Zur Beantwortung dieser Frage führen wir Versuche durch:

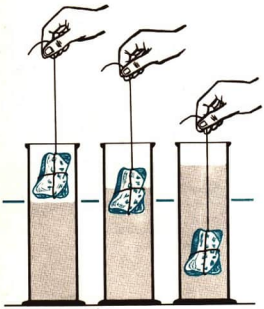


Bild 11/2

2

Ein Standzylinder ist etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Der Flüssigkeitsstand wird gekennzeichnet. Wir tauchen in die Flüssigkeit einen festen Körper, z. B. einen Stein.

Beim Eintauchen des Steines in das Wasser steigt die Flüssigkeit so lange, bis der Stein vollständig untergetaucht ist. An der Stelle, wo sich vorher Wasser (ein flüssiger Körper) befand, ist jetzt der Stein (ein fester Körper). Der Stein verdrängt das Wasser und nimmt dessen Platz ein (Bild 11/2).

3

Benutze an Stelle des Steines eine Metallkugel! Verwende in einem weiteren Versuch ein kleines Holzstück, das mit einem Nagel unter Wasser gedrückt wird! Benutze andere Flüssigkeiten!

Alle Versuche zeigen, daß die Flüssigkeit stets steigt, wenn man einen festen Körper in die Flüssigkeit eintaucht. Man erkennt:

▷ Feste Körper verdrängen Flüssigkeiten.

Untersucht man in ähnlicher Weise, ob feste Körper durch Flüssigkeiten verdrängt werden, ob Gase durch feste Körper verdrängt werden usw., so ergibt sich ganz allgemein:

▷ Körper können einander verdrängen.
Wo ein Körper ist, kann nicht gleichzeitig ein anderer Körper sein.

Die hier behandelten gemeinsamen Eigenschaften aller Körper heißen auch **Grundeigenschaften der Körper**. Sie geben die Möglichkeit, den Begriff Körper sehr einfach zu erklären:

▶ Alle Körper bestehen aus Stoff
und haben ein Volumen.

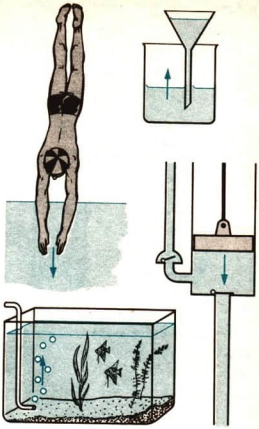


Bild 12/1 Beispiele für die gegenseitige Verdrängung von Körpern. Welches sind die verdrängenden Körper, welches die verdrängten Körper?

Unterschiedliche Eigenschaften der Körper

Körper besitzen auch unterschiedliche Eigenschaften, zum Beispiel die Form.
Viele Körper haben eine bestimmte Form. Ein Ziegelstein z. B. hat die regelmäßige Form eines Quaders, ein Feldstein irgendeine unregelmäßige Form.
Diese Körper behalten ihre Form. Auch ihr Volumen ändert sich nicht. Man nennt solche Körper feste Körper (Bild 12/2).

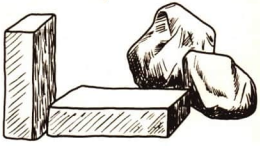


Bild 12/2

▷ Feste Körper haben eine bestimmte Form und ein bestimmtes Volumen.

Flüssige Körper haben dagegen keine bestimmte Form. Milch hat in der Kanne eine andere Form als in einer Schüssel. Das Volumen bleibt unverändert (Bild 12/3). Nenne weitere Beispiele!

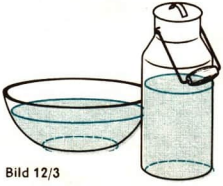


Bild 12/3

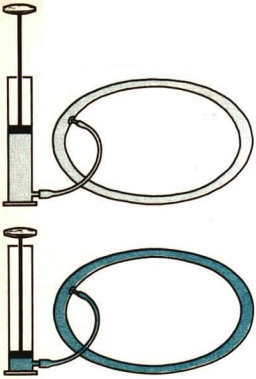


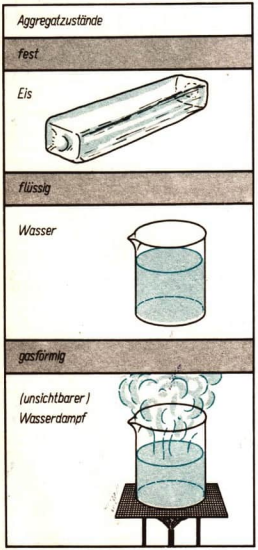
Bild 13/1

Flüssige Körper haben keine bestimmte Form, aber ein bestimmtes Volumen.

Welche Form und welches Volumen haben nun gasförmige Körper?
Drückt man mit einer Luftpumpe ein bestimmtes Volumen Luft in einen Fahrradschlauch, so verteilt sich die eingepumpte Luft im gesamten Schlauch (Bild 13/1). Drückt man den prallen Schlauch mit der Hand zusammen, so ändern er und auch die Luft ihre Form. Auch andere Gase zeigen solch ein Verhalten.

Gasförmige Körper haben keine bestimmte Form und kein bestimmtes Volumen. Form und Volumen sind vom Behälter abhängig, in dem sich die Gase befinden.

Bild 13/2



Die Aggregatzustände

Viele Stoffe können fest, flüssig oder gasförmig auftreten. Die Art des Zustandes, in dem sich der Stoff befindet, heißt der **Aggregatzustand**.
Wasser kann z. B. fest, flüssig oder gasförmig sein. Es bleibt dabei stets der gleiche Stoff. Man gebraucht jedoch je nach dem Aggregatzustand verschiedene Namen: Eis, Wasser, Wasserdampf (Bild 13/2).
Bei den meisten anderen Stoffen macht man derartige Unterschiede nicht und sagt nur, daß sie sich im festen, flüssigen oder gasförmigen Aggregatzustand befinden.

Der Sauerstoff kann z. B. gasförmig auftreten, bei sehr tiefen Temperaturen wird er flüssig, und bei noch niedrigeren Temperaturen kann der Sauerstoff sogar fest werden.

Wir merken uns:

Man unterscheidet den festen, flüssigen und gasförmigen Aggregatzustand.

Beachte: Es gibt auch Stoffe, die nicht in allen Aggregatzuständen vorkommen. Holz gibt es zum Beispiel nur im

festen Aggregatzustand; „flüssiges" oder „gasförmiges Holz" gibt es nicht.

Ob ein beliebiger Körper fest, flüssig oder gasförmig ist, kann mit den auf S. 12/13 angegebenen Merkmalen über Form und Volumen beschrieben werden.

Aggregatzustand	Merkmal	
	Form	Volumen
fest	bestimmte Form	bestimmtes Volumen
flüssig	keine bestimmte Form	bestimmtes Volumen
gasförmig	keine bestimmte Form	kein bestimmtes Volumen

Fragen, Aufträge, Versuche Seite 118, Nr. 1 bis 9

Die Längenmessung

Im täglichen Leben kommt es sehr häufig darauf an, Volumina zu messen. Der Arzt verordnet beispielsweise, wieviel Arznei dem Kranken gegeben werden muß. Auf dem Glaszylinder der Spritze ist eine Teilung angebracht, an der man das Volumen der angesaugten Flüssigkeit ablesen kann (Bild 14/1). Das Volumen regelmäßig geformter Körper (Würfel, Quader, Zylinder usw.) läßt sich durch Berechnen bestimmen, wenn man ihre Abmessungen kennt. Wir wissen bereits aus dem Mathematikunterricht, daß z. B. das Volumen eines Quaders gleich dem Produkt aus Länge, Breite und Höhe ist. Volumenberechnung setzt also Längenmessungen voraus.

Bild 14/1

Will man eine Länge angeben, so schreibt man z.B. $l = 5\,\text{m}$. Dabei benutzt man für die Länge das Formelzeichen l. Die Länge 5 m ist das Produkt aus einem Zahlenwert und einer Einheit; 5 ist der Zahlenwert, 1 m (m: Kurzzeichen für Meter) ist die Einheit. Die Angabe $l = 5\,\text{m}$ bedeutet genaugenommen

$$l = 5 \cdot 1\,\text{m}$$

Länge = Zahlenwert · Einheit der Länge

Alle Längen werden in Längeneinheiten gemessen, z. B. in Kilometer, Meter, Dezimeter, Zentimeter und Millimeter. Zwischen dem Meter und den anderen Längeneinheiten bestehen Beziehungen, die sich aus den Vorsätzen Dezi, Zenti

usw. ergeben. Man verwendet diese Vorsätze auch bei anderen Einheiten.

Vorsatz	bedeutet	Beispiel	Vorsatz	bedeutet	Beispiel
Mega	das 1 000 000 fache	—	Dezi	$\frac{1}{10}$	1 Dezimeter $= \frac{1}{10} \cdot 1$ m
Kilo	das 1 000 fache	1 Kilometer = 1 000 · 1 m	Zenti	$\frac{1}{100}$	1 Zentimeter $= \frac{1}{100} \cdot 1$ m
Hekto	das 100 fache	1 Hektoliter = 100 · 1 l	Milli	$\frac{1}{1000}$	1 Millimeter $= \frac{1}{1000} \cdot 1$ m

Meßfehler bei Längenmessungen

Beim Messen einer Länge ist festzustellen, daß verschiedene Schüler unterschiedliche Meßergebnisse erhalten. Auch wenn derselbe Schüler mehrmals mißt, weichen die gemessenen Längen häufig voneinander ab. Offensichtlich sind beim Messen Fehler aufgetreten. Die Meßfehler können verschiedene Ursachen haben. Die meisten Meßfehler werden durch falsches und ungenaues Ablesen verursacht (Bild 15/1).

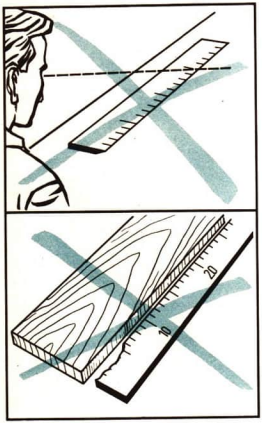


Bild 15/1 Meßfehler bei Längenmessungen

Es gibt aber auch Meßfehler, die in der Ungenauigkeit des Meßgerätes ihre Ursache haben. Man bezeichnet sie als Gerätefehler.

Die durch den Messenden verursachten persönlichen Fehler können klein gehalten werden, wenn man die folgende Methode anwendet:

Die Länge einer Wandtafel wird mehrmals gemessen und die Summe aller gemessenen Längen durch die Anzahl der Messungen dividiert.

Beispiel:

1. Messung: $l_1 = 1799$ mm
2. Messung: $l_2 = 1800$ mm
3. Messung: $l_3 = 1803$ mm
4. Messung: $l_4 = 1800$ mm
5. Messung: $l_5 = 1798$ mm

Summe: 9000 mm

Dividiert man die Summe 9000 mm durch die Anzahl 5 der Messungen, so ergibt sich $l = 1800$ mm. Die auf diese Weise ermittelte Länge heißt der **Mittelwert** der Messung. Er wird für die Angabe der Länge benutzt.

Volumenbestimmung durch Berechnen

Am Beispiel eines Quaders wollen wir die Volumenberechnung wiederholen (Bild 16/1).
Es gilt:.

▷ Volumen eines Quaders = Länge · Breite · Höhe.

Verwendet man für die Länge das Formelzeichen a, für die Breite b und für die Höhe c, so ergibt sich für das Volumen V eines Quaders eine kürzere Schreibweise, die man Gleichung oder Formel nennt:

▷ $V = a \cdot b \cdot c$

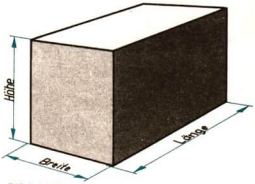


Bild 16/1

Schülerexperimente M 1, Seite 140

Da die Längen, die die Grundlage unserer Berechnungen bilden, stets fehlerhaft gemessen werden, sind natürlich auch alle Volumenangaben fehlerhaft. Es ist deshalb wichtig, die Fehler bei den Längenmessungen klein zu halten.

Volumenmessung von Flüssigkeiten

Um das Volumen einer Flüssigkeit zu ermitteln, nutzt man die Eigenschaft der Flüssigkeiten aus, die Form des Gefäßes anzunehmen. Als Volumeneinheiten verwendet man bei Flüssigkeiten das Liter (l), das Hektoliter (hl) und das Milliliter (ml).
1 l = 1 000 ml,
1 ml = 0,001 l,
1 hl = 100 l.
Die Messung erfolgt in Meßzylindern, die in verschiedenen Größen hergestellt werden (Bild 16/2) und die mit einer Teilung, Skale genannt, versehen sind. Beim Ablesen an der Skale ist zu beachten, daß die Abstände der Teilstriche bei verschiedenen Meßzylindern unterschiedliche Volumina bedeuten können (Bild 16/3).

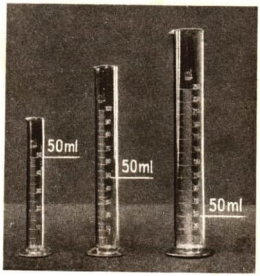


Bild 16/2 Meßzylinder verschiedenen Volumens

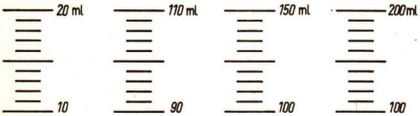


Bild 16/3 Teilungen verschiedener Meßzylinder. Wieviel ml entspricht der Abstand zwischen zwei Strichen?

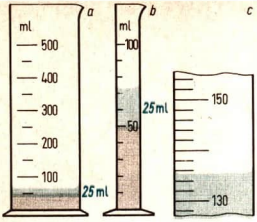


Bild 17/1 a, b Bei einem schlanken Meßzylinder nimmt das Volumen von 25 ml eine größere Höhe ein als bei einem breiten. Man kann deshalb genauer ablesen

Beispiel einer Volumenmessung (Bild 17/1).

Ermittle das Volumen des Wassers, das sich in einem Becherglas befindet! 5

Versuchsablauf:

1. Schätze das Volumen des Wassers!
2. Wähle einen geeigneten Meßzylinder! Dieser soll die erforderliche Größe besitzen, aber auch nicht zu groß sein. Die Messung würde sonst zu ungenau (Bild 17/1 a, b).
3. Fülle das Wasser in den Meßzylinder!
4. Lies das Volumen an der Skale ab!

Im Beispiel (Bild 17/1 c) ist der Wasserstand zwischen den Zahlenwerten 130 und 150. Der Abstand zwischen zwei Teilstrichen entspricht 2 ml. Da der Wasserstand 3 Skalenteile über 130 ist, sind 3 · 2 ml = 6 ml zu den 130 ml zu addieren. Das Volumen des Wassers im Beispiel beträgt somit 136 ml.

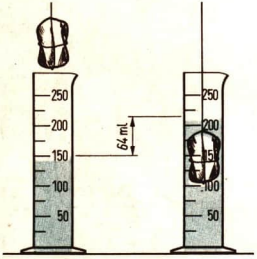


Bild 17/2

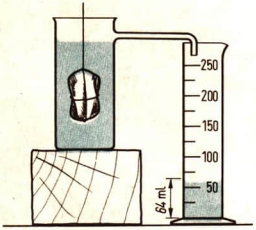


Bild 17/3

Schülerexperiment M 2, Seite 140

Volumenbestimmung unregelmäßiger fester Körper

Das Volumen unregelmäßiger fester Körper läßt sich aus dem Volumen der von ihnen verdrängten Flüssigkeit ermitteln. Dabei ist jedoch zu beachten:

Der feste Körper darf sich in der Flüssigkeit nicht auflösen. (Das Volumen eines Stückchens Würfelzucker kann z. B. nicht durch Eintauchen in Wasser bestimmt werden.)

Der feste Körper muß vollständig in die Flüssigkeit eintauchen.

Das Volumen der vom Körper verdrängten Flüssigkeit und damit das Volumen des Körpers läßt sich nach zwei verschiedenen Methoden bestimmen.

1. *Differenzmessung (Bild 17/2)*
2. *Überlaufverfahren (Bild 17/3)*

Das Überlaufgefäß wird so weit mit Flüssigkeit gefüllt, daß diese gerade abfließt. (Langsam eingießen, damit keine Luftblasen in das Ausflußrohr kommen!) Dann wird ein geeigneter Meßzylinder unter das Ausflußrohr gestellt und der an einem dünnen Faden hängende Körper langsam eingetaucht. 6

Das Volumen der verdrängten, im Meßzylinder aufgefangenen Flüssigkeit wird bestimmt.

Volumen der verdrängten Flüssigkeit: $V = 64$ ml.

Volumen des eingetauchten Körpers:[1] $V = 64\ cm^3$.

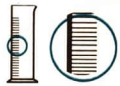
[1] Zwischen Raum- und Hohlmaßen gelten annähernd folgende Beziehungen:
$1\ dm^3 = 1\ l$; $1\ cm^3 = 1$ ml

Fehler bei der Volumenmessung

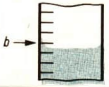
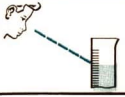
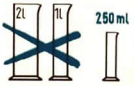
Die Meßfehler bei der Volumenmessung von Flüssigkeiten haben ihre Ursache im Meßgerät selbst, oder sie werden durch den Beobachter verursacht. Die folgenden Übersichten enthalten Beispiele für auftretende Meßfehler.

Fragen, Aufträge, Versuche
Seite 119, Nr. 10 bis 26

Fehler des Meßgerätes (Gerätefehler)

Ursache		Verringerung des Fehlers
Die Wandung des Meßzylinders ist nicht überall gleich dick.		Nicht möglich (Herstellungsfehler)
Der Abstand der Skalenstriche ist nicht vollkommen gleichmäßig.		Nicht möglich (Herstellungsfehler)
Jeder Meßzylinder ist für eine bestimmte Temperatur vorgesehen, da sich Körper beim Erwärmen ausdehnen.		Meßzylinder möglichst nur bei Temperaturen benutzen, die wenig von der auf dem Meßzylinder angegebenen Temperatur abweichen.

Fehler des Messenden (persönliche Fehler)

Ursache		Verringerung des Fehlers	
Meßzylinder wird schräg in der Hand gehalten.		Meßzylinder auf waagerechte Unterlage stellen.	
Flüssigkeitsoberfläche wölbt sich an der Zylinderwand.		In Höhe b ablesen.	
Schräges Ablesen.		Augenhöhe soll mit Flüssigkeitsstand übereinstimmen.	
Der Flüssigkeitsspiegel steht nicht genau in Höhe eines Skalenstriches.		Stets den kleinstmöglichen Meßzylinder verwenden. (Abstand zwischen zwei Teilstrichen entspricht einem kleineren Volumen.)	

Die Bewegung fester Körper

Kühne und mutige Schlittensportler steuern den Rennschlitten zu Tal. Teils steil, teils flach verläuft die Bahn, schnell und langsamer geht die sausende Fahrt. In diesem Abschnitt wollen wir solche Bewegungen kennenlernen.

Der Begriff der Bewegung

Bild 19/2

Während der Fahrt verändert zum Beispiel ein Eisenbahnzug dauernd seine Lage gegenüber anderen Körpern, die wir als feststehend annehmen. In einem solchen Fall sprechen wir in der Physik von der *Bewegung* eines Körpers. Die abgestellten Güterwagen im Bild 19/2 behalten dagegen ihre Lage gegenüber dem als feststehend angenommenen Bahnhofsgebäude bei. Sie befinden sich ihm gegenüber in Ruhe.

> Eine Bewegung ist die Änderung der Lage eines Körpers gegenüber einem anderen Körper.
> Wenn ein Körper seine Lage gegenüber einem anderen Körper nicht ändert, dann ist er in Ruhe gegenüber diesem Körper.

Wende beide Sätze auf einen Fahrgast in einem fahrenden Schnellzug an!

Wir können zwei Aussagen machen:

1. Der Fahrgast ändert, genauso wie der Zug, seine Lage *gegenüber dem Bahnhofsgebäude*, das wir als feststehend annehmen. Der Fahrgast ist in Bewegung.
2. Der Fahrgast ändert nicht seine Lage *gegenüber dem Abteil*, in dem er sitzt. Der Fahrgast ist in Ruhe gegenüber dem Abteil.

Es gibt also verschiedene Möglichkeiten, eine Bewegung zu beschreiben. Man muß daher stets sagen, auf welchen als ruhend angenommener Körper man die Aussage beziehen will. Diesen Körper nennt man *Bezugskörper*. Meist wählt man als Bezugskörper die als ruhend angenommene Erde, ohne das zu erwähnen.

Das Bahnhofsgebäude, die stehenden Güterwagen, die Schienen usw. im Bild 19/2 würden sich demnach gegenüber der Erde in Ruhe befinden. Wegen der Erddrehung und des Umlaufs der Erde um die Sonne bewegen sie sich aber gegenüber der als ruhend angenommenen Sonne. Auch die Sonne steht nicht still, ebensowenig sind die Sterne in Ruhe. Es gibt keinen Körper, von dem wir sagen können, daß er sich in vollständiger Ruhe befindet.

Die Untersuchung der Bewegungen ist eine wichtige Aufgabe der Physik. Neben einfachen Bewegungen, zum Beispiel der Fahrt eines Eisenbahnzuges auf gerader Strecke, gibt es auch komplizierte Bewegungen. Ein Beispiel ist der Saltosprung eines Schwimmsportlers beim Kunstspringen (Bild 20/1).

Die Beschreibung einer solchen Bewegung ist sehr schwierig. Wir wollen deshalb zuerst einfache Bewegungen untersuchen:

Bild 20/1 Delphin-Salto beim Kunstspringen. Der Springer ist zu verschiedenen aufeinanderfolgenden Zeiten gezeichnet

7

Läßt man eine Kugel fallen, so führt sie eine *geradlinige Bewegung* aus. Die Kugel wird dann an einem Faden befestigt und herumgeschleudert. Sie führt eine *Kreisbewegung* aus. Schließlich wird der Faden an einem Stativhaken festgemacht, die Kugel zur Seite gezogen und losgelassen. Die Kugel führt eine *Schwingung* aus (Bild 20/2).

	Bewegungsform	Kennzeichen
	geradlinige Bewegung	Kugel bewegt sich auf einer geraden Bahn
	Kreisbewegung	Kugel bewegt sich auf einer Kreisbahn
	Schwingung	Kugel bewegt sich auf einer bestimmten Bahn zwischen zwei Umkehrpunkten

Bild 20/2 Verschiedene Bewegungsformen einer Kugel

Geradlinige Bewegung, Kreisbewegung und Schwingung sind einfache Bewegungsformen. Es soll vorläufig nur die geradlinige Bewegung genauer untersucht werden. Neben den genannten Bewegungsformen werden noch verschiedene Bewegungsarten unterschieden.

Ein Körper kann während seiner geradlinigen Bewegung zum Beispiel immer schneller werden, er kann sich aber auch einige Zeit gleich schnell bewegen. Schließlich ist es möglich, daß er immer langsamer wird. Die Ausdrücke *schneller*, *langsamer* oder *gleich schnell* erlauben uns jedoch keine genauen Angaben. Um die in Bild 21/1 angegebenen

Vorgang	Anfahren	Fahrt	Bremsen
Ergebnis	Ruhe → Bewegung	behält Bewegung bei	Bewegung → Ruhe
Kennzeichen	wird immer schneller	bewegt sich immer gleich schnell	wird immer langsamer
Bewegungsart	beschleunigte Bewegung	gleichförmige Bewegung	verzögerte Bewegung

Bild 21/1 Verschiedene Bewegungsarten bei der Fahrt einer Straßenbahn

Bewegungsarten zu untersuchen, benutzen wir daher besser einen neuen physikalischen Begriff, die **Geschwindigkeit.**

Erläutere das Bild 21/1!

Die geradlinig gleichförmige Bewegung

Bild 21/2 Der Bandförderer kann zum Transport von Strohballen benutzt werden. Der Strohballen bewegt sich dabei geradlinig

Die Kennzeichen der *geradlinig gleichförmigen Bewegung* ergeben sich aus folgendem Versuch (Bild 22/1):

8 Auf ein in sich geschlossenes Stoffband, das durch einen Elektromotor angetrieben wird, stellen wir ein Holzklötzchen. Wir messen jeweils die Zeit für das Zurücklegen eines Weges von 12 cm, von 24 cm und von 36 cm und tragen diese Werte in eine Tabelle ein.

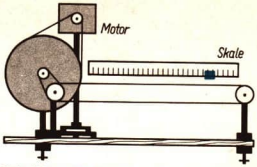


Bild 22/1 Funktionsmodell einer Bandförderanlage

Weg	12 cm	24 cm	36 cm
Zeit	1 s	2 s	3 s

Den Meßwerten ist zu entnehmen, daß der Körper *in der ersten Sekunde* einen Weg von 12 cm zurücklegte. *In der zweiten Sekunde* wurde ebenfalls ein Weg von (24 cm — 12 cm =) 12 cm zurückgelegt. *In der dritten Sekunde* betrug der Weg gleichfalls (36 cm — 24 cm =) 12 cm.
Ein Kennzeichen der geradlinig gleichförmigen Bewegung besteht also darin, daß in gleichen Zeiten (zum Beispiel in einer Sekunde) gleiche Wege zurückgelegt werden. In unserem Beispiel waren es in jeder Sekunde 12 cm.
Lassen wir das Band schneller laufen, so sind die in einer Sekunde zurückgelegten Wege größer als im ersten Beispiel, untereinander aber wiederum gleich. Zur Unterscheidung benutzen wir den Begriff Geschwindigkeit und sagen, daß im zweiten Beispiel die Geschwindigkeit größer war als im ersten Beispiel.

Man hat festgelegt:[1]

▷ Die Geschwindigkeit eines Körpers bei einer geradlinig gleichförmigen Bewegung ist der Quotient aus dem zurückgelegten Weg und der dazu benötigten Zeit.

Wir benutzen für die Geschwindigkeit das Formelzeichen v, für den Weg das Formelzeichen s und für die Zeit das Formelzeichen t. Mit diesen Formelzeichen läßt sich die Definition der Geschwindigkeit für die geradlinig gleichförmige Bewegung durch folgende Gleichung ausdrücken:

▷ $$v = \frac{s}{t}$$

An einem Beispiel soll die Anwendung dieser Gleichung erläutert werden.

[1] Eine solche Festlegung heißt Definition

Ein Radfahrer legte bei geradlinig gleichförmiger Bewegung in einer Zeit von $t = 6$ s einen Weg von der Länge $s = 36$ m zurück. Wie groß war seine Geschwindigkeit v?

Gegeben:

$s = 36$ m
$t = 6$ s

Gesucht:

v

Lösung:

In die Gleichung $v = \frac{s}{t}$ setzt man an die Stelle von s den Weg 36 m, an die Stelle von t die Zeit 6 s:

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{36\ \text{m}}{6\ \text{s}}.$$

Die Zahlenwerte dividiert man, die Einheiten Meter und Sekunde bleiben in der Form $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ stehen:

$$\underline{\underline{v = 6\ \frac{\text{m}}{\text{s}}.}}$$

Die Geschwindigkeit des Radfahrers betrug $6\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ *(6 Meter je Sekunde).*

Es ist zu erkennen, daß sich die Einheit der Geschwindigkeit als Quotient aus einer Einheit des Weges und einer Einheit der Zeit zusammensetzt.

In diesem Buch werden häufig verwendete Einheiten nach folgendem Muster zusammengestellt:

	Weg s	Zeit t	Geschwindigkeit v
Einheit	Meter	Sekunde	Meter je Sekunde
Kurzzeichen	m	s	$\frac{\text{m}}{\text{s}}$

(Lies: Eine Einheit der Geschwindigkeit $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$ ergibt sich, wenn man den Quotienten aus einer Einheit des Weges (m) und einer Einheit der Zeit (s) bildet.)

Beachte: Das kursive s ist das Formelzeichen für den Weg, das steile s eine Einheit für die Zeit. Im gesamten Buch sind *Formelzeichen kursiv* und Einheiten steil gedruckt.

Mißt man dagegen den Weg in Kilometern (km), die Zeit in Stunden (h), so ergibt sich eine andere Einheit der Geschwindigkeit: Kilometer je Stunde $\left(\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)$. (Gebrauche nicht den falschen Ausdruck „Stundenkilometer"!)

Mit Hilfe des Begriffes Geschwindigkeit können wir nunmehr auch die geradlinig gleichförmige Bewegung kennzeichnen.
Bestimmt man mit den Meßwerten von Versuch 8 die Geschwindigkeit, so erhält man folgendes Ergebnis:

s	t	$v = \frac{s}{t}$
12 cm	1 s	$v = \frac{12\,\text{cm}}{1\,\text{s}} = 12\,\frac{\text{cm}}{\text{s}}$
24 cm	2 s	$v = \frac{24\,\text{cm}}{2\,\text{s}} = 12\,\frac{\text{cm}}{\text{s}}$
36 cm	3 s	$v = \frac{36\,\text{cm}}{3\,\text{s}} = 12\,\frac{\text{cm}}{\text{s}}$

Wir erkennen: Den Weg von 12 cm legte der Körper mit einer Geschwindigkeit von $v = 12\,\frac{\text{cm}}{\text{s}}$ zurück, den Weg von 24 cm mit der Geschwindigkeit $v = 12\,\frac{\text{cm}}{\text{s}}$, und für den Weg von 36 cm betrug die Geschwindigkeit ebenfalls $v = 12\,\frac{\text{cm}}{\text{s}}$.
Es ergibt sich:

▷ Bei einer geradlinig gleichförmigen Bewegung bleibt die Geschwindigkeit stets gleich.

Das Weg-Zeit-Diagramm der geradlinig gleichförmigen Bewegung

Die Ergebnisse physikalischer Messungen werden oft nicht nur in Tabellenform, sondern auch grafisch dargestellt. Um die im Versuch 8 untersuchte Bewegung des Holzklötzchens in einem Diagramm zu veranschaulichen, benutzen wir zwei einander senkrecht schneidende Geraden, die **Wegachse** und die **Zeitachse**. Auf der Zeitachse errichten wir im Punkt $t = 1$ s eine Senkrechte. Durch den Punkt $s = 12$ cm auf der Wegachse legen wir eine Parallele zur Zeitachse. Der Schnittpunkt der beiden Geraden wird gekennzeichnet. In der gleichen Weise erhalten wir aus den übrigen gemessenen Werten zwei weitere Schnittpunkte. Verbinden wir alle Punkte miteinander, so ergibt sich eine Gerade.

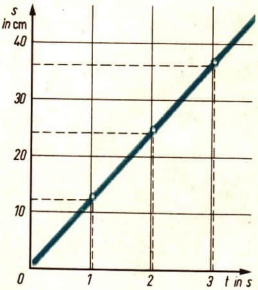


Bild 24/1 Weg-Zeit-Diagramm einer geradlinig gleichförmigen Bewegung

Eine Gerade im **Weg-Zeit-Diagramm** ist das Kennzeichen jeder gleichförmigen Bewegung.
Man kann aus Weg-Zeit-Diagrammen zusammengehörige Wege und Zeiten ablesen, auch wenn sie selbst nicht gemessen worden sind.

Bestimme aus Bild 24/1 den Weg s, der in einer Zeit $t = 1{,}5$ s zurückgelegt wird!
Lösung: Wir errichten auf der Zeitachse im Punkt $t = 1{,}5$ s eine Senkrechte. Vom Schnittpunkt dieser Geraden mit der Meßkurve[1] fällen wir das Lot auf die Wegachse. Sie wird bei $s = 18$ cm geschnitten.
Bei der Bewegung nach Bild 24/1 wird in 1,5 s der Weg von 18 cm zurückgelegt.

Schülerexperiment M 3, Seite 141

Bestimme die Zeit, die für den Weg s = 22 cm benötigt wird!

Geradlinig ungleichförmige Bewegungen

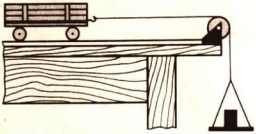


Bild 25/1 Versuchsanordnung zur beschleunigten Bewegung

Häufiger als gleichförmige Bewegungen sind ungleichförmige Bewegungen. Ihre Kennzeichen entnehmen wir zwei Versuchen (Bild 25/1).

9

Auf Schienen läuft ein Modelleisenbahnwagen. Mit Hilfe eines über eine Rolle geführten Fadens kann er durch eine herabsinkende belastete Waagschale bewegt werden. Läßt man die Schale los, so rollt der Modelleisenbahnwagen immer schneller vorwärts.

Die in gleichen Zeiten zurückgelegten Wege werden größer, d. h., die Geschwindigkeit nimmt zu. Eine derartige Bewegung heißt **beschleunigte Bewegung.**

10

Schiebt man den Wagen (ohne Faden und Waagschale) kurz an und gibt ihn dann frei, so kann man feststellen, daß er immer langsamer wird.

Die in gleichen Zeiten zurückgelegten Wege werden kleiner, d. h., die Geschwindigkeit nimmt ab. Wir nennen eine solche Bewegung eine **verzögerte Bewegung.**
Warum sich ein Körper gleichförmig beschleunigt oder verzögert bewegt, werden wir im Kapitel „Die Kraft" behandeln.
Unsere bisherigen Erkenntnisse über die mechanischen Bewegungen sind im Bild 25/2 zusammengefaßt.

Bewegungsformen		
geradlinige Bewegung	Kreisbewegung	Schwingung

Bewegungsarten		
gleichförmige Bewegung	beschleunigte Bewegung	verzögerte Bewegung

Bild 25/2

[1] Wir bezeichnen auch die Gerade im Diagramm als „Kurve"!

Die Durchschnittsgeschwindigkeit

Fahrzeuge bewegen sich im allgemeinen nicht gleichförmig. Bei Kraftfahrzeugen und Krafträdern erkennt das der Fahrer an der Anzeige eines Geschwindigkeitsmessers, des *Tachometers* (Bild 26/1).

Bild 26/1 Tachometer

■ Das Tachometer eines PKW zeigt bei der Fahrt zwischen den Orten Seedorf und Waldhausen an den in Bild 26/2 angegebenen Punkten die dort verzeichneten Geschwindigkeiten an.

Bild 26/2

● *Erläutere die Geschwindigkeitsangaben auf den inneren Umschlagseiten!*

Obwohl sich die Geschwindigkeit mehrfach änderte, kann eine Geschwindigkeitsangabe für den gesamten Weg erfolgen, wenn man den Begriff **Durchschnittsgeschwindigkeit** $\overline{v}$ einführt. Man definiert:

▷

Die Durchschnittsgeschwindigkeit eines Körpers ist der Quotient aus dem gesamten zurückgelegten Weg und der dazu benötigten Zeit.	$\overline{v} = \frac{s}{t}$

Im Gegensatz zur Geschwindigkeit bei der geradlinig gleichförmigen Bewegung, für die eine ähnliche Gleichung gilt, ist die Durchschnittsgeschwindigkeit nur ein **Mittelwert,** nicht die augenblickliche Geschwindigkeit.

■ **Berechne die Durchschnittsgeschwindigkeit eines Radsportlers, der bei der Friedensfahrt eine Etappe von 200 km in 5 h zurücklegte!**

Gegeben:

$s = 200\ \text{km}$

$t = 5\ \text{h}$

Gesucht:

$\overline{v}$

Lösung:

$$\overline{v} = \frac{s}{t}$$

$$\overline{v} = \frac{200\ \text{km}}{5\ \text{h}}$$

$$\overline{v} = 40\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Die Durchschnittsgeschwindigkeit des Radsportlers betrug $40\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

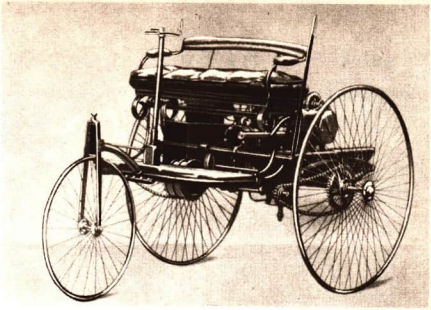
	Fußgänger	5 km/h
	Radfahrer	20 km/h
	Personenkraftwagen	100 km/h
	Verkehrsflugzeug	300 km/h
	Rakete	25 000 km/h

Bild 26/3 Einige Durchschnittsgeschwindigkeiten

Fragen, Aufträge, Versuche
Seite 120, Nr. 27 bis 39

Die Kraft

Vor etwa 80 Jahren tauchten auf den Straßen die ersten Autos auf. Die Tatsache, daß sich eine „Kutsche" in Bewegung setzte, ohne daß Pferde zogen, schien damals manchen Menschen ein Werk des Teufels zu sein. Wir lächeln heute über solche Ansichten, denn wir wissen, daß auch ein Auto nur fahren kann, wenn eine Kraft wirkt.



Kräfte und ihre Wirkungen

Im Kapitel „Die Bewegung fester Körper" haben wir die Bewegung von Körpern untersucht, ohne danach zu fragen, warum ein ruhender Körper in Bewegung gerät oder warum sich ein Körper beschleunigt bewegt. Die Ursache solcher **Geschwindigkeitsänderungen** wollen wir nun behandeln. Wir führen dazu folgenden Versuch aus (Bild 27/2):

11

Auf einem schwimmenden Holzbrettchen (es dient nur als Unterlage) liegt ein Magnet, auf einem zweiten ein Stahlstab. Die Brettchen werden in geringem Abstand voneinander festgehalten. Läßt man sie los, so *bewegen* sich Stahlstab und Magnet aufeinander zu.
Der Stahlstab nähert sich dem Magneten und der Magnet dem Stahlstab.

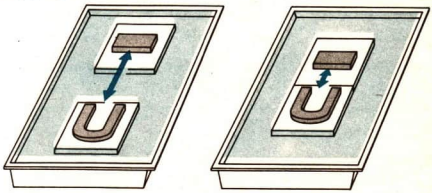


Bild 27/2

Man sagt, die Körper ziehen einander wechselseitig an oder kürzer: *zwischen Magnet und Stahlstab wirken Kräfte.*

Kräfte kann man nicht sehen. Nur an ihren Wirkungen läßt sich erkennen, ob Kräfte[1] vorhanden sind. Derartige Wirkungen sind uns schon bekannt:

Beispiel	Wirkung	Ursache	Bild
Ein zuerst ruhender Körper kommt in Bewegung.	Ruhe → Bewegung. Die Geschwindigkeit nimmt von Null an zu.	Kraft	
Ein bewegter Körper kommt zur Ruhe.	Bewegung → Ruhe. Die Geschwindigkeit nimmt bis Null ab.	Kraft	
Ein zunächst gleichförmig bewegter Körper wird beschleunigt.	Gleichförmige Bewegung → beschleunigte Bewegung. Die Geschwindigkeit nimmt zu.	Kraft	
Ein zunächst gleichförmig bewegter Körper wird verzögert.	Gleichförmige Bewegung → verzögerte Bewegung. Die Geschwindigkeit nimmt ab.	Kraft	

In allen Beispielen änderte sich die Geschwindigkeit. Man erkennt:

> Ändert sich die Geschwindigkeit eines Körpers, so wirkt auf ihn eine Kraft.

[1] Kräfte wirken stets zwischen zwei Körpern. Spricht man davon, daß eine Kraft wirkt, so betrachtet man nur das Verhalten eines der beiden Körper.
Nimmt man zum Beispiel bei Versuch 11 den Magneten in die Hand und beobachtet den Stahlstab, so kann man vereinfacht sagen: Auf den Stahlstab wirkt eine Kraft.

Dieser Satz darf nicht umgekehrt werden. Es ist also nicht richtig zu sagen, daß sich beim Wirken einer Kraft stets die Geschwindigkeit des betrachteten Körpers ändern muß. Das zeigt der folgende Versuch (Bild 29/1):

Bild 29/1

Auf einer Glasplatte liegt ein Gummiball. Er ist in Ruhe, d. h., er hat die Geschwindigkeit Null. Wir drücken mit der flachen Hand auf den Ball. Obwohl jetzt, genauso wie beim Wegwerfen eines Balles, eine Kraft auf den Ball wirkt, ändert sich dessen Geschwindigkeit nicht. Die Tischplatte verhindert es. Trotzdem hat die Kraft eine sichtbare Wirkung: die Form des Balles wurde verändert. 12

Formänderungen von Körpern sind ebenfalls Kennzeichen für das Wirken von Kräften:

> Ändert sich die Form eines Körpers, so wirkt auf ihn eine Kraft.

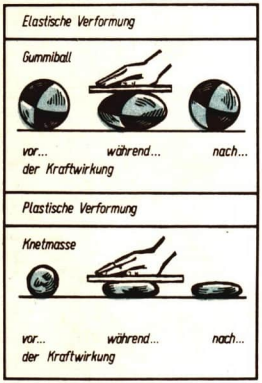


Bild 29/2

Während ein Gummiball nach Aufhören der Kraftwirkung seine ursprüngliche Form wiedererlangt, ist das bei einer zusammengedrückten Kugel aus Knetmasse nicht der Fall. Die durch die Kraft verursachte Verformung bleibt bestehen (Bild 29/2).

Ein solches unterschiedliches Verhalten zeigen viele Stoffe. Man sagt, sie verhalten sich elastisch oder plastisch.

	Elastisches Verhalten	Plastisches Verhalten
Merkmal	Die Verformung bleibt nicht bestehen, wenn die Kraft aufhört zu wirken.	Die Verformung bleibt bestehen, auch wenn die Kraft nicht mehr wirkt.
Beispiele	Gummi, gehärteter Stahl, Luft, Glas	Kitt, Lehm, Aluminium, Blei, Kupfer

Es gibt jedoch keinen Stoff, der vollkommen elastisch oder vollkommen plastisch ist. Wirken nur geringe Kräfte, so verhält sich zum Beispiel Kupfer elastisch. Es verhält sich dagegen plastisch, wenn große Kräfte wirken.

Auch die Temperatur der Stoffe hat einen großen Einfluß auf ihre Eigenschaften.

Von der Verformung elastischer und plastischer Stoffe wird in der Produktion vielfältig Gebrauch gemacht, zum Beispiel beim Schmieden, Pressen und Walzen (Bilder 86/1 und 86/2).
Zusammenfassend läßt sich der Begriff **Kraft** nunmehr sehr einfach festlegen:

> Die Ursache für die Änderung der Geschwindigkeit oder der Form eines Körpers wird Kraft genannt.

Beim Spannen des Luftgewehrs wird eine Feder verformt (Bild 30/1). Die Ursache nennen wir die (Muskel)kraft. Damit ein Auto in Bewegung kommt, muß die (Zug)kraft des Motors wirken. Ursache für die Bewegung des Stahlstabes in Versuch 11 ist eine (magnetische) Kraft.

Bild 30/1 Die Feder eines Luftgewehrs wird gespannt, wenn eine Kraft wirkt

Das Gewicht

Eine bisher noch nicht genannte Kraft ist in der Physik von besonderer Bedeutung. Wir können ihr Vorhandensein wiederum an ihren Wirkungen erkennen:

13

Läßt man einen Körper los, den man in der Hand hält, so fällt er mit zunehmender Geschwindigkeit nach unten. Man kann den Körper aber auch an eine Feder hängen, die an einem Stativ befestigt ist. Die Feder verlängert sich, sie wird verformt (Bild 30/2).

Die Ursache ist in beiden Fällen die Anziehungskraft[1] zwischen der Erde und dem Körper. Diese Kraft ist bei unterschiedlichen Körpern unterschiedlich groß. Man nennt sie das **Gewicht** und spricht vom *Gewicht des Körpers*.

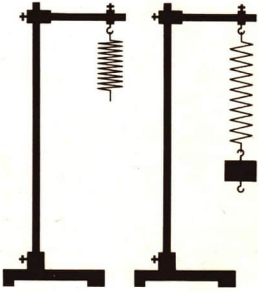


Bild 30/2

> Das Gewicht eines Körpers ist die Kraft, mit der er von der Erde angezogen wird.

Selbstverständlich zieht auch der Körper die Erde an, da alle Kräfte wechselseitig wirken. Die Erde „fällt" also auf den Körper zu. Die Wirkung ist aber so gering, daß wir davon nichts merken.

[1] Diese Anziehung hat nichts mit der magnetischen Anziehung im Versuch 11 zu tun.

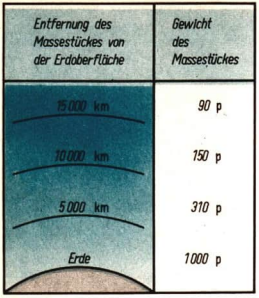


Bild 31/1

Das Gewicht eines Körpers ist nicht an allen Stellen der Erde gleich, sondern hängt vom Ort ab. Der gleiche Körper hat zum Beispiel auf einem hohen Berg ein etwas geringeres Gewicht als in Höhe des Meeresspiegels. Auch wenn man das Gewicht eines bestimmten Körpers in Höhe des Meeresspiegels an verschiedenen Stellen der Erde bestimmt, ergeben sich geringe Abweichungen. Das Gewicht eines Körpers nimmt von den Polen zum Äquator hin ein wenig ab. Entfernt man einen Körper immer weiter von der Erde, so wird sein Gewicht ebenfalls kleiner (Bild 31/1). Aber selbst in einer Entfernung von 300000 km von der Erde ist sein Gewicht nicht Null geworden, wohl aber sehr klein. Gewichtslos würde ein Körper nie, solange er sich im Anziehungsbereich der Erde befindet.

Trotzdem lesen wir in Berichten über Raumflüge, daß die Kosmonauten während ihres Fluges um die Erde „schwerelos" sind, daß losgelassene Gegenstände nicht auf den Boden des Raumschiffes fallen und daß die Raumflieger beim Lösen der Anschnallgurte frei in der Kabine schweben (Bild 31/2).

Dieser seltsame Zustand der „Schwerelosigkeit" hängt ebenfalls mit dem Wirken von Kräften zusammen. Die physikalischen Kenntnisse, die wir bisher in dieser Klasse erworben haben, reichen aber noch nicht zur Erklärung aus.

Bild 31/2 Eine führende Rolle hat die Sowjetunion auf dem Gebiet der Weltraumforschung. Dazu ist die Arbeit vieler Wissenschaftler, Techniker und Facharbeiter zahlreicher Zweige der Wissenschaft und Technik notwendig. So werden zum Beispiel für den Flug bemannter Raumschiffe Kosmonauten in einem speziellen Training ausgebildet. Unser Bild zeigt einen sowjetischen Kosmonauten, der in einer Kabine an den Zustand der Schwerelosigkeit gewöhnt wird.

Das Messen von Kräften

Auf Grund ihrer Wirkungen lassen sich Kräfte auch messen. Eine **Einheit der Kraft** und damit auch des Gewichtes ist das **Kilopond (kp)**. Es ist das Gewicht eines bestimmten Körpers (Bild 34/2), d. h. gleich der Anziehungskraft der Erde auf diesen Körper. Da die Anziehungskraft aber vom Ort abhängt, gilt diese Festlegung nur für be-

stimmte Stellen der Erdoberfläche. In unseren Breiten ist aber die Abweichung gering.

Die folgende Übersicht enthält Einheiten für Kräfte.

Einheit	Kurzzeichen	Beziehungen zwischen den Einheiten
Megapond	Mp	1 Mp = 1 000 000 p = 1 000 kp
Kilopond	kp	1 kp = 1 000 p = 0,001 Mp
Pond	p	1 p = $\frac{1}{1\,000}$ kp = 1 000 mp
Millipond	mp	1 mp = $\frac{1}{1\,000}$ p = 0,000 001 kp

Meßgeräte für Kraftmessungen heißen *Federkraftmesser*. Ihre Wirkungsweise zeigt folgender Versuch:

Hänge nacheinander 1, 2, 3, 4 Körper mit einem Gewicht von je 50 p an eine Schraubenfeder (Bild 32/1)! Miß die jeweilige Verlängerung und trage die Ergebnisse in eine Tabelle ein! Als Formelzeichen für die Kraft verwende den Buchstaben *F*!

Beispiel einer Meßreihe:

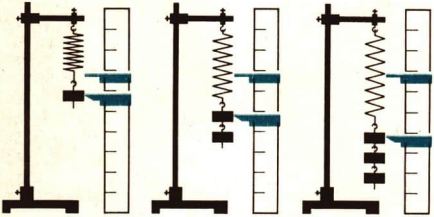
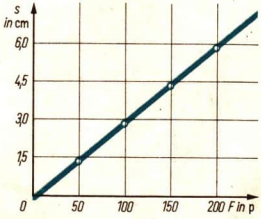


Bild 32/1 und 32/2

Kraft *F*	Gesamtlänge *l* der Feder	Gesamtverlängerung *s* der Feder
0 p	7,0 cm	—
50 p	8,5 cm	1,5 cm
100 p	10,0 cm	3,0 cm
150 p	11,5 cm	4,5 cm
200 p	13,0 cm	6,0 cm



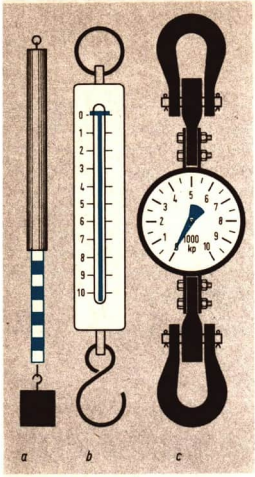


Bild 33/1 Meßbereich
a) bis 1 000 p, b) bis 10 kp, c) bis 1 000 kp

Schülerexperiment M 4, Seite 143
Fragen, Aufträge, Versuche
Seite 122, Nr. 40 bis 55

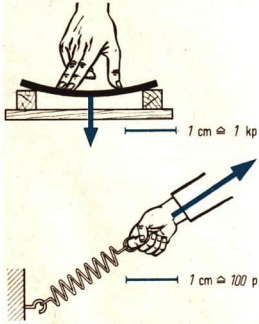


Bild 33/2

Die Tabelle zeigt, daß die Verlängerung mit zunehmender Kraft größer geworden ist.
Noch übersichtlicher werden die Versuchsergebnisse in einem Diagramm (Bild 32/2): Alle Punkte liegen nahezu auf einer Geraden.[1]
Benutzt man andere Federn, so ergeben sich andere Kurven. Die Verbindungslinien der einzelnen Punkte sind jedoch in jedem Fall Geraden. Die Gerade in einem solchen Diagramm ist ein Kennzeichen für folgendes Gesetz:

> Wird die an einer Schraubenfeder wirkende Kraft verdoppelt (verdreifacht usw.), so wird die Verlängerung der Feder doppelt (dreimal usw.) so groß.

Jede Schraubenfeder läßt sich durch Anwendung dieses Gesetzes als Federkraftmesser verwenden.

15

Neben der Feder wird ein Pappstreifen angebracht. Darauf kennzeichnet man die Verlängerungen, die durch ein bestimmtes Gewichtsstück verursacht werden, und bezeichnet diese Stellen mit dem zugehörigen Gewicht. Mit einem derartigen Federkraftmesser lassen sich auch andere Kräfte messen, z. B. die Muskelkraft.

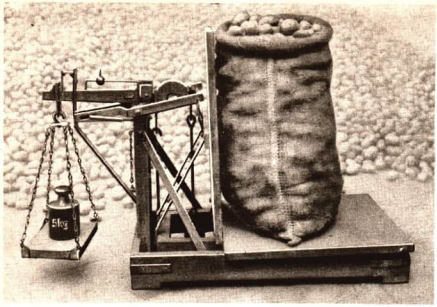
Industriell gefertigte Federkraftmesser werden ähnlich hergestellt (Bild 33/1). Man muß mit ihnen besonders sorgfältig umgehen. Sie dürfen nur bis zur angegebenen Höchstgrenze belastet werden. Geht man darüber hinaus, so verhält sich die Feder nicht mehr elastisch. Sie bleibt teilweise verformt und kann nicht mehr benutzt werden.

Die Richtung von Kräften

Außer dem Betrag (Zahlenwert und Einheit) der Kraft muß oft auch die Richtung angegeben werden, in der die Kraft wirkt. In der zeichnerischen Darstellung benutzt man einen Pfeil. Die Richtung des Pfeiles gibt die Richtung der Kraft an. Die Länge des Pfeiles gibt unter Berücksichtigung eines bestimmten Maßstabes den Betrag der Kraft an (Bild 33/2).

Wie groß ist der Betrag der Muskelkraft im Bild 33/2?

[1] Die geringen Abweichungen sind auf Meßfehler zurückzuführen.



Die Masse eines Körpers

In unseren Produktionsbetrieben, beim Arzt, bei der Post, in Geschäften und an vielen anderen Stellen wird oft gewogen. Dabei wird die Masse von Körpern (z. B. Pakete, Nahrungsmittel, Schrauben) festgestellt. Nenne weitere Beispiele! In diesem Abschnitt sollen Meßgeräte und Meßverfahren zum Ermitteln der Masse besprochen werden.

Die Masse und ihre Einheit

Jeder Körper besteht aus Stoff und nimmt Raum ein. Zu diesen Eigenschaften kommt noch eine weitere hinzu: Jeder Körper hat eine bestimmte Masse. Wie groß sie ist, kann nur durch eine Messung festgestellt werden. Diese Messung heißt Wägung, die dazu benutzten Meßgeräte sind die Waagen.

Als **Einheit der Masse** verwendet man das **Kilogramm (kg).** Weitere Einheiten der Masse sind die *Tonne* (t) und das *Gramm* (g).

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

Wandle die Masse von 850 g in die anderen Masseeinheiten um! Benutze dazu als Hilfe das Muster auf Seite 15!

Man hat festgelegt, daß ein Metallzylinder von 39 mm Höhe und 39 mm Durchmesser die Masse 1 kg besitzt (Bild 34/2). Durch Vergleich mit diesem Zylinder werden Körper aus anderen Stoffen angefertigt (z. B. aus Eisen oder Messing), die die gleiche Masse aufweisen. Man nennt sie Kilogrammstücke.

Bild 34/2 Zylinder aus Platin-Iridium mit der Masse 1 kg. Die Glasglocken schützen ihn vor Feuchtigkeit

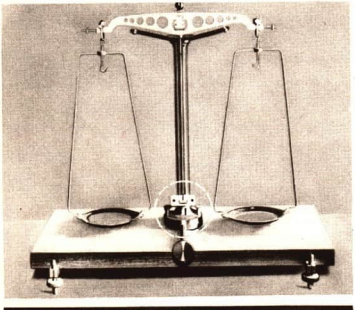
Beachte: Masse und Gewicht eines Körpers sind unterschiedliche Eigenschaften. Sie werden deshalb auch in verschiedenen Einheiten gemessen.

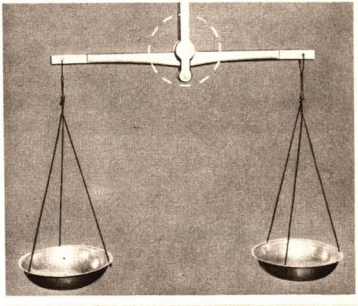
Die Waagen

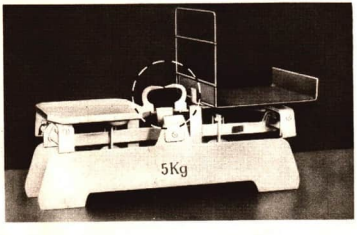
Die zur Wägung benutzten Waagen unterscheiden sich voneinander durch ihren Aufbau, durch ihre Meßbereiche und durch ihre Empfindlichkeit (Bild 35/1). Um Waagen nicht zu beschädigen, darf die Höchstbelastung der jeweils verwendeten Waage nicht überschritten werden. Man muß deshalb vor jeder Wägung abschätzen, wie groß etwa die Masse des zu untersuchenden Körpers sein könnte. Danach wählt man eine geeignete Waage aus.

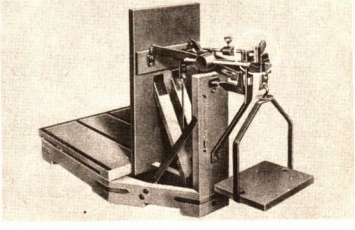
Präzisionswaage. Sie wird in Laboratorien und Apotheken zum Bestimmen kleiner Massen benutzt, wobei die Genauigkeit etwa 1 mg beträgt.
Schalenwaage. Mit ihr lassen sich ebenfalls kleine Massen bestimmen. Die Empfindlichkeit ist aber geringer als bei der Präzisionswaage.
Tafelwaage. Sie wird zur Wägung von Körpern größerer Masse benutzt. Man findet sie im Haushalt und in Geschäften.
Dezimalwaage. Sie wird zum Wägen landwirtschaftlicher Erzeugnisse, zum Wägen von Kohle usw. benutzt.

Bild 35/1









Die Wägung

Bei der Wägung mit Balkenwaagen wird die Masse des zu messenden Körpers mit der Masse der Wägestücke (Bild 36/1) verglichen. Bei der Tafelwaage und bei der

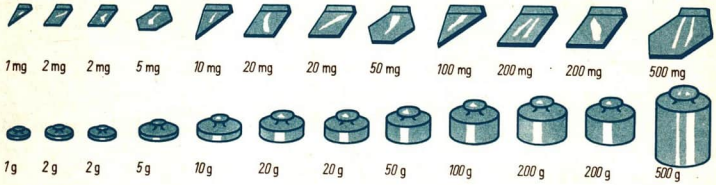


Bild 36/1 Wägestücke verschiedener Masse. Die kleinen Wägestücke dürfen nur mit einer Greifzange (Pinzette) angefaßt werden

Dezimalwaage sind die Massen gleich, wenn die Schnabelzeiger genau einander gegenüberstehen. Bei der Schalenwaage und bei der Präzisionswaage gibt die Nullstellung des Zeigers die Gleichheit der Massen an (Bild 36/2). Man sagt auch: Die Waage ist im Gleichgewicht.

16 Mit einer Schalenwaage soll die Masse eines Metallbolzens bestimmt werden. Man stellt zunächst fest, ob der Zeiger der Waage im unbelasteten Zustand die Nullage einnimmt. Ist das nicht der Fall, so erreicht man es durch Auflegen kleiner Papier- oder Pappstücke auf eine der Schalen. Man sagt, die Waage wird tariert (Bild 36/3a). Nun wird auf die eine Schale der Bolzen gelegt, die andere Waagschale mit Wägestücken belastet, bis der Zeiger wieder die Nullage einnimmt.

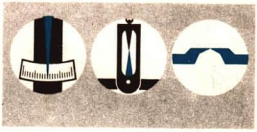


Bild 36/2 Gleichgewichtsanzeige bei Präzisions-, Schalen- und Tafelwaagen

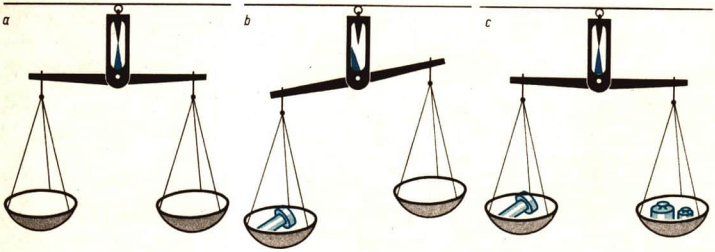


Bild 36/3

Die Gesamtmasse aller aufgelegten Wägestücke ist dann genausogroß wie die Masse des Bolzens. Anstatt zu sagen: Der Bolzen hat die gleiche Masse wie die Wägestücke, deren Gesamtmasse 165 g beträgt, sagt man kürzer: Der Bolzen hat die Masse $m = 165$ g.

Schülerexperiment M 5, Seite 144
Fragen, Aufträge, Versuche
Seite 124, Nr. 56 bis 64

Die Dichte eines Stoffes

Dieser Block aus Schaumglas, der von dem Arbeiter hochgehoben wird, hat trotz seines großen Volumens nur eine kleine Masse. Man kann auch kürzer sagen: Schaumglas hat eine geringe Dichte. Welche Vorteile bringt die Verwendung solcher Stoffe in der Praxis?

Bild 37/2

Die Dichte

Die in Bild 37/2 dargestellten Körper haben unterschiedliche Masse und unterschiedliches Volumen. Das kann man durch Wägung und Volumenbestimmung feststellen. Eine Eigenschaft haben sie aber gemeinsam: Alle bestehen aus dem gleichen Stoff, aus Stahl.

Die Erfahrung (man weiß, daß manche Gegenstände oft aus einem ganz bestimmten Stoff hergestellt werden oder äußerlich feststellbare Eigenschaften haben, wie Oberflächenbeschaffenheit, Farbe, Härte, Glanz) reicht oft nicht aus, um einwandfrei festzustellen, aus welchem Stoff ein Körper besteht. Es gibt noch eine Eigenschaft, die für jeden Stoff kennzeichnend ist. Sie heißt die **Dichte** des Stoffes.

> Die Dichte ist eine den Stoff kennzeichnende Eigenschaft. ◁

17 ▼

Eine Holzleiste mit dem quadratischen Querschnitt 1 cm · 1 cm wird in Stücke von 2 cm, 4 cm, 7 cm und 10 cm Länge zersägt. Durch Wägung bestimmen wir die Masse, durch Rechnung das Volumen der Holzquader.

Die Werte stellen wir in einem Masse-Volumen-Diagramm dar (Bild 38/1). Die Verbindung der Punkte ergibt eine Gerade. Sie ist ein Kennzeichen dafür, daß die Masse der Holzquader im gleichen Maße wie das Volumen zunimmt.

m	V	$\frac{m}{V}$
1,6 g	2 cm³	$0{,}8\,\frac{g}{cm^3}$
3,2 g	4 cm³	$0{,}8\,\frac{g}{cm^3}$
5,6 g	7 cm³	$0{,}8\,\frac{g}{cm^3}$
8,0 g	10 cm³	$0{,}8\,\frac{g}{cm^3}$

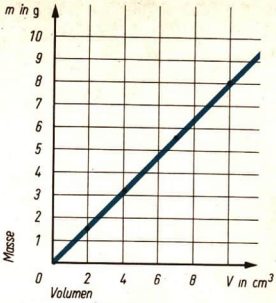


Bild 38/1

Bildet man den Quotienten aus zwei zusammengehörigen Werten von Masse und Volumen, so erhält man stets den gleichen Wert (letzte Spalte der Tabelle). Man nennt ihn die Dichte des Stoffes und legt fest:

▷ Die Dichte des Stoffes, aus dem ein Körper besteht, ist der Quotient aus der Masse und dem Volumen dieses Körpers.

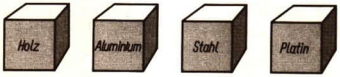
Unter Verwendung des Formelzeichens ϱ für die Dichte (sprich „rho", griech. Buchstabe) schreibt man kurz:

▷ $\text{Dichte} = \frac{\text{Masse}}{\text{Volumen}}$ | $\varrho = \frac{m}{V}$

Als eine Einheit der Dichte ergibt sich $\frac{g}{cm^3}$.

Bestimmt man die Masse in kg und das Volumen in m³, so ergibt sich als Einheit der Dichte $\frac{kg}{m^3}$.

Die Dichten aller Stoffe sind experimentell bestimmt und in Tabellen zusammengestellt worden.



1 cm³				
hat die Masse	0,7 g	2,7 g	7,8 g	21,4 g
Dichte:	$0{,}7\,\frac{g}{cm^3}$	$2{,}7\,\frac{g}{cm^3}$	$7{,}8\,\frac{g}{cm^3}$	$21{,}4\,\frac{g}{cm^3}$

Bild 38/2

Stoff	Dichte in $\frac{g}{cm^3}$
Aluminium	2,7
Bernstein	1,05
Blei	11,34
Gold	19,3
Holz	0,5 bis 1,2
Schaumstoff	0,015
Kork	0,2
Kupfer	8,9
Silber	10,5
Stahl	7,85
Steingut	2,1
Alkohol (Äthanol)	0,8
Benzin	0,7
Quecksilber	13,6
Petroleum	0,85
Schmieröl	0,9
Wasser (bei 4 °C)	1
Luft	0,00129
Sauerstoff	0,00143
Wasserstoff	0,00009

Tabelle 1: Dichte einiger Stoffe[1]

Schülerexperiment M 6, Seite 146
Fragen, Aufträge, Versuche
Seite 125, Nr. 65 bis 72

Will man feststellen, aus welchem Stoff ein Körper besteht, so genügt es daher oft, die Dichte zu bestimmen.

Bestimme die Dichte des Stoffes einer Kugel, deren Masse 178 g und deren Volumen 20 cm³ betragen! Um welchen Stoff handelt es sich wahrscheinlich?

Gegeben:

$m = 178\ g$

$V = 20\ cm^3$

Gesucht:

ϱ

Lösung:

$$\varrho = \frac{m}{V}$$

$$\varrho = \frac{178\ g}{20\ cm^3}$$

$$\varrho = 8{,}9\ \frac{g}{cm^3}$$

Die Dichte des Stoffes beträgt 8,9 g/cm³.
Diese Dichte besitzt Kupfer.

Ein Quader aus Holz und ein Quader aus Stahl mögen die gleiche Masse haben. Was kannst du über die Volumina der beiden Körper aussagen?

Experimentelle Bestimmung der Dichte fester und flüssiger Stoffe

Um die unbekannte Dichte eines Stoffes zu ermitteln, sind Massen- und Volumenbestimmungen notwendig.

a) Feste Körper

Man bestimmt durch Wägung die Masse des Körpers. Handelt es sich um einen regelmäßig geformten Körper aus einem einheitlichen Stoff (z. B. einen Quader oder Würfel), so kann das Volumen berechnet werden. Ist das nicht der Fall, so wird das Volumen durch Flüssigkeitsverdrängung bestimmt. Der Quotient aus Masse und Volumen ist die zu ermittelnde Dichte.

b) Flüssigkeiten

Man bestimmt durch Wägung die Masse des leeren und die Masse des mit der Flüssigkeit gefüllten Gefäßes. Wenn möglich, benutzt man als Gefäß einen Meßzylinder. Die Differenz beider Meßergebnisse ergibt die Masse der Flüssigkeit.

Das Volumen der Flüssigkeit wird mit einem Meßzylinder bestimmt. Die Dichte ergibt sich als Quotient aus der Masse der Flüssigkeit und ihrem Volumen.

[1] Die angegebenen Werte sind gerundet. Die Dichten der Stoffe sind auf mehrere Dezimalstellen genau bestimmt.

Der Aufbau der Stoffe

Einen solchen „Versuch" hast du sicher schon einmal ausgeführt! Weißt du aber auch, warum die Flüssigkeit im Würfelzucker emporsteigt? Kennst du noch andere Vorgänge, bei denen diese physikalische Erscheinung zu beobachten ist? Denke besonders an deine Erfahrungen aus dem Biologieunterricht!

Der Aufbau der Stoffe aus Teilchen

Durch viele Beobachtungen und Versuche ist man zu der Ansicht gekommen, daß alle Stoffe aus *Teilchen*[1] bestehen. Die Teilchen eines Stoffes sind so klein, daß man sie einzeln nicht sehen kann, auch nicht mit einem Mikroskop.
Untereinander sind die Teilchen eines Stoffes stets vollkommen gleich, unabhängig vom Aggregatzustand. Bei unterschiedlichen Stoffen sind dagegen die Teilchen verschieden.

▷ Alle Stoffe bestehen aus Teilchen.

Zwischen den Teilchen eines Stoffes wirken Kräfte. Durch sie ziehen die Teilchen eines Stoffes einander an oder stoßen einander ab (↗ S. 45).

Der Aufbau der Stoffe aus Teilchen ist kompliziert, er kann an dieser Stelle nur sehr einfach erläutert werden. Die Teilchen, aus denen die Stoffe bestehen, sind recht unterschiedlich. Eine Teilchenart, das Atom, wird noch in dieser Klasse (↗ S. 76) beschrieben.

[1] Beachte, daß die Physik unter Teilchen etwas ganz Bestimmtes versteht, was mit dem Wort Teilchen in der Umgangssprache nicht übereinstimmt. Sand- oder Staub*teilchen* sind riesig große Gebilde gegenüber den Teilchen, von denen wir hier sprechen. Die Teilchen eines Stoffes sitzen nicht eng aneinander, sondern sind durch Zwischenräume voneinander getrennt.

Unterschiede zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Körpern

Im Kapitel „Von den Körpern" (↗ S. 10) unterschieden wir die Aggregatzustände durch äußere Merkmale, z. B. durch Form und Volumen. Wenn man davon ausgeht, daß alle Stoffe aus Teilchen bestehen, so kann man ebenfalls bestimmte Kennzeichen des festen, flüssigen und gasförmigen Zustandes angeben:

Aggregatzustand	Merkmal
fest	Teilchen haben geringe Abstände voneinander.
flüssig	Teilchen haben größere Abstände voneinander.
gasförmig	Teilchen haben sehr große[1] Abstände voneinander.

Wegen dieser Unterschiede verhalten sich Körper aus festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen auch unterschiedlich, wenn man sie zusammendrückt. Bei festen Körpern sind sehr große Kräfte notwendig, um das Volumen zu verkleinern. Das gleiche gilt auch für flüssige Körper.

Fülle eine alte Fahrradluftpumpe mit Wasser, verschließe den Ventilanschluß und versuche, das Wasser zusammenzudrükken! Erklläre, was du beobachtest! 18 ▼

Gase lassen sich dagegen leicht zusammendrücken, weil bei allen gasförmigen Körpern die Abstände der Teilchen untereinander groß und die Kraftwirkungen zwischen ihnen klein sind.

Ziehe die Kolbenstange einer Luftpumpe heraus und halte dann den Ventilanschluß mit dem Daumen zu. Drückt man die Kolbenstange nach innen, so läßt sich die Luft anfangs leicht zusammendrücken. 19 ▼

Mit abnehmendem Abstand der Gasteilchen untereinander ist ein weiteres Verdichten der Gase nur mit immer größeren Kräften möglich.

> Zwischen den Teilchen aller Stoffe wirken anziehende und abstoßende Kräfte. ◁

[1] sehr groß bedeutet hier etwa 1 millionstel Millimeter

Die Eigenbewegung der Teilchen

20 Ein Standzylinder wird zur Hälfte mit einer blauen Salzlösung (Kupfersulfatlösung) gefüllt (Bild 42/1). Darüber schichtet man reines Wasser. Da die Salzlösung eine größere Dichte als Wasser hat, besteht zwischen beiden Flüssigkeiten eine Trennfläche. Läßt man den Zylinder einige Monate oder Jahre ruhig stehen, so ist die Trennfläche verschwunden; auch das vorher reine Wasser hat sich blau gefärbt.

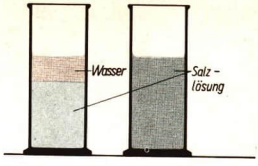


Bild 42/1

● *Wie kann man diese Erscheinung erklären?*

Die blaue Färbung im gesamten Gefäß deutet darauf hin, daß sich Salzteilchen nach oben bewegt haben und zwischen die Wasserteilchen gedrungen sind. Diesen Vorgang nennt man Diffusion.
Eine solche Durchmischung kann nur erfolgen, wenn sich die Teilchen der Stoffe bewegen. Man muß aus diesem Versuch deshalb den Schluß ziehen, daß die Teilchen von Flüssigkeiten in dauernder Bewegung sind.
Wie verhalten sich die Teilchen der Gase?

21 Ein Standzylinder wird mit (sehr giftigem) Bromdampf gefüllt, den man an seiner braunen Färbung erkennt. Da Brom eine größere Dichte als Luft hat, sinkt es im Zylinder nach unten und verdrängt dabei die Luft (Bild 42/2).
Der Zylinder wird dann mit einer Glasplatte abgedeckt.
Setzt man einen zweiten, mit Luft gefüllten Standzylinder umgekehrt auf den bromgefüllten Zylinder und entfernt die Glasplatte, so ist nach etwa 10 Minuten der Inhalt beider Zylinder braun gefärbt. Bromteilchen sind aus dem unteren Standzylinder nach oben gewandert, Luftteilchen nach unten.

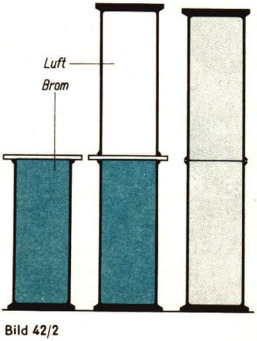


Bild 42/2

Auch für dieses Versuchsergebnis gibt es nur eine Erklärung: Die Teilchen aller Gase sind in dauernder Bewegung. Allgemein gilt:

▷ Die Teilchen sind in dauernder Bewegung und üben Kräfte aufeinander aus.

Die Brownsche Bewegung

Auf welchem Wege kommt der Physiker zu seinen Erkenntnissen? Wir wollen dieses Problem an einem interessanten Versuch klären.

Bild 43/1 Mikroaufnahme von Fettkügelchen der Milch

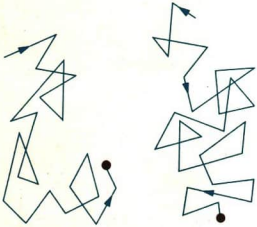


Bild 43/2 Brownsche Bewegung von Rauchkörperchen. Zwei Körperchen wurden unter dem Mikroskop über einen längeren Zeitraum beobachtet und ihre Lage aufgezeichnet. Die Linien verbinden die Punkte miteinander, sind aber nicht die zurückgelegten Wege

Unter dem Mikroskop beobachten wir bei 300facher Vergrößerung mit Wasser verdünnte Milch. Wir erkennen kleine Kügelchen (Bild 43/1). Es sind Fettkügelchen, die in der Milch enthalten sind.

Beobachtung: Bei genauer Betrachtung stellen wir fest, daß die Kügelchen nicht an ihrem Platz bleiben, sondern sich langsam und unregelmäßig bewegen. Die kleinsten Kügelchen bewegen sich am lebhaftesten. Man nennt diese Erscheinung nach ihrem Entdecker Brownsche Bewegung.
Frage: Welche Ursachen hat die Brownsche Bewegung?
Erklärung: Wenn sich die Fettkügelchen einmal bewegen, ein andermal wieder ruhen usw., so müssen Kräfte wirken. Diese Kräfte rühren von Zusammenstößen der (nicht sichtbaren) Flüssigkeitsteilchen mit den kleinen Fettkügelchen her. Die Stöße erfolgen von allen Seiten. Heben sie sich in ihrer Wirkung auf, so bleibt das Fettkügelchen in Ruhe. Es ist aber auch möglich, daß Stöße von einer Seite überwiegen. Dann bewegt sich das (sichtbare) Fettkügelchen etwas. Bei sehr großen Fettkügelchen reichen die Stöße der Flüssigkeitsteilchen nicht aus, um die Fettkügelchen in eine (sichtbare) Bewegung zu versetzen.
Prüfen der Erklärung: Ist die Erklärung richtig, so müssen derartige Erscheinungen auch bei anderen kleinen Körpern auftreten. Tatsächlich kann man die Brownsche Bewegung auch in Zigarettenrauch und an feinsten Tröpfchen, die in der Luft schweben, beobachten (Bild 43/2).
Zur Beobachtung ist aber stets ein Mikroskop notwendig.
Erkenntnis: Die Brownsche Bewegung hat ihre Ursachen in der dauernden unregelmäßigen Bewegung der Teilchen.

Kohäsion und Adhäsion – Die Kapillarität

Um ein Stück Pappe durchzureißen, ist eine bestimmte Kraft notwendig. Eine größere Kraft braucht man, um einen dicken Holzstab durchzubrechen. Einen Stativstab aus Stahl kann man ohne besondere Hilfsmittel überhaupt nicht in zwei Teile trennen.
Stets wird der Trennung der Stoffe ein Widerstand entgegengesetzt, dessen Ursache die auf Seite 40 genannten anziehenden Kräfte zwischen den Teilchen der Stoffe sind. Man bezeichnet diese Erscheinung als **Kohäsion** und die dabei auftretende Kraft als Zusammenhangskraft oder **Kohäsionskraft.**

▷ **Die Kohäsionskraft hält die Teilchen eines Stoffes zusammen.**

Die Kohäsionskraft bewirkt, daß die festen Körper eine bestimmte Form haben. Die Teilchen, aus denen der Festkörper besteht, sind durch die Kohäsionskräfte an einen bestimmten Ort innerhalb des Körpers gebunden. Sie befinden sich aber nicht in Ruhe, wie es das Modell (Bild 44/1) zeigt, sondern schwingen ständig hin und her.

● *Vergleiche die Bewegung der Teilchen des Festkörpers mit der Bewegung der Flüssigkeitsteilchen!*

Bei Flüssigkeiten ist die Kohäsionskraft geringer als bei festen Körpern. Flüssigkeiten lassen sich daher leicht trennen. Die geringere Kohäsionskraft der Flüssigkeiten ist auch die Ursache dafür, daß sie keine bestimmte Form haben. Man benötigt deshalb zum Aufbewahren von Flüssigkeiten Gefäße, die ein Auseinanderfließen verhindern.
Am geringsten ist die Kohäsionskraft bei Gasen. Sie ist so klein, daß man sagen kann: Bei Gasen fehlt die Kohäsionskraft fast vollständig. Aus diesem Grunde und wegen der Eigenbewegung der Teilchen breiten sich Gase stets im gesamten zur Verfügung stehenden Raum aus.
Auch zwischen den Teilchen unterschiedlicher Stoffe können Anziehungskräfte wirken. Sie heißen **Adhäsionskräfte.**

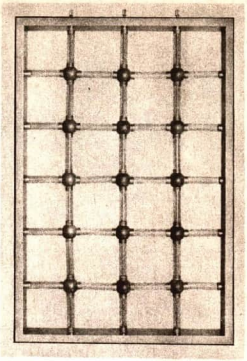


Bild 44/1 Modell der Anordnung der Teilchen in einem Festkörper. Die kleinen Kugeln sollen die Teilchen veranschaulichen, die Federn die zwischen ihnen wirkenden Kräfte

■ Die Adhäsion spielt eine große Rolle beim Kleben und Malen. Auch das Schreiben mit Kreide, Tinte, Bleistift oder Schreibmaschine beruht auf der Adhäsion. Kreideteilchen, Graphitteilchen (beim „Blei"stift) oder Teilchen der Druckfarbe des Schreibmaschinen-Farbbandes lösen sich und haften dann durch Adhäsion.

▷ **Die Adhäsionskraft hält die Teilchen unterschiedlicher Stoffe zusammen.**

Auf Kräfte zwischen den Teilchen einer Flüssigkeit und denen eines Gefäßes sind auch das Wölben von Flüssigkeiten an Gefäßwänden (↗ S. 18) und die **Kapillarität**[1] zurückzuführen. Unter Kapillarität versteht man die Erscheinung,

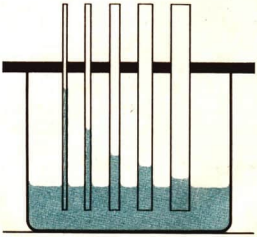


Bild 44/2

[1] capillus (lat.): Haar

daß z. B. Wasser in engen Röhren emporsteigt, wenn man diese in Wasser eintaucht. Je enger die Röhrchen (Haarröhrchen oder Kapillaren genannt) sind, um so höher steigt das Wasser in ihnen (Bild 44/2).

Mit einem Löschblatt kann man einen Tintenklecks beseitigen, weil im Löschpapier feine Zwischenräume enthalten sind, die wie Kapillaren wirken und die Flüssigkeit aufnehmen. Beim normalen tintenfesten Papier werden die Kapillaren bei der Herstellung durch eine Leimschicht verschlossen, so daß die Tinte nicht verläuft.

Fragen, Aufträge, Versuche
Seite 126, Nr. 73 bis 88

Auch im Würfelzucker befinden sich solche feinen Zwischenräume, so daß die Flüssigkeit in ihnen emporsteigt (Bild 40/1).

Modellhafte Vorstellungen in der Physik

Im Abschnitt „Der Aufbau der Stoffe aus Teilchen" wurde gesagt, daß zwischen den Teilchen der Stoffe sowohl anziehende als auch abstoßende Kräfte wirken. Dem Anfänger in der Physik erscheint das schwer vorstellbar. Man unterstützt in solchen Fällen die Anschaulichkeit dadurch, daß man **Modelle** benutzt.

Wirklichkeit	Modell	
Teilchen	kleine Kugeln	
Kräfte zwischen den Teilchen	verformte Schraubenfedern	
anziehende Kräfte zwischen den Teilchen	gedehnte Feder ist bestrebt, sich zusammenzuziehen	
abstoßende Kräfte zwischen den Teilchen	zusammengedrückte Feder ist bestrebt, sich auszudehnen	
Teilchen haben einen solchen Abstand, daß weder anziehende noch abstoßende Kräfte zwischen ihnen überwiegen	Feder ist weder gedehnt noch zusammengedrückt. Die Kugeln behalten ihren Abstand bei.	

Ein solches Modell ist sehr anschaulich. Es gibt aber die Wirklichkeit nicht richtig wieder:
Die Teilchen sind keine kleinen Kugeln, und die Kräfte

zwischen den Teilchen haben mit verformten Schraubenfedern nichts zu tun. Außerdem kommen in der Natur nirgends nur zwei Teilchen allein vor. Modelle oder gar Versuche mit solchen Modellen können daher das wirkliche Geschehen in der Natur nur zum Teil richtig und niemals umfassend darstellen. Trotzdem werden in der Physik häufig Modelle benutzt, weil es mit ihrer Hilfe leichter möglich ist, bestimmte Erscheinungen zu erklären.

Zur Entwicklung des Teilchenbegriffs

Wie viele andere Wissenschaften hat sich auch die Physik im Laufe vieler Jahrhunderte auf ihren heutigen hohen Stand entwickelt. Unser Wissen über die Natur erweitert sich aber noch ständig; denn neben vielen anderen Wissenschaftlern arbeiten heute auch Tausende von Physikern in allen Ländern der Erde in der Forschung. Eines der Hauptarbeitsgebiete ist die Atomphysik, die Lehre von den kleinsten Teilchen der Körper.

Die Vorstellung, daß alle Stoffe aus kleinsten Teilchen bestehen, ist schon sehr alt. Bereits vor 2000 Jahren vertraten die Griechen LEUKIPP und DEMOKRIT (Bild 46/1) diese Ansicht. Sie waren aber nicht durch Beobachtungen und Versuche dazu gekommen, sondern durch Überlegen und Nachdenken. Ein Beweis für die Richtigkeit der Annahme konnte nicht erbracht werden. Vor allem aus diesem Grunde lehnten noch weit bis in das 19. Jahrhundert hinein viele Gelehrte die Vorstellung eines Teilchenaufbaus ab. Eine große Anzahl chemischer und physikalischer Untersuchungen und Experimente, die in den letzten 100 Jahren durchgeführt wurden, ließen sich aber nur erklären, wenn man davon ausging, daß alle Stoffe tatsächlich aus Teilchen bestehen. Wir werden im Physikunterricht dafür noch viele Beispiele kennenlernen.

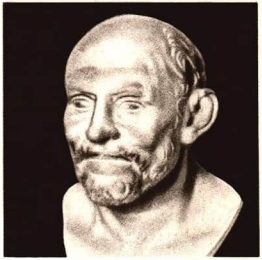
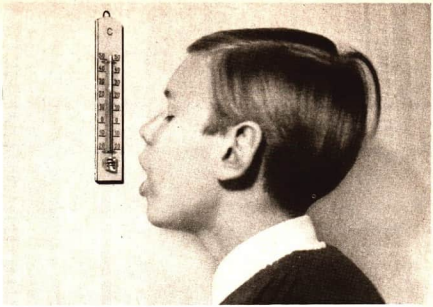


Bild 46/1 Demokrit

Die Ausdehnung der Körper beim Erwärmen



Der Junge haucht die Kugel des Thermometers an. Die Flüssigkeitssäule im Thermometer beginnt zu steigen. Wie ist das zu erklären? Ist die Kugel beim Erwärmen kleiner geworden? Hat sich die Flüssigkeit ausgedehnt?

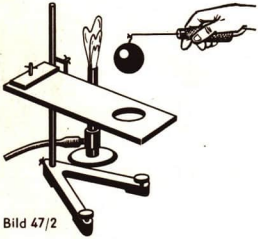


Bild 47/2

Die Ausdehnung der festen Körper

Zuerst soll festgestellt werden, wie sich ein fester Körper beim Erwärmen verhält. Dazu wird ein Versuch mit einer Eisenkugel (Bild 47/2) ausgeführt.

Bei Zimmertemperatur paßt die Kugel gerade noch durch die Bohrung. Die Kugel wird erwärmt und auf die Öffnung gebracht. Sie bleibt jetzt liegen. Die Kugel fällt erst hindurch, nachdem sie sich abgekühlt hat. 23

Beim Erwärmen hat sich der Kugeldurchmesser vergrößert. Auch das Volumen der Kugel muß deshalb zugenommen haben.

Wie wirkt es sich aus, daß die Metallplatte in der Umgebung der Bohrung von der heißen Kugel erwärmt wird?

Zu gleichartigen Ergebnissen gelangt man beim Erwärmen von Stäben aus Stahl und Aluminium (Bild 47/3).

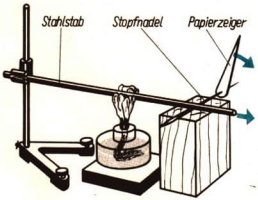


Bild 47/3

Der Stab verlängert sich und rollt dadurch die Nadel auf der Unterlage weiter. Das ist am Drehen des Zeigers zu erkennen. 24

Man kann jetzt vermuten, daß sich feste Körper aus anderen Metallen beim Erwärmen ebenso verhalten. Die Zeit im Physikunterricht reicht aber nicht aus, um viele weitere Körper zu untersuchen. In solchen Fällen werden die Meßergebnisse vieler Forscher ausgenutzt, die man in Hochschulbüchern, Fachzeitschriften und Tabellenbüchern findet. Diese Meßergebnisse bestätigen:

▷ **Die meisten festen Körper dehnen sich beim Erwärmen aus und ziehen sich beim Abkühlen zusammen.**

Eine Ausnahme zeigt der Versuch 102, Seite 128, der zu Hause ausgeführt werden kann.
Nun soll erklärt werden, weshalb sich die Festkörper beim Erwärmen ausdehnen.

● *Lies dazu im Kapitel „Der Aufbau der Stoffe" (↗ S. 44) nach, was dort über den Festkörper gesagt wird!*

Wird der feste Körper erwärmt, schwingen seine Teilchen immer lebhafter. Dadurch werden die Kohäsionskräfte kleiner. Die Abstände zwischen den Teilchen können sich vergrößern. So nehmen die Abmessungen des festen Körpers zu.
Durch die Ausdehnung beim Erwärmen wird somit auch bestätigt, daß die Teilchen des Festkörpers sich ständig bewegen.
Wie sich zwei verschiedene Metalle bei gleicher Erwärmung ausdehnen, kann mit Hilfe eines *Bimetallstreifens* festgestellt werden. Dieser besteht aus zwei Blechstreifen, z. B. aus Stahl und Messing. Die Streifen werden miteinander vernietet oder verschweißt.
Der Versuch nach Bild 48/1 zeigt, daß sich ein Bimetallstreifen beim Erwärmen krümmt.
Daraus ist zu schließen, daß sich die beiden Metalle ungleich ausgedehnt haben.

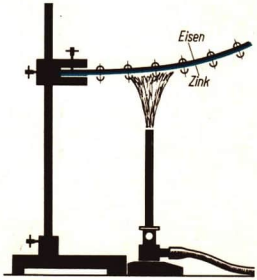


Bild 48/1

● *Welches Metall hat sich mehr ausgedehnt?*

▷ Die Ausdehnung der festen Körper hängt bei gleichen Bedingungen vom Stoff ab.

Das Bild 48/2 zeigt, um welche Strecken sich Stäbe von 10 m Länge ausdehnen, wenn sie von 0 °C auf 100 °C erwärmt werden.
Beim Versuch mit dem Bimetallstreifen ist gleichzeitig zu erkennen:

▷ Feste Körper können Kräfte ausüben, wenn sie sich ausdehnen oder zusammenziehen.

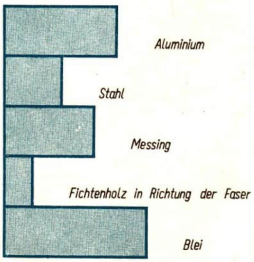


Bild 48/2

Wie groß diese Kräfte sein können, ist beim Bolzensprenger zu beobachten. Der folgende Versuch zeigt das sehr eindrucksvoll (Bild 49/1).

Bild 49/1

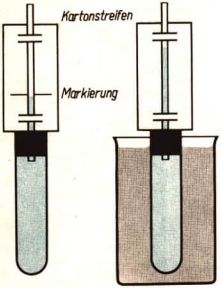


Bild 49/2

Schülerexperiment W 1, Seite 147

Der Stahlstab wird in die Spannvorrichtung eingesetzt und mit dem Bunsenbrenner erwärmt. Dabei wird der Griff ständig festgedreht. Beim nachfolgenden Abkühlen zieht sich der Stab zusammen und zerbricht den Bolzen aus Grauguß.

Die Ausdehnung der Flüssigkeiten

Die Versuche des ersten Abschnittes zeigen, daß sich die Thermometerkugel beim Erwärmen nicht verkleinert haben kann. Wenn die Flüssigkeitssäule trotzdem gestiegen ist, muß sich die Thermometerflüssigkeit ausgedehnt haben. Diese Vermutung soll nun durch einen Versuch überprüft werden.

Ein Reagenzglas (Bild 49/2) wird bis zum Rande mit kaltem gefärbtem Wasser gefüllt und mit einem durchbohrten Stopfen verschlossen. Durch den Stopfen wurde vorher ein enges Glasrohr geführt. Unter dem Stopfen darf keine Luftblase bleiben!
Auf dem Kartonstreifen wird der Wasserstand vermerkt. Nun wird das Wasser erwärmt; die Wassersäule steigt. Danach wird das Reagenzglas mit kaltem Wasser übergossen; die Wassersäule sinkt.

Die Versuche zeigen:
Beim Erwärmen vergrößert sich das Volumen des Wassers, beim Abkühlen verkleinert es sich.
Andere Flüssigkeiten, z. B. Brennspiritus oder Petroleum, verhalten sich ebenso.

> Fast alle Flüssigkeiten dehnen sich beim Erwärmen aus und ziehen sich beim Abkühlen zusammen.

Erkläre mit diesem Ergebnis die Wirkungsweise des Thermometers!
Wie ändert sich beim Erwärmen einer Flüssigkeit ihre Dichte?

Auch die Ausdehnung der Flüssigkeiten beim Erwärmen ist mit dem Verhalten der Flüssigkeitsteilchen zu erklären.

Lies im Abschnitt „Der Aufbau der Stoffe" (↗ S. 42) über die Brownsche Bewegung nach!

Bei der Brownschen Bewegung kann man beobachten, daß die kleinen Körper um so lebhafter umherzittern, je höher

die Temperatur der Flüssigkeit ist. Daraus kann man schließen, daß beim Erwärmen auch die Geschwindigkeit der Flüssigkeitsteilchen zunimmt. Je größer die Geschwindigkeit der Teilchen ist, desto mehr Raum beanspruchen sie innerhalb der Flüssigkeit. Aus diesem Grunde nimmt das Volumen des Körpers zu.
Durch den Versuch nach Bild 50/1 soll die Ausdehnung von Wasser und Petroleum verglichen werden.

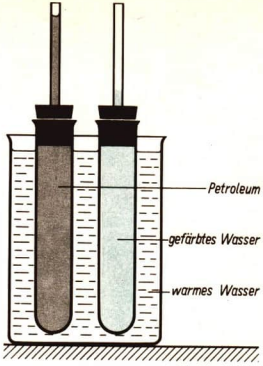


Bild 50/1

27 ▼ Zwei Reagenzgläser, von denen das eine mit Petroleum, das andere mit gefärbtem Wasser gleich voll gefüllt ist, werden in ein Wasserbad gestellt. Das Wasserbad enthält warmes Wasser. Mittels Stopfen wird in jedem Glas ein Glasrohr befestigt.

● *Weshalb werden gleich große Reagenzgläser und gleich weite Glasrohre benutzt?*

Es ist zu beobachten, daß das Volumen des Petroleums bei gleicher Erwärmung mehr als das Wasservolumen zunimmt.

▷ Die Ausdehnung der Flüssigkeiten hängt unter gleichen Bedingungen vom Stoff ab.

Die Ausdehnung der Gase

Auch die Geschwindigkeit der Teilchen eines Gases nimmt zu, wenn das Gas erwärmt wird. Es ist zu vermuten, daß sich dabei das Gasvolumen vergrößert. Durch den folgenden Versuch soll diese Vermutung überprüft werden (Bild 50/2).

28 ▼ Das Reagenzglas wird mit der Hand oder mit einer Flamme erwärmt. Dabei taucht das Glasrohr in Wasser. Aus dem Rohr entweichen Luftblasen. (Warum?) Danach wird das Reagenzglas mit kaltem Wasser übergossen. Aus dem Becherglas steigt Wasser in das Glasrohr und nimmt den Raum der vorher ausgeströmten Luft ein.

Das Ergebnis trifft auch für andere Gase, zum Beispiel Stadtgas, zu.

▷ Gase dehnen sich beim Erwärmen aus und ziehen sich beim Abkühlen zusammen.

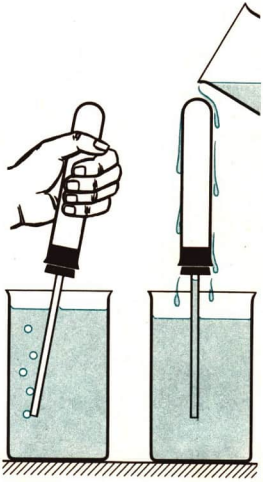


Bild 50/2

Wasser macht eine Ausnahme

Im Frühjahr treiben auf dem See die Eisschollen. Man mißt an der Oberfläche die Temperatur 0 °C. Welche Temperatur mag am Grunde des Gewässers herrschen?
Diese Frage wäre zu beantworten, indem die Temperatur auch in der Tiefe gemessen wird. Das ist aber mit Schwierigkeiten verbunden.

Erläutere diese Schwierigkeiten!

Mit einem Versuch können aber die Verhältnisse im See nachgeahmt werden (Bild 51/1).

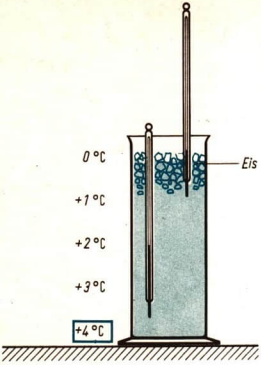


Bild 51/1

29 In einen Standzylinder wird kaltes Wasser gefüllt. Dazu kommen Eisstückchen. Es wird nicht umgerührt. Nach einiger Zeit sind am unteren Thermometer 4 °C abzulesen, während das obere Thermometer 0 °C anzeigt.

Dieses Ergebnis ist überraschend. Im Sommer beim Baden beobachtet man doch, daß an der Oberfläche das Wasser wärmer als in der Tiefe ist. Diese Beobachtung steht im Einklang damit, daß sich Flüssigkeiten beim Erwärmen ausdehnen; das geht aus dem folgenden Versuch hervor:

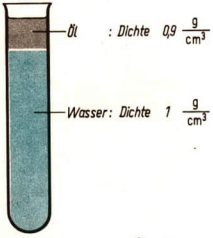


Bild 51/2

30 In ein Reagenzglas werden einige Tropfen Schmieröl gegeben, dazu wird gefärbtes Wasser gegossen. Das Öl sammelt sich oberhalb des Wassers an (Bild 51/2).

Aus dem Vergleich der Dichten von Schmieröl und Wasser (↗ Tabelle 1 auf Seite 39) ist zu schließen:
Die Flüssigkeit mit der kleineren Dichte sammelt sich oben an, die Flüssigkeit mit der größeren Dichte sinkt nach unten. Jetzt ist zu erklären, weshalb das wärmere Wasser an der Oberfläche zu finden ist: Beim Erwärmen nimmt das Volumen des Wassers zu, seine Dichte nimmt deshalb ab. An der Oberfläche befindet sich also das Wasser mit der kleineren Dichte.
Was ist aber aus der Temperaturverteilung beim Versuch 29 zu schließen?
Die Dichte des Wassers muß bei 4 °C größer als bei tieferen Temperaturen sein.

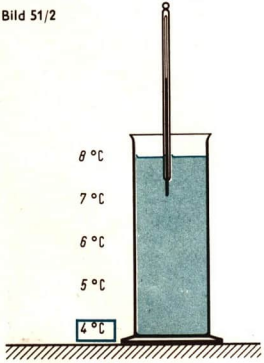


Bild 51/3

31 Nun wird zu Wasser von 0 °C vorsichtig Wasser von etwa 10 °C gegeben. Am besten gießt man das wärmere Wasser auf ein kleines Brettchen, das auf dem kalten Wasser schwimmt. Bild 51/3 zeigt, welche Temperaturen man nach kurzer Zeit messen kann.

Aus der beobachteten Temperaturverteilung ist zu folgern: Die Dichte des Wassers ist bei 4 °C größer als bei höheren Temperaturen.
Zusammenfassend ist festzustellen:

▷ Wasser hat bei 4 °C seine größte Dichte.

Aus diesem Ergebnis ist abzuleiten, wie sich das Volumen von Wasser beim Erwärmen verändert.
Die Anfangstemperatur betrage 0 °C. Bis zur Temperatur 4 °C nimmt das Volumen ab. Steigt die Temperatur weiter an, nimmt das Volumen wieder zu. Dieses Ausnahmeverhalten wird als **Anomalie**[1] des Wassers bezeichnet.
Diese Anomalie ist sehr wichtig für das Leben der Pflanzen und Tiere unserer Gewässer.

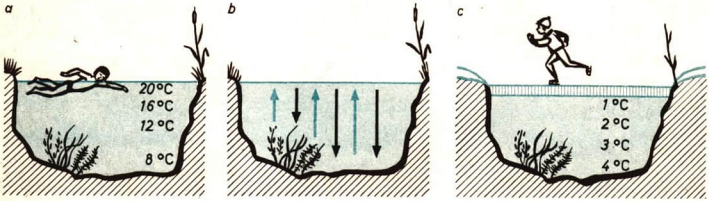


Bild 52/1

Im Sommer ist das Wasser nahe der Oberfläche eines Sees warm. Die Temperatur sinkt mit zunehmender Tiefe (Bild 52/1 a).
Im Herbst kühlt sich das Wasser an der Oberfläche ab und sinkt nach unten. Das Tiefenwasser steigt empor und wird an der Oberfläche ebenfalls abgekühlt. Schließlich herrscht überall im Wasser die Temperatur 4 °C (Bild 52/1 b).
Im Winter wird das Wasser an der Oberfläche weiter abgekühlt. Es sinkt aber nicht mehr ab. Bei 0 °C bildet sich eine Eisdecke. Die Wassertemperatur am Grunde beträgt 4 °C (Bild 52/1 c).

Bei strengen und anhaltenden Frösten wird die Eisdecke immer dicker. Flache Gewässer können dann bis zum Grunde gefrieren.

[1] anomal (griech.): regelwidrig, unregelmäßig

Die Versuche und Beobachtungen der vorhergehenden Abschnitte haben uns zu einem Naturgesetz geführt:

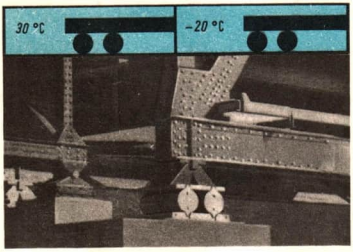
> Die meisten Körper dehnen sich beim Erwärmen aus und ziehen sich beim Abkühlen zusammen.

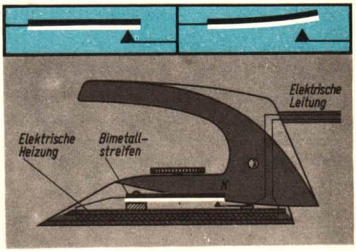
Mit dem Wort **Gesetz** wird ausgedrückt, daß auch in Zukunft bei ähnlichen Versuchen die gleichen Ergebnisse erzielt werden. Man kann jetzt voraussagen, wie sich das Volumen von Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen bei Temperaturveränderungen verhält.
Bis ein Gesetz gefunden wird, muß vielfältig untersucht und genau gemessen werden. Die Anomalie des Wassers zeigt, daß immer wieder überprüft werden muß, ob ein Gesetz in jedem Fall gültig ist.

Anwendungsbeispiele

Brückenlager. Bei Stahlbrücken wird nur das eine Ende starr mit dem Pfeiler verbunden. Das andere Ende wird auf Walzen gelagert. Weshalb ist das notwendig?
Reglerbügeleisen. Der Bimetallstreifen nimmt die Temperatur der Sohle des Bügeleisens an. Dabei verbiegt er sich. Bei einer bestimmten Krümmung des Streifens wird an der Stelle K der elektrische Strom ausgeschaltet. Sohle und Bimetallstreifen kühlen sich jetzt ab. Die Verbiegung des Streifens geht zurück. Schließlich wird der Strom wieder eingeschaltet. Diese Vorgänge wiederholen sich ständig.
Welchen Vorteil bietet ein Reglerbügeleisen?

Fragen, Aufträge, Versuche
Seite 127, Nr. 89 bis 104





Die Temperatur

Für viele Zwecke ist es notwendig, Temperaturen zu messen. Der Arzt mißt die Körpertemperatur des Kranken. Die Mutter mißt die Temperatur des Badewassers und des Wassers im Wecktopf. Dazu werden Thermometer benutzt. Auf dem Bild wird in einer Wetterstation die Lufttemperatur abgelesen.

Die Wärmeempfindung

Mit Wörtern wie kalt, warm, heiß kennzeichnen wir den Wärmezustand von Körpern.

▷ Der Wärmezustand eines Körpers wird als Temperatur bezeichnet.

Bild 54/2 Ist es im Flur warm oder kalt?

Mit Hilfe unserer Wärmeempfindung können wir die Temperatur von Körpern beim Berühren unterscheiden. Aber unsere Empfindungen können uns täuschen! Der folgende Versuch zeigt das deutlich (Bild 54/3).

32 ▼ Drei Schüsseln mit warmem, lauwarmem und kaltem Wasser stehen nebeneinander. Man taucht die rechte Hand in das warme, die linke Hand in das kalte Wasser und läßt sie eine Minute darin. Dann werden beide Hände in die mittlere Schüssel gebracht. Welche Wärmeempfindung hat man bei der rechten, welche bei der linken Hand?

Bild 54/3

▷ Durch unsere Wärmeempfindung können wir die Temperatur eines Körpers nicht zuverlässig bestimmen.

Das Thermometer

Die meisten Festkörper, Flüssigkeiten und Gase dehnen sich beim Erwärmen aus. Dieses Verhalten der Körper wird genutzt, um Meßgeräte für die Temperatur herzustellen. Diese werden Thermometer genannt.
Am bekanntesten sind die Flüssigkeitsthermometer.
Die Versuchsanordnung nach Bild 49/2 könnte bereits nach Art eines Flüssigkeitsthermometers verwendet werden: Je höher die Temperatur des Wassers im Reagenzglas ist, desto höher steigt auch die Flüssigkeitssäule im Glasrohr. Ein solches „Thermometer" hätte aber mehrere Nachteile. Da das Glasrohr oben offen ist, kann das Wasser verdunsten.

Was für eine Temperaturänderung wird dadurch vorgetäuscht?

Das Abkühlen oder Erwärmen der großen Wassermenge im Reagenzglas dauert zu lange Zeit.

Erkläre, weshalb sich Wasser nicht als Thermometerflüssigkeit eignet!

Um diese Nachteile und Fehlerquellen zu beseitigen, enthalten Flüssigkeitsthermometer nur wenig Flüssigkeit. Die Kapillare ist oben zugeschmolzen. Über der Thermometerflüssigkeit befindet sich ein luftleerer Raum. Als Thermometerflüssigkeit werden vorwiegend Quecksilber oder Alkohol verwendet. Wird die Temperatur erhöht, dehnen sich die Thermometerflüssigkeiten und das Glasgefäß aus. Da aber das Flüssigkeitsvolumen bedeutend mehr zunimmt, steigt die Flüssigkeitssäule.

Weshalb wird für das Thermometer ein Kapillarröhrchen verwendet?

Flüssigkeitsthermometer zeigen die Temperatur durch die Länge der Flüssigkeitssäule im Kapillarröhrchen an. Die Temperaturmessung wird somit auf eine Längenmessung zurückgeführt. Ein solches Verfahren wird auch beim Meßzylinder benutzt: Bei diesem wird die Volumenmessung auf eine Längenmessung zurückgeführt.
Es werden z. B. die Geschwindigkeit, Zeit, Dichte, Temperatur (physikalische Größen genannt) nicht *direkt* gemessen. Ihre Messung wird auf die Messung anderer physikalischer Größen zurückgeführt. Diese Tatsache nutzt man in der Technik vielfach aus.

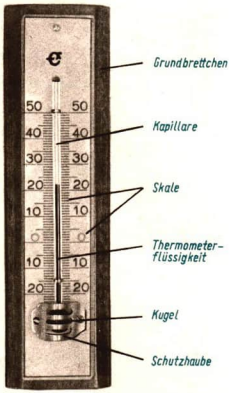


Bild 55/1 Entnimm dem Bild die Bezeichnungen für die Teile des Thermometers!

Die Temperaturskale

Mit einem gefüllten Thermometerröhrchen ohne Skale lassen sich bereits Temperaturen unterscheiden und Temperaturänderungen nachweisen. Für die Temperaturmessung muß eine Skale festgelegt werden. Dazu bedient man sich zweier Temperaturen, die überall leicht darzustellen sind und längere Zeit aufrechterhalten werden können.

33 ▼ Eine Thermometerröhre ohne Skale wird in ein Gefäß mit schmelzendem Eis gesteckt (Bild 56/1). Nach einiger Zeit bleibt die Flüssigkeitssäule stehen. Dieser Stand wird gekennzeichnet. Danach wird die Röhre in ein Becherglas mit Wasser gebracht. Das Wasser wird bis zum Sieden erwärmt. Nun wird abermals der Stand der Thermometerflüssigkeit gekennzeichnet.

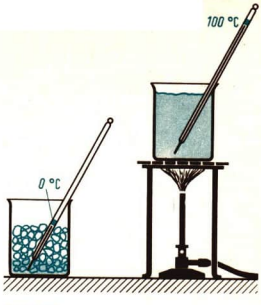


Bild 56/1

Der Versuch zeigt, wie man die **Fixpunkte**[1] der Temperaturskale erhält.

▷ Die Schmelztemperatur des Eises und die Siedetemperatur des Wassers ergeben die Fixpunkte der Temperaturskale.

Die von uns verwendete Temperaturskale ist nach dem schwedischen Naturforscher ANDERS CELSIUS benannt worden.

▶ Die Einheit der Temperatur ist der Grad Celsius.
Sie wird mit °C abgekürzt.
0 °C ist die Schmelztemperatur des Eises.
100 °C ist die Siedetemperatur des Wassers.

Bei der Angabe von Temperaturdifferenzen wird die Einheit Grad beziehungsweise deren Kurzzeichen grd benutzt. Der Abstand zwischen den Fixpunkten wird in 100 gleiche Skalenteile geteilt. Verändert sich die Temperatur um 1 Grad, so steigt oder fällt die Flüssigkeitssäule um einen Skalenteil. Damit wird jedem Stand der Thermometerflüssigkeit zwischen den Fixpunkten eine bestimmte Temperatur zugeordnet.

■ Die Temperatur betrug morgens 9 °C, mittags 14 °C. Die Temperatur stieg in dieser Zeit um 5 grd.

● *Wie erhält man die Skale für Temperaturen über 100 °C und unter 0 °C?*

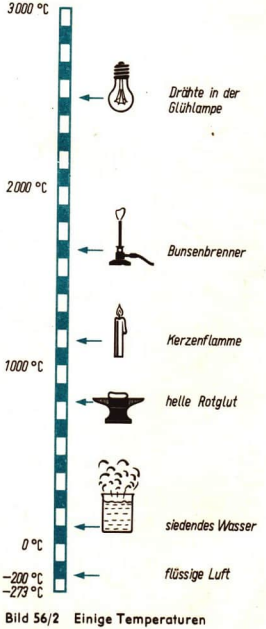


Bild 56/2 Einige Temperaturen

[1] fixus (lat.): fest; Fixpunkt bedeutet also Festpunkt

Temperaturen über 0 °C können durch ein vorgesetztes plus (+) bezeichnet werden. (Das Pluszeichen wird meist weggelassen.) Temperaturen unter 0 °C müssen stets durch ein vorgesetztes minus (—) bezeichnet werden.

Die Skalen der käuflichen Quecksilber- und Alkoholthermometer haben keine gleich großen Skalenteile. Bei beiden Thermometerflüssigkeiten verursachen gleiche Temperaturänderungen nur genähert gleiche Volumenänderungen. In der Wissenschaft wird deshalb die Ausdehnung der Gase für die Temperaturmessung genutzt.

Die Temperaturmessung

Worauf bei Temperaturmessungen zu achten ist, zeigt der folgende Versuch:

34

Ein Thermometer zeigt die Zimmertemperatur an. Es wird nun solange mit Leitungswasser abgekühlt, bis sich die angezeigte Temperatur nicht mehr ändert. Dadurch erhalten wir die Temperatur des Leitungswassers. Wird das Thermometer schon vorher aus dem Wasser entfernt, zeigt es eine Temperatur an, die über der des Wassers liegt.

Soll die Temperatur eines Körpers gemessen werden, müssen wir warten, bis die Kugel des Thermometers die Temperatur des Körpers angenommen hat. In dieser Zeit gibt das Thermometer Wärme ab, oder es nimmt Wärme auf.

Schülerexperiment W 2, Seite 148

Welche Fehler können auftreten, wenn man die Temperatur von 1 cm³ Wasser mißt?

Einige Thermometerarten

Nach ihrem Verwendungszweck erhalten die Thermometer unterschiedliche Formen, Skalen und Meßbereiche.

Nenne Beispiele dafür (Bild 58/1)!

Beim *Fieberthermometer* hat die Kapillare in der Nähe des Quecksilbergefäßes eine Verengung. Die Quecksilbersäule reißt dort beim Abkühlen ab. Vor jeder Messung muß das Quecksilber durch Schütteln des Thermometers unter die Marke 36 °C gebracht werden.

Erkläre den Zweck dieser Besonderheit!

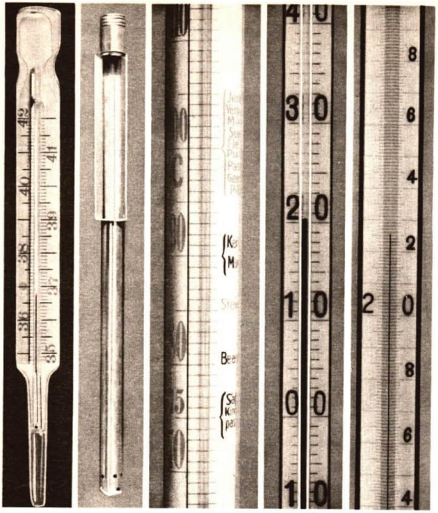


Bild 58/1

Auch mit *Bimetallstreifen* lassen sich Thermometer herstellen. Um große Auslenkungen zu erhalten, wird ein langer, dünner Bimetallstreifen zu einer Spirale gebogen (Bild 58/2). Beim Erwärmen erweitert sich die Spirale, beim Abkühlen verengt sie sich. Von der Spirale wird ein Zeiger bewegt, der auf einer Skale die Temperatur anzeigt. Die Skale erhält man durch einen Vergleich mit der Anzeige eines Flüssigkeitsthermometers.

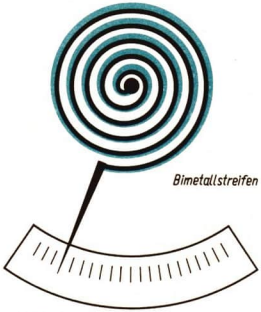


Bild 58/2

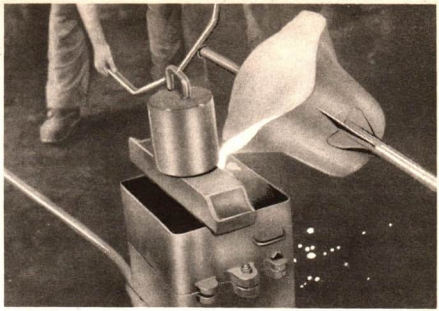
- *Auch beim Reglerbügeleisen (↗ S. 53) wurde ein Bimetallstreifen benutzt. Welche Temperatur mißt er?*

Die Deutsche Demokratische Republik verfügt über eine hochentwickelte Glasindustrie. Diese liefert auch Glassorten, die für Thermometer besonders geeignet sind. Die Thermometer werden vorwiegend in Thüringen, und zwar in Ilmenau und Umgebung hergestellt. Die Produktion allein an Fieberthermometern beträgt jährlich viele Millionen Stück. Thermometer aus der Deutschen Demokratischen Republik sind in aller Welt begehrt. Durch den Export von Thermometern können viele ausländische Erzeugnisse für den Bedarf der Bevölkerung eingekauft werden.

Fragen, Aufträge, Versuche
Seite 129, Nr. 105 bis 118

Zustandsänderungen der Körper

Das Bild zeigt den Arbeitsgang des Gießens. Das Metall wird durch Erwärmen geschmolzen und danach in die Gießform gefüllt. Sobald das Metall erstarrt ist, wird die Form geöffnet, und das Gußstück kann entnommen werden. Auf diese Weise lassen sich Werkstücke komplizierter Gestalt herstellen.



Das Schmelzen

Erkläre noch einmal, in welcher Weise ein fester Körper aus Teilchen aufgebaut ist und weshalb er sich beim Erwärmen ausdehnt! (Lies dazu auf den Seiten 44 und 48 nach!)

Wird der feste Körper immer weiter erwärmt, bewegen sich seine Teilchen so lebhaft, daß die Kohäsionskräfte nicht mehr ausreichen, um die Teilchen an ihre Plätze zu binden. Der feste Körper schmilzt.

Nenne Beispiele für Schmelzvorgänge!

Bei dem folgenden Versuch soll das Schmelzen von Eis genau beobachtet werden (Bild 59/2).

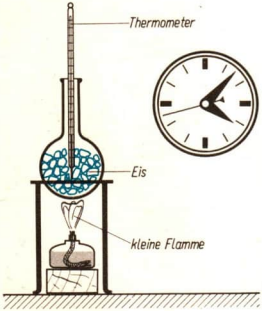


Bild 59/2

35

Ein Becherglas wird etwa zur Hälfte mit zerkleinerten Eisstückchen gefüllt. Mit kleiner Flamme wird Wärme zugeführt und dabei ständig umgerührt. Nach je einer Minute wird die Temperatur gemessen. Das Thermometer darf den Boden des Glases nicht berühren! Die Meßergebnisse werden in eine Tabelle nach dem untenstehenden Muster eingetragen.

Die Tabelle 2 zeigt das Ergebnis eines solchen Versuchs.

Tabelle 2: Temperaturverlauf beim Schmelzen von Eis

Zeitdauer in min	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperatur in °C	0	0	0	0	0	0,5	0,8	1,5	2,5	12,0	20,0

Eine gute Übersicht erhält man durch die grafische Darstellung der Meßergebnisse (Bild 60/1). Der Versuch zeigt, daß zum Schmelzen des Eises Wärme zugeführt werden muß. Während des Schmelzens herrscht mit kleinen Abweichungen die Temperatur 0 °C. Erst wenn das Eis geschmolzen ist, steigt die Temperatur wieder an.

Ist ein Teil des Eises geschmolzen, gelangt die zugeführte Wärme zuerst in das Schmelzwasser. Dieses erhält dadurch eine Temperatur von über 0 °C. Durch das Umrühren wird die Wärme schnell an das Eis weitergegeben. Wenn nur noch wenig Eis vorhanden ist, gelingt das nicht mehr vollständig. Deshalb werden gegen Ende des Schmelzens Temperaturen etwas über 0 °C gemessen.

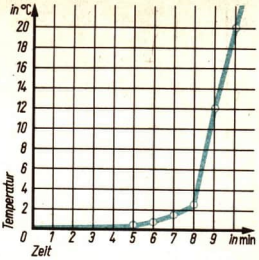


Bild 60/1

Schülerexperiment W 3, Seite 150

Gleichartige Ergebnisse liefern Schmelzversuche mit Körpern aus anderen Stoffen.

▷ Hat ein fester Körper die Schmelztemperatur erreicht, geht er in den flüssigen Aggregatzustand über. Dazu muß dem Körper Wärme zugeführt werden. Während des Schmelzens ändert sich die Temperatur nicht.

Die Tabelle 3 zeigt, wie die Schmelztemperatur vom Stoff abhängt.

Stoff	Schmelztemperatur in °C
Quecksilber	— 39
Eis	0
Zinn	232
Blei	327
Aluminium	660
Silber	960
Kupfer	1083
Eisen	1530

Tabelle 3: Schmelztemperaturen

Manche Stoffe, z. B. Glas und einige Plaste, haben keine bestimmte Schmelztemperatur. Glas erweicht bei 700 °C und wird bei 1300 °C dünnflüssig. Man kann deshalb Glas als eine Flüssigkeit ansehen, die bei Zimmertemperatur überaus zäh ist. Damit ist auch zu erklären, daß sich stehend aufbewahrte Glasrohre im Laufe der Zeit krümmen.
Andere Stoffe, wie z. B. Holz, verbrennen, wenn man sie an der Luft stark erwärmt.

Das Erstarren

In der kalten Jahreszeit sinkt die Temperatur an der Oberfläche der Gewässer bis auf 0 °C. Wird vom Wasser an die kühlere Luft weiter Wärme abgegeben, beginnt es zu gefrieren. Auch andere Flüssigkeiten erstarren, wenn sie genügend abgekühlt werden.
Beim folgenden Versuch werden die Temperaturen beim Schmelzen und Erstarren miteinander verglichen.

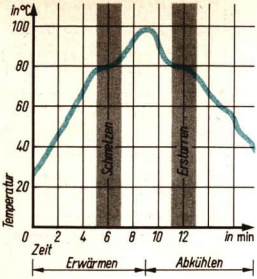


Bild 61/1

Ein Reagenzglas wird mit Naphthalin gefüllt und im Wasserbad erwärmt. Man mißt die Schmelztemperatur 80 °C. Danach wird das Naphthalin abgekühlt. Man beobachtet, daß es bei 80 °C wieder fest wird.

Bild 61/1 zeigt den Temperaturverlauf beim Versuch. Weitere Versuche mit Körpern aus anderen Stoffen liefern ebenfalls das Ergebnis:

Schmelztemperatur und Erstarrungstemperatur eines Stoffes stimmen überein.

Nenne Beispiele für den Erstarrungsvorgang aus dem Haushalt und der Produktion!

Die Volumenänderung beim Schmelzen und Erstarren

Beim Schmelzen und Erstarren ändert sich das Volumen der Körper.

Die meisten Körper dehnen sich beim Schmelzen aus und ziehen sich beim Erstarren zusammen.

Wirf einige Stückchen festes Stearin (Kerzenrest) in ein Reagenzglas mit geschmolzenem Stearin! Beobachte und erkläre das Versuchsergebnis!

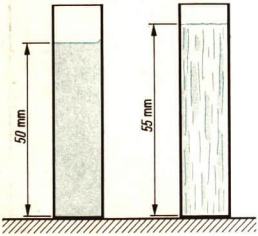


Bild 61/2

Eine Ausnahme macht wieder das Wasser.
Bei mehreren Versuchen war zu beobachten, daß Eisstücke in Wasser schwimmen. Daraus ist zu schließen, daß die Dichte von Eis kleiner als die Dichte des Wassers bei 0 °C ist. Der folgende Versuch liefert nochmals das gleiche Ergebnis (Bild 61/2):

Ein Tablettenröhrchen wird 5 cm hoch mit Wasser gefüllt und für einige Stunden in das Tiefkühlfach eines Kühlschranks gestellt. Die entstandene Eissäule ist etwa 5,5 cm lang.

Wir können daraus schließen:

Wasser dehnt sich beim Erstarren stark aus.

Wasser kann aus diesem Grunde beim Gefrieren große Kräfte ausüben. Wassergefüllte verschlossene Gefäße können beim Gefrieren des Wassers platzen. Man spricht von der *Sprengwirkung* des Eises.

Anwendungsbeispiele

Zerkleinerung der Erdschollen. Durch die Sprengwirkung des Eises werden die Erdschollen des Ackers zerkleinert. Das geschieht um so besser, je feuchter der Boden beim Gefrieren ist. Aus diesem Grunde wird die Winterfurche gezogen. Dabei werden auch die Kapillaren im Erdreich zerstört. Dadurch wird das Austrocknen des Bodens verringert.

Frostschutzmittel. Im Winter werden dem Kühlwasser von Kraftfahrzeugen Frostschutzmittel zugesetzt. Wozu geschieht das? Vergleiche die Erstarrungstemperaturen des Kühlwassers ohne und mit Frostschutzmittel!

Das Sieden

Im Haushalt wird für viele Zwecke siedendes Wasser benötigt. Im Alltag sagt man dazu meist kochendes Wasser. Von Kochen sollte man aber nur sprechen, wenn Speisen bereitet oder Wäsche und andere Gegenstände mit siedendem Wasser behandelt werden.
Der folgende Versuch führt zu wichtigen Erkenntnissen über das Sieden (Bild 63/1).

38 ▼ Ein Stehkolben wird zu Dreiviertel mit Wasser gefüllt und mit einem zweifach durchbohrten Stopfen verschlossen.
Durch die eine Bohrung wird ein Thermometer gesteckt, durch die andere ein Glasrohr. Der Kolben wird erwärmt. Die Vorgänge im Kolben werden beobachtet und dabei wird die Temperatur abgelesen.

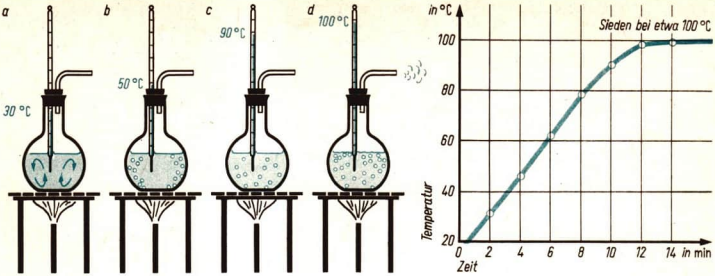


Bild 63/1

10 °C bis 40 °C
Das Wasser gerät in strömende Bewegung.

40 °C bis 60 °C
An der Wand bilden sich kleine Bläschen aus Luft, die nach kurzer Zeit emporsteigen. Vorher war die Luft im Wasser gelöst.

80 °C bis 95 °C
Man hört ein singendes Geräusch. Am Boden bilden sich Blasen. Diese enthalten gasförmiges Wasser, das Wasserdampf genannt wird. Diese Blasen steigen empor, erreichen aber nicht die Oberfläche.

etwa 100 °C
Das Singen hat aufgehört. Die Dampfblasen gelangen bis zur Oberfläche. Das Wasser brodelt. Die Temperatur steigt nicht weiter an.
Der bei etwa 100 °C beobachtete Vorgang ist das **Sieden** des Wassers. Auch andere Flüssigkeiten können zum Sieden gebracht werden, doch herrschen dabei andere Temperaturen.

Beim Sieden bilden sich innerhalb einer Flüssigkeit Dampfblasen, die bis zur Oberfläche gelangen und die Flüssigkeit verlassen. ◁

Der Wasserdampf verdrängt die im Kolben enthaltene Luft und strömt aus der Öffnung. Der Dampf ist farblos und durchsichtig. Seine Temperatur beträgt ebenfalls etwa 100 °C. In geringem Abstande von der Ausströmöffnung bildet sich ein Nebel aus feinsten Wassertröpfchen. Dieser

wird in der Physik nicht als Dampf bezeichnet. Dampf nennt man nur den Gaszustand eines Stoffes, vor allem wenn Veränderungen des Aggregatzustandes beschrieben werden.
Nun kann das Ergebnis des Versuches angegeben werden:

▷ Hat eine Flüssigkeit die Siedetemperatur erreicht, geht sie in den gasförmigen Aggregatzustand über. Dabei muß der Flüssigkeit Wärme zugeführt werden. Während des Siedens ändert sich die Temperatur nicht.

Die Tabelle 4 zeigt, wie die Siedetemperatur vom Stoff abhängt.
Der Siedevorgang kann durch das Verhalten der Teilchen von Flüssigkeiten und Gasen erklärt werden.

● *Lies hierzu nochmals die Seiten 40, 41 und 44!*

Wenn die Siedetemperatur erreicht ist, bewegen sich die Flüssigkeitsteilchen mit sehr großen Geschwindigkeiten. Sie können dadurch die Kohäsionskräfte überwinden. So entstehen die Dampfblasen innerhalb der Flüssigkeit.

Stoff	Siedetemperatur in °C
Äther	35
Äthanol(Alkohol)	78
Wasser	100
Meerwasser	104
Quecksilber	357
Blei	1750

Tabelle 4: Siedetemperaturen

Das Kondensieren

Der folgende Versuch zeigt, wie ein Dampf wieder verflüssigt werden kann (Bild 64/1).

39 ▼ In einem Becherglas wird Wasser zum Sieden gebracht. Der Dampf strömt gegen ein Reagenzglas, das mit Wasser von 10 °C gefüllt ist. Nach kurzer Zeit laufen am Reagenzglas außen Wassertropfen herab. Die Temperatur im Reagenzglas ist angestiegen.

Der Dampf hat an das Reagenzglas und an das kalte Wasser Wärme abgegeben. Er ist dadurch wieder zu (flüssigem) Wasser geworden.

▷ Wird einem Dampf Wärme entzogen, so geht er bei einer bestimmten Temperatur wieder in den flüssigen Aggregatzustand über. Dieser Vorgang heißt Kondensieren.

Bei dem Versuch wird aus dem Dampf zunächst Wasser von 100 °C. Dieses Kondenswasser kühlt sich dann weiter ab.

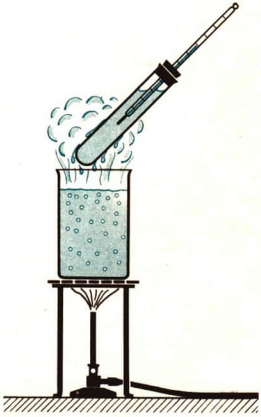


Bild 64/1 Der Stopfen wird eingekerbt. Wozu geschieht das?

Auch bei anderen Flüssigkeiten gilt:

Siedetemperatur und Kondensationstemperatur stimmen überein.

In der Luft ist stets ein Anteil Wasserdampf enthalten. Dieser Dampf kondensiert erst bei Temperaturen weit unter 100 °C. Das kann man bei der ausgeatmeten Luft beobachten, die viel Wasserdampf enthält: Nur an kühlen Tagen bilden sich beim Ausatmen kleine Wolken von Wassertröpfchen.

Das Verdunsten

Einige Zeit nach einem Regen ist das Straßenpflaster wieder trocken. Ein Teil des Regenwassers ist in die Kanalisation abgelaufen oder versickert, der Rest ist verdunstet.

Gib noch andere Beispiele für Verdunstungsvorgänge!

Durch Verdunsten geht eine Flüssigkeit unterhalb ihrer Siedetemperatur in den gasförmigen Zustand über. Dabei bildet sich nur an der Oberfläche der Flüssigkeit Dampf.

Beim Verdunsten müssen Flüssigkeitsteilchen an der Oberfläche der Flüssigkeit die Kohäsionskräfte der übrigen Teilchen überwinden. Das ist möglich, weil sich nicht alle Flüssigkeitsteilchen mit gleichen Geschwindigkeiten bewegen. Nur die Teilchen mit großen Geschwindigkeiten vermögen die Flüssigkeit zu verlassen, wenn sie an die Oberfläche gelangen.
Die folgenden Versuche zeigen, wie das Verdunsten beeinflußt werden kann.

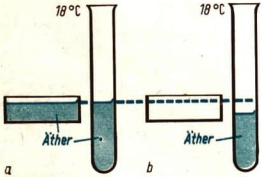


Bild 65/1

Bild 65/2

40 In ein Schälchen und in ein Reagenzglas werden je 3 ml Äther gegossen (Bild 65/1). Nach einigen Minuten ist der Inhalt des Schälchens verdunstet, während sich im Reagenzglas noch Äther befindet. Das beruht auf den verschieden großen Flüssigkeitsoberflächen.

41 In zwei Uhrgläser wird Äther gefüllt (Bild 65/2). Wenn man über die Flüssigkeitsoberfläche des einen hinwegbläst, wird ständig Dampf weggeführt. Die Flüssigkeit kann so schneller verdunsten als im anderen Uhrglas.

42 ▼ Zwei Bogen Löschpapier werden mit Wasser angefeuchtet. Der eine Bogen wird um ein Becherglas mit heißem Wasser gelegt, der andere um ein Glas mit kaltem Wasser. Das Papier trocknet bei der hohen Temperatur schneller.

▷ Das Verdunsten wird begünstigt durch eine große Flüssigkeitsoberfläche, durch das Fortführen des Dampfes und durch Erhöhen der Temperatur.

Der bei einigen Versuchen verwendete Äther siedet bereits bei 35 °C. Aus diesem Grunde verdunstet er schon bei Zimmertemperatur sehr schnell.
Lassen wir auf der Hand einige Tropfen Brennspiritus verdunsten, so empfinden wir eine Abkühlung. Diese zeigt sich auch bei dem folgenden Versuch (Bild 66/1):

43 ▼ Die Kugeln beider Thermometer werden mit Läppchen umwickelt. Das Läppchen wird beim linken Thermometer angefeuchtet. Nach kurzer Zeit zeigt es eine tiefere Temperatur als das trockene Thermometer an. Werden beide Thermometer herumgeschwenkt, sinkt die Temperatur des angefeuchteten Thermometers weiter ab.

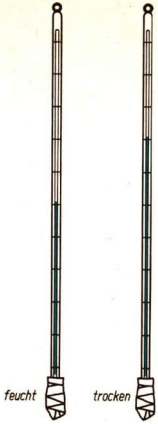


Bild 66/1

Aus dem Versuch ist zu schließen:

▷ Beim Verdunsten wird Wärme verbraucht. Aus diesem Grunde kühlen sich die Flüssigkeit und ihre Umgebung ab.

● *Bei welcher Gelegenheit hast du das Abkühlen beim Verdunsten einer Flüssigkeit schon beobachtet?*

In der nebenstehenden Übersicht sind die Übergänge zwischen den Aggregatzuständen zusammengestellt.

● *Erkläre an Hand der Übersicht, in welchen Formen das Verdampfen vorkommt!*

Schmelz- und Siedevorgang haben eine wichtige Gemeinsamkeit: Trotz gleichmäßiger Wärmezufuhr wird die Temperatur eines Körpers nicht fortwährend erhöht. Bei einer bestimmten Temperatur entsteht vielmehr ein Körper mit veränderter Beschaffenheit, mit neuen Eigenschaften. Aus dem festen Körper wird eine Flüssigkeit, aus der Flüssigkeit wird ein Dampf.

Dafür sagt man auch: Bei gleichmäßiger Wärmezufuhr ändert sich schließlich die Qualität[1] des Körpers.
Solche sprunghaften Veränderungen der Qualität sind in der Natur vielfach zu beobachten.

[1] Qualität – aus dem lateinischen – Beschaffenheit

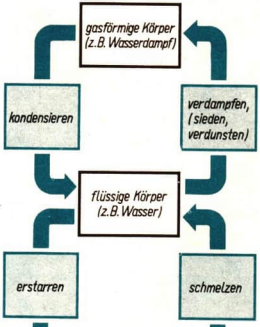


Bild 66/2

Fragen, Aufträge, Versuche
Seite 129, Nr. 119 bis 155

Die Ausbreitung der Wärme

Unsere größte Wärmequelle ist die Sonne. Ihre Strahlung dringt über eine große Entfernung bis zur Erde. Sie erwärmt das Land und die Gewässer und ermöglicht so das Leben auf der Erde. Der Mensch hat viele weitere Wärmequellen erschlossen, um sein Leben zu erleichtern. Nenne einige Beispiele dafür!

Die Wärmeleitung

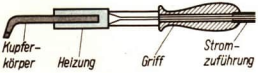


Bild 67/2

Der Kupferkörper des Lötkolbens (Bild 67/2) wird an einem Ende von einer elektrischen Heizung erwärmt. Die Wärme wird im Kupfer weitergeleitet. Sie gelangt zum Lötzinn und bringt es zum Schmelzen.

> Wärme kann in festen Körpern durch Wärmeleitung übertragen werden.

Auch die Wärmeleitung beruht auf der Bewegung der Teilchen.

Lies nach, was auf Seite 44 über den Aufbau der festen Körper gesagt wurde!

An der erwärmten Stelle des Körpers schwingen die Teilchen besonders weit aus. Diese Bewegung wird im Laufe der Zeit auf immer ferner liegende Teilchen übertragen. Die Wärme gelangt dabei von Orten mit hoher Temperatur nach Orten mit tieferer Temperatur.
Der Holzgriff des Lötkolbens erwärmt sich beim Löten nur wenig. Holz leitet die Wärme offenbar nicht gut.

Nenne weitere Beispiele, die zeigen, daß Holz die Wärme schlecht leitet!

Schülerexperiment W 4, Seite 152

Durch den folgenden Versuch soll die Wärmeleitung in Kupfer und Glas verglichen werden.

44 Ein Kupfer- und ein Glasstab gleicher Länge und gleichen Durchmessers werden nach Bild 68/1 eingespannt. An beiden Stäben werden mit erwärmtem Stearin kleine Schrotkugeln befestigt. Die beiden aneinanderstoßenden Stabenden werden zugleich erwärmt. Die Kugeln am Kupferstab fallen schon nach kurzer Zeit der Reihe nach ab. Beim Glasstab dauert das viel länger. Bei einem langen Glasstab bleiben die letzten Kugeln auch nach längerem Erwärmen noch haften.

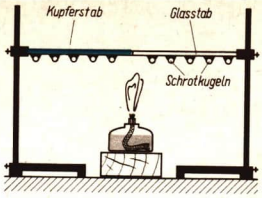


Bild 68/1

In Kupfer breitet sich die Wärme schneller als in Glas aus. Verschiedene Stoffe unterscheiden sich somit in einer weiteren Eigenschaft, der **Wärmeleitfähigkeit**.
Kupfer hat eine große Wärmeleitfähigkeit, Glas hat eine kleine Wärmeleitfähigkeit.

▷ Je größer die Wärmeleitfähigkeit eines Stoffes ist, desto schneller leitet er die Wärme.

Auch Flüssigkeiten und Gase leiten die Wärme.

Bei den folgenden Versuchen muß darauf geachtet werden, daß keine störenden Strömungen entstehen. Diese werden im nächsten Abschnitt gesondert untersucht.

Bild 68/2

45 Ein Reagenzglas wird mit kaltem Wasser gefüllt und nahe dem oberen Ende erwärmt. Auch wenn das Wasser im oberen Teil des Reagenzglases bereits siedet, bleibt es unten noch kalt (Bild 68/2). Daran ist zu erkennen, daß Wasser ein schlechter Wärmeleiter ist.

Auch Gase (z. B. Luft) haben eine kleine Wärmeleitfähigkeit. Man kann zum Beispiel die Hand von der Seite her sehr nahe an eine Flamme heranführen, ohne eine große Erwärmung zu fühlen. In der nebenstehenden Übersicht sind die Ergebnisse sehr vieler Versuche zusammengefaßt.

Gute Wärmeleiter (große Wärmeleitfähigkeit)
Alle Metalle, z. B. Kupfer, Silber
Schlechte Wärmeleiter (kleine Wärmeleitfähigkeit)
Glas, Porzellan, Steingut, Plast, Holz, Wasser, Luft

Die Wärmeströmung

Bei der Heißluftdusche (Bild 69/1) wird mit einem Flügelrad Luft angesaugt. Diese streicht an elektrisch beheizten Drähten vorbei und nimmt Wärme auf. So entsteht ein warmer Luftstrom. Mit ihm gelangt die Wärme an den gewünschten Ort. Man spricht von einer **Wärmeströmung**. Auch Flüssigkeiten können den Wärmetransport übernehmen. Das geschieht z. B. bei Warmwasserheizungen: Die Wärme strömt mit dem Wasser von der Feuerung aus in die Heizkörper.

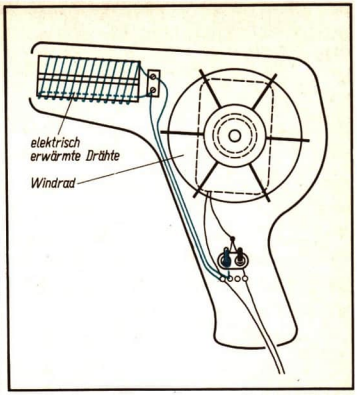


Bild 69/1 a) Ansicht b) schematischer Aufbau

Strömende Flüssigkeiten und Gase können Wärme mitführen. Diese Art der Wärmeausbreitung wird Wärmeströmung genannt.

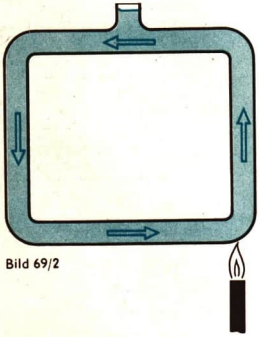


Bild 69/2

Die Strömung des Wassers in der Zentralheizung wird meist nicht – wie bei der Heißluftdusche – durch eine besondere Vorrichtung erzeugt. Der folgende Versuch zeigt, wie diese Strömung zustande kommt.

Ein zum Rechteck gebogenes Glasrohr (Bild 69/2) wird mit Wasser gefüllt, dem einige Farbstoffkörnchen beigegeben wurden. An der einen unteren Krümmung wird erwärmt. Der Farbstoff zeigt an, wie das Wasser zu strömen beginnt.

An der erwärmten Stelle dehnt sich das Wasser aus; seine Dichte nimmt ab. Das erwärmte Wasser steigt deshalb empor. Kühleres Wasser strömt von der Seite her nach. So bildet sich schließlich ein „Kreislauf" aus. Das Wasser erreicht dabei immer höhere Temperaturen.
In gleicher Weise kommen Strömungen zustande, wenn Wasser in einem Becherglas von unten her erwärmt wird. Durch diese Strömungen kann sich die Wärme schnell ausbreiten, obwohl Wasser ein schlechter Wärmeleiter ist.

Erkläre, daß der Versuch mit dem Rechteckrohr als Modell einer Warmwasserheizung anzusehen ist!

Auch jede Flamme ruft in ihrer Umgebung eine Wärmeströmung hervor (Bild 70/1). Watteflöckchen oder andere leichte Körper können von dieser Strömung mitgerissen werden. Durch die Wärmeströmung wird auch fortwährend frische Luft, die zur Verbrennung notwendig ist, an die Flamme herangeführt.
Die Überlegungen dieses Abschnittes zeigen:

▷ Wärmeströmungen können entstehen, weil sich Flüssigkeiten und Gase beim Erwärmen ausdehnen und dadurch ihre Dichte kleiner wird.

● *Erkläre den Unterschied zwischen den Wärmeströmungen, die von einer offenen Flamme und einer Heißluftdusche hervorgerufen werden!*

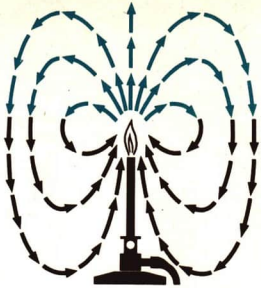


Bild 70/1

Die Wärmestrahlung

Außerhalb der Lufthülle befinden sich zwischen Erde und Sonne nur vereinzelte Stoffteilchen. Aus diesem Grunde kann die Wärme von der Sonne nicht durch Leitung oder Strömung zur Erde gelangen. Die Wärme breitet sich in diesem Falle durch **Strahlung** aus.
Auch eine elektrische Heizsonne, der heiße Kachelofen, die Glut einer Feuerung liefern eine solche Wärmestrahlung. Oftmals wird zugleich mit der Wärmestrahlung Licht ausgesandt.

▷ Heiße Körper senden eine Wärmestrahlung aus. Durch die Strahlung wird Wärme ohne Mitwirkung eines Stoffes übertragen.

Die Wärmestrahlung der Sonne durchdringt die Luft, sie ist auch hinter Fensterscheiben wahrnehmbar. Die meisten Körper absorbieren[1] die Wärmestrahlung und werden deshalb von ihr erwärmt. Wie beeinflussen die verschiedenartigen Körper die Wärmestrahlung?

47 ▼ Zwei Reagenzgläser werden etwa 2 cm hoch mit gefärbtem Wasser gefüllt und mit durchbohrten Stopfen verschlossen. Durch die Bohrungen wird je ein enges Glasrohr gesteckt, das bis in das Wasser herabreicht (Bild 70/2).

Bild 70/2

[1] absorbieren (lat.): aufsaugen; hier aufnehmen, verschlucken

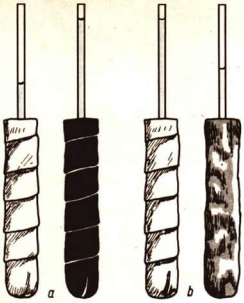


Bild 71/1

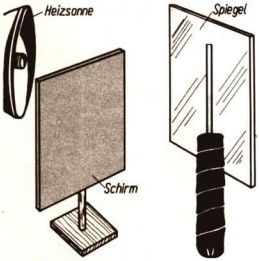


Bild 71/2

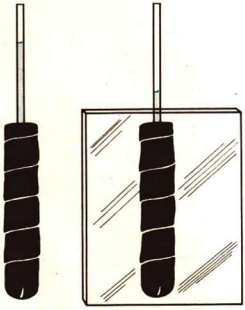


Bild 71/3

Diese Geräte sollen zum Nachweis der Wärmestrahlung dienen. Durch die Strahlung werden die Reagenzgläser und die in ihnen eingeschlossene Luft erwärmt. Die Luft dehnt sich aus und drückt das Wasser im Glasrohr empor.

48

1. Teilversuch (Bild 71/1 a):
Das eine Reagenzglas erhält eine Hülle aus weißem, das andere aus schwarzem Papier. Beide Gläser werden im gleichen Abstand von einer elektrischen Heizsonne aufgestellt. Die Wassersäule im Glasrohr steigt bei dem schwarz umhüllten Glas schneller an.

49

2. Teilversuch (Bild 71/1 b):
Das eine Reagenzglas wird mit weißem Papier, das andere mit Aluminiumfolie umhüllt. Werden wieder beide Reagenzgläser bestrahlt, so steigt die Wassersäule bei dem mit Metallfolie umhüllten Glas langsamer an.

Die Ergebnisse der beiden Teilversuche sind in folgender Weise zu erklären:
Körper mit dunkler Oberfläche absorbieren einen größeren Teil der Strahlung als Körper mit heller Oberfläche; sie erwärmen sich daher mehr. Der übrige Teil der Strahlung wird reflektiert[1]. Glänzende Metallflächen reflektieren einen großen Teil der Wärmestrahlung. Mit dem folgenden Teilversuch wird die reflektierte Strahlung nachgewiesen:

50

3. Teilversuch (Bild 71/2):
Vor einer Heizsonne wird ein Spiegel aufgestellt. Das mit schwarzem Papier umhüllte Reagenzglas zeigt die reflektierte Wärmestrahlung an.

Bei allen 3 Teilversuchen befand sich zwischen der Wärmequelle und den Reagenzgläsern Luft. Die Wärmestrahlung breitet sich durch die Luft aus, ohne sie merklich zu erwärmen.
Nun soll untersucht werden, wie die Wärmestrahlung von anderen durchsichtigen Körpern beeinflußt wird.

51

4. Teilversuch (Bild 71/3):
Beide Reagenzgläser werden mit schwarzem Papier umhüllt und von der Heizsonne bestrahlt. Vor das eine Reagenzglas wird eine dicke durchsichtige Glasplatte gestellt, die Flüssigkeitssäule steigt dadurch langsamer an.

[1] reflektieren (lat.): zurückwerfen.
Beachte die Schreibweise *Reflexion*!

Der letzte Versuch zeigt, daß auch die durchsichtige Glasplatte die Wärmestrahlung nur teilweise absorbiert (vgl. Versuchsergebnis der Versuche 48 und 49!).
Stehende Gewässer erwärmen sich durch die Sonnenstrahlung nur nahe der Oberfläche. Daraus ist zu schließen, daß die Wärmestrahlung dicke Wasserschichten nicht durchdringt.

▷ Die auf einen Körper treffende Wärmestrahlung kann absorbiert, reflektiert und durchgelassen werden.
Körper mit heller Oberfläche und blanke Metallflächen reflektieren einen großen Teil der Wärmestrahlung.

Wir wissen nun, daß sich Wärme auf drei verschiedene Arten ausbreiten kann:

▶ Wärme breitet sich aus durch:
Wärmeleitung in leitenden Stoffen,
Wärmeströmung mit strömenden Stoffen,
Wärmestrahlung ohne leitende oder strömende Stoffe.

Die Wärmedämmung

In den Innenraum eines Kühlschrankes soll möglichst wenig Wärme aus der Küche eindringen. Durch die Rohre der Fernheizungen muß die Wärme bis in die Heizkörper gelangen.
Die unerwünschte Wärmeausbreitung wird in solchen Fällen durch **Wärmedämmung** verhindert.

● *Gib noch weitere Beispiele hierzu an!*

Zur Wärmedämmung wird vorwiegend die schlechte Wärmeleitfähigkeit der Luft genutzt. Dabei müssen aber Wärmeströmungen in der Luft verhindert werden. Das geschieht mit Hilfe von Faserstoffen, z. B. Glaswolle oder Schaumstoffen, die aus Plasten hergestellt werden können, aber auch mit Stroh und Schlacke.

● *Bild 31/2 zeigt einen Kosmonauten in seinem Raumanzug. Wodurch wird die Wärmedämmung bewirkt?*

Durch gute Wärmedämmung können Wärmeverluste vermindert und dadurch unserer Wirtschaft Brennstoffe erspart werden.

Anwendungsbeispiele

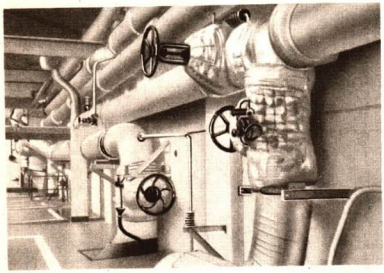
Wärmedämmung mit Glaswolle. Die Rohre der Fernheizung werden mit einer Schicht Glaswolle umkleidet.

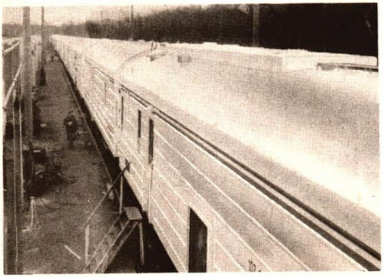
Mieten. Große Teile der Hackfruchternte werden während des Winters in Mieten eingelagert. Die Wärmedämmung wird durch Stroh- und Laubschichten erreicht. Die Temperatur in den Mieten wird mit Hilfe von besonderen Mietenthermometern überwacht.

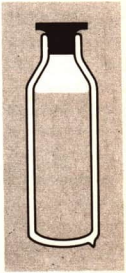
Kühlwagen. Die Kühlwagen werden weiß angestrichen. Begründe diese Maßnahme! Die Wände der Kühlwagen enthalten zur Wärmedämmung meist eine Schicht des Schaumstoffes Piatherm (↗ auch Bild 37/1).

Thermosbehälter. Thermosbehälter bestehen aus Glasgefäßen mit doppelten Wandungen. Der Raum dazwischen ist nahezu luftleer. Die Wandungen werden außerdem mit einer dünnen spiegelnden Metallschicht versehen. Begründe, daß durch diese Maßnahmen alle drei Arten der Wärmeausbreitung weitgehend verhindert werden!

Fragen, Aufträge, Versuche
Seite 131, Nr. 156 bis 174







Aus der Geschichte der Wärmelehre

Die Ausdehnung der Gase beim Erwärmen war schon im Altertum bekannt. HERON VON ALEXANDRIEN (um 120 v. u. Z.) konstruierte z. B. eine Vorrichtung, durch die die Tür des Tempels geöffnet wurde, wenn der Priester das Opferfeuer entzündete (Bild 74/1). Die Luft in dem Gefäß unter der Feuerstelle dehnte sich aus und drückte das Wasser durch das Rohr in den zweiten Behälter. Dieser setzte durch sein Gewicht die Tür in Bewegung.

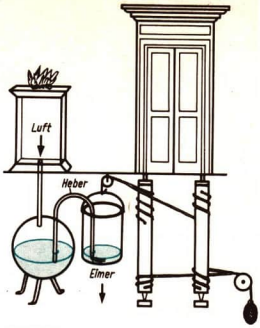


Bild 74/1

An der Entwicklung der Temperaturmeßgeräte und -skale bis zur heutigen Form haben Gelehrte aus vielen Ländern Anteil. Der berühmte italienische Naturforscher GALILEI (1564 bis 1642) benutzte schon ein Thermoskop[1] etwa in der Art von Bild 128/2. In Italien wurde auch erstmals mit geschlossenen Thermometerröhrchen gearbeitet. Der deutsche Glasbläser FAHRENHEIT (1686 bis 1736) führte Fixpunkte für die Temperaturskale ein. Er verwendete dazu unter anderem die Temperatur des gesunden menschlichen Körpers.

Es gab in dieser Zeit auch noch viele andere Fixpunkte, so z. B. die Schmelztemperatur von Butter!

Der schwedische Astronom CELSIUS (1701 bis 1744) hatte ursprünglich gerade entgegengesetzt zur heutigen Skale die Schmelztemperatur des Eises mit 100° und die Siedetemperatur des Wassers mit 0° bezeichnet. Später wurden diese Bezeichnungen vertauscht. In den Ländern mit englisch sprechender Bevölkerung wird auch noch heute oft die Temperaturskale nach FAHRENHEIT bevorzugt.

In Deutschland waren früher viele Thermometer mit einer nach REAUMUR benannten Skale ausgestattet. Bild 74/2 ermöglicht einen Vergleich der Skalen.

In der Wissenschaft wird vielfach die nach dem englischen Forscher Lord KELVIN benannte Skale verwendet. Der Nullpunkt dieser Skale liegt bei der tiefsten Temperatur — 273 °C.

Vom Wesen der Wärme gab es bis in das vorige Jahrhundert hinein keine klaren Vorstellungen.

Der Weg vom ersten Entfachen des Feuers durch einen Menschen bis zum Zünden einer modernen Mehrstufenrakete war lang und mühevoll. Die Flamme erschien dem Menschen anfangs als der Ausdruck einer gewaltigen, un-

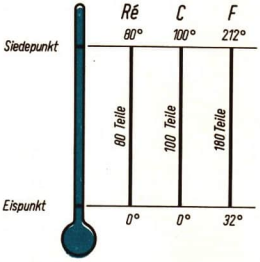


Bild 74/2 Vergleich der Skalen nach Reaumur, Celsius und Fahrenheit. Die Zahlen zwischen den Fixpunkten geben die Anzahl der Skalenteile an

[1] thermos (griech.): warm; skopein (griech.): sehen

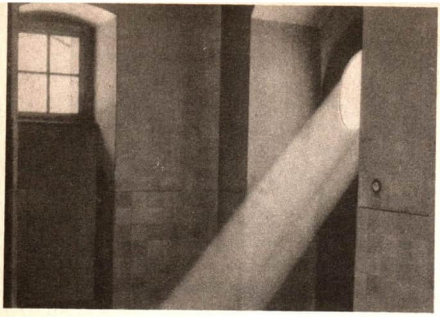
bändigen Naturkraft, deren Ursache und Erscheinung er aber noch nicht zu deuten verstand. Die Menschen erkannten, daß es außer der wärmespendenden Sonne noch andere Wärmequellen gab, die Wärme ausstrahlten. So sahen die Menschen schon bald einen Zusammenhang zwischen dem Feuer und der Sonne. Der Mensch lernte das Feuer bewahren, durch Reibung verschiedener Hölzer selbst Feuer zu erzeugen und die Wärme für sich zu nutzen. Er bereitete mit ihrer Hilfe Speisen, brannte Bäume zum Bau von Booten aus und lernte irdene Gefäße zu brennen, in denen er Wasser und Vorräte aufbewahrte. Er lernte schließlich, mit Hilfe der Wärme aus den Erzen das Metall zu schmelzen, um sich damit immer bessere Arbeitsgeräte und Maschinen zu schaffen. Der heutige Stand der Produktion, des Verkehrs und der Weltraumforschung ist ohne Wärmekraftmaschinen nicht denkbar. Doch der Mensch nutzte nicht nur die Wärme, sondern er dachte auch über das Wesen der Wärme nach.

Manche Völker glaubten, die Götter seien die Besitzer des Feuers, andere hielten das Feuer für eine göttliche Macht. Diese Vorstellungen verschwanden, als der Mensch das Feuer selbst jederzeit entfachen konnte. Er sah das Feuer als etwas Natürliches an, so wie Erde, Wasser und Luft.

Erst im 17. Jahrhundert gab es gegenüber diesen Vorstellungen wesentliche Fortschritte. Allerdings hielt man noch lange die Wärme für eine Art Feuerstoff, der beim Erwärmen in den Körper eindringt.

In der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde zur Gewißheit, daß beim Erwärmen eines Körpers nur die Geschwindigkeit seiner Teilchen vergrößert wird.

Bild 75/1



Vom Atom

Manchmal sieht man in einem Lichtbündel Staubkörperchen tanzen. Sie sind winzig klein, aber trotzdem aus sehr vielen Teilchen zusammengesetzt.
Von solchen Teilchen haben wir im bisherigen Unterricht häufig gehört. Eine Teilchenart, nämlich das Atom, soll näher erläutert werden.

Von der Größe des Atoms

Im bisherigen Unterricht über feste, flüssige und gasförmige Körper wurden physikalische Vorgänge mit dem Verhalten der Teilchen dieser Körper erklärt. Dabei wurde gesagt, daß die Teilchen in ständiger Bewegung sind und Kräfte ausüben. Nun werden wir erfahren, daß die Teilchen – so klein sie auch sind – aus noch kleineren Bestandteilen aufgebaut sind.

Die folgenden Erkenntnisse über das Atom können nicht, wie zum Beispiel die meisten Erkenntnisse aus der Wärmelehre, in unserem Unterricht durch Versuche gewonnen werden. Es werden zur Erweiterung unserer Kenntnisse über das Teilchen einige wichtige Ergebnisse langer und mühevoller Forschungsarbeit vieler Wissenschaftler mitgeteilt.

Betrachten wir zunächst einmal ein in der Luft schwebendes Staubkörperchen. Es ist sehr klein und nur schwer zu erkennen. Gegenüber einem Atom ist das Staubkörperchen aber ebenso unermeßlich groß wie unsere Erde gegenüber einem Personenkraftwagen. 10 000 000 Atome, aneinandergereiht, ergeben erst eine Strecke von 1 mm. Das macht deutlich, daß ein Staubkörperchen aus einer sehr großen Anzahl von Atomen besteht.
Würde man die Atome eines einzigen Staubkörperchens gleichmäßig auf alle Menschen der Erde aufteilen, dann erhielte jeder Mensch immer noch etwa 10 Millionen Atome. (Auf der Erde leben zur Zeit etwa 3 Milliarden Menschen.)

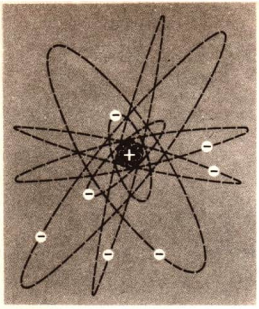


Bild 77/1

Bestandteile des Atoms

Wegen ihrer Winzigkeit hielt man lange Zeit die Atome für die kleinsten Teilchen überhaupt. Heute weiß man, daß auch das Atom noch kleinere Bestandteile enthält. Wir stellen uns ein Atom etwa so aufgebaut vor, wie Bild 77/1 zeigt:
Im Inneren des Atoms befindet sich der **Atomkern**. Er enthält positive elektrische Ladungen (+).
Um den Atomkern bewegen sich **Elektronen**; sie bilden die **Elektronenhülle**. Jedes Elektron hat eine negative elektrische Ladung (—).

Diese Vorstellungen geben uns ein anschauliches Bild vom Aufbau des Atoms, dessen Bestandteile nicht zu sehen sind. Wir wissen bereits, daß man solch ein anschauliches Bild Modell nennt (↗ S. 45). Die Wissenschaftler benutzen heute weit kompliziertere Modelle vom Atom.

Für das Verhalten elektrischer Ladungen gilt:

> Gleichnamig geladene Körper stoßen einander ab.
> Ungleichnamig geladene Körper ziehen einander an.

Darum kommen die Elektronen bei ihrer Bewegung einander nur selten nahe, weil sie alle gleichnamig geladen sind. Sie werden aber alle vom Atomkern angezogen. Die Anziehungskraft hält die Elektronen auf einer Bahn, etwa wie die Muskelkraft eines Jungen einen Stein hält, der an einem Faden herumgeschleudert wird.

Die Atome einiger Stoffe

Betrachten wir z. B. Kohlenstoff. Ein Atom Kohlenstoff (Bild 77/2) hat 6 positive und 6 negative Ladungen.

Gib an, welche Ladungen positiv und welche negativ sind!

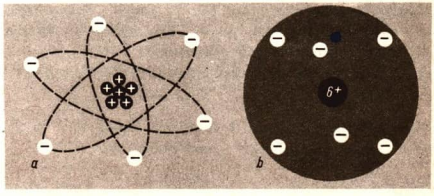


Bild 77/2

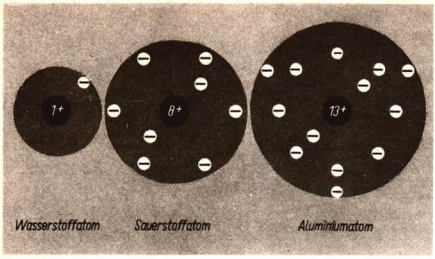


Bild 78/1

Die Atome aller Stoffe enthalten positive und negative Ladungen. Die Atome verschiedener Stoffe unterscheiden sich voneinander durch die Anzahl der Ladungen (3 Beispiele zeigt Bild 78/1).
Ein Atom hat ebenso viele positive Ladungen im Kern wie negative Ladungen in der Elektronenhülle.

▷ Das Atom ist elektrisch neutral.

Stoffe, wie z. B. Wasserstoff, Sauerstoff, Aluminium, Kohlenstoff, haben unterschiedliche Eigenschaften, weil sich ihre neutralen Atome in der Anzahl ihrer Ladungen unterscheiden.

Der neutrale Zustand des Atoms wird verändert, wenn Elektronen vom Atom getrennt werden. Wie auf Grund von vielen Überlegungen und Versuchen festgestellt wurde, werden besonders die Elektronen, die am weitesten von ihrem Atomkern entfernt sind, abgetrennt. Diese abgetrennten Elektronen werden **frei bewegliche Elektronen** genannt.

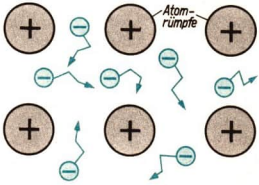


Bild 78/2

Die Elektronen sind elektrisch negativ geladen, der Atomkern ist elektrisch positiv geladen. Nach dem Abtrennen eines Elektrons überwiegen im Rest des Atoms die positiven Ladungen. Der Rest des Atoms ist also positiv geladen. (Man bezeichnet den Rest des Atoms – den Atomkern mit den restlichen Elektronen – als Atomrumpf.) Die abgetrennten Elektronen bewegen sich fast frei zwischen den Atomrümpfen (Bild 78/2).

Unsere Kenntnisse vom Aufbau des Atoms sind in der nebenstehenden Übersicht zusammengefaßt.

Atom	
Atomkern	Elektronenhülle
positive elektrische Ladung	negative elektrische Ladung
Im elektrisch neutralen Atom ist die Anzahl der positiven Ladungen gleich der Anzahl der negativen Ladungen.	

● *Erläutere die nebenstehende Übersicht vom Aufbau des Atoms!*

Der Elektronenaustausch durch Berührung

52

Reiße vier oder fünf Papierstückchen von etwa 0,5 cm Durchmesser ab! Reibe die Kunststoffhülle deines Füllhalters, Druckstiftes usw. am Ärmel deiner Jacke oder deines Pullovers und bringe dann die Hülle in die Nähe der Papierstückchen (Bild 79/1)! Was stellst du fest?

Bild 79/1

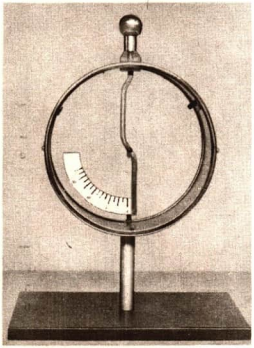
Reibe deinen Kamm am Ärmel und halte ihn dicht über deine Haare! Was stellst du fest?

Wie lassen sich diese Erscheinungen deuten? Wenn zwei Körper aus verschiedenen Stoffen fest aufeinander gepreßt oder aneinander gerieben werden, dann gibt einer der Körper Elektronen an den anderen ab.
Reibt man z. B. Hartgummi (Füllhalter, Kamm) mit Wolle (Jacke, Pullover), dann gehen von der Wolle Elektronen zum Hartgummi über. Trennt man beides wieder, dann ist der Hartgummi durch diese Elektronen negativ geladen. In der Wolle bleiben aber die Atomrümpfe zurück. Darum ist die Wolle nun positiv geladen. Die Ladung des Füllhalters oder des Kammes ist die Ursache dafür, daß Papierstückchen oder Kopfhaare angezogen werden.
Durch Versuche hat man gefunden:
Reibt man zwei Körper aus den Stoffen

+ Glas Wolle Seide Hartgummi —

aneinander, so gibt der näher am Pluszeichen stehende Stoff Elektronen ab und wird elektrisch positiv. Der näher am Minuszeichen stehende Stoff wird elektrisch negativ.

Bild 79/2



Nachweis elektrischer Ladungen mit einem Elektroskop

Ein Elektroskop ist ein Gerät, das elektrische Ladungen anzeigt. Es enthält eine Metallkugel mit einem Metallstab, an dem ein Zeiger drehbar angebracht ist (Bild 79/2). Am Metallstab ist eine Skale befestigt. Das Gerät ist durch eine Halterung aus Kunststoff gegenüber dem Gehäuse isoliert.

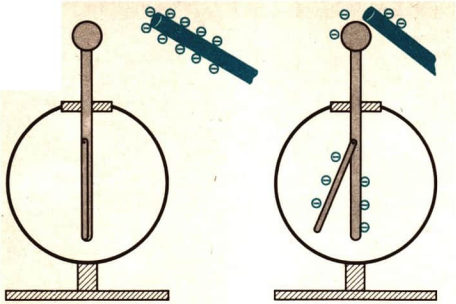


Bild 80/1

53 Reibe einen Körper aus Hartgummi mit Wolle! Der Körper wird negativ geladen. Halte den geladenen Körper an die Metallkugel des Elektroskops! Der Zeiger bewegt sich.

● *Erkläre mit deinen Kenntnissen über die Kräfte zwischen geladenen Körpern, warum sich der Zeiger bewegt!*

Offensichtlich haben sich die frei beweglichen Elektronen mit ihren negativen elektrischen Ladungen durch den Metallstab des Elektroskops ausgebreitet. (Man sagt auch: Der Metallstab leitet gut.) Stab und Zeiger wurden gleichnamig aufgeladen und stießen einander ab.

54 Wiederhole den Versuch 53! Lege den Körper aus Wolle, mit dem du den Körper aus Hartgummi gerieben hast, gleich nach dem Reiben auf die noch negativ geladene Elektroskopkugel! Der Ausschlag des Zeigers geht schnell zurück.

Nach unseren bisherigen Kenntnissen ist zu vermuten, daß der positiv geladene Körper aus Wolle die frei beweglichen Elektronen der Elektroskopkugel wieder aufgenommen hat. Das Elektroskop ist wieder entladen.

■ In Fabrikschornsteinen lädt man häufig die Staubkörperchen, die mit dem Luftstrom nach oben gerissen werden, elektrisch auf. Sie setzen sich an einem entgegengesetzt geladenen Metallrohr ab. Ab und zu wird das Metallrohr erschüttert, und der gesammelte Flugstaub fällt herunter. Auf diese Weise kann in Industriegebieten die Luft vor übermäßigem Flugstaub bewahrt werden (Bild 80/2).
In Werkhallen und anderen Räumen, in denen viel Staub entsteht, werden die Verkleidungsrohre der elektrischen Leitungen zuerst staubig und schwarz. Vergleiche diese Erscheinung mit dem Haften der Papierstückchen am Füllhalter!

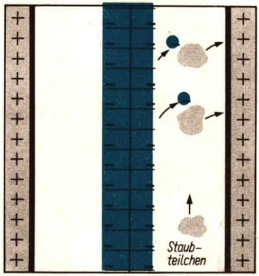


Bild 80/2

Arten elektrischer Leiter

Wir wollen unsere Kenntnisse über elektrische Eigenschaften der Stoffe noch erweitern.

55

An eine Flachbatterie schließen wir eine Glühlampe an. Die Lampe leuchtet auf (Bild 81/1 a). Entfernt man einen Messingstreifen, so erlischt die Lampe. Bringe der Reihe nach Körper aus verschiedenen Stoffen, z. B. Kupfer, Glas, Aluminium, Holz zwischen Messingstreifen und Glühlampe! Bei welchen Stoffen leuchtet die Lampe?

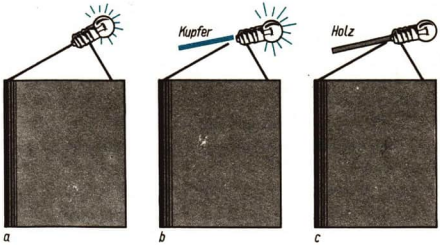


Bild 81/1

> Stoffe, die den elektrischen Strom leiten, heißen elektrische Leiter. Stoffe, die den elektrischen Strom so gut wie gar nicht leiten, heißen Isolatoren.

Ob ein Stoff elektrischer Leiter oder Isolator ist, hängt von der Anzahl der frei beweglichen Elektronen ab.
Metalle haben viele freie Elektronen und leiten daher den elektrischen Strom sehr gut. Sie werden deshalb als Werkstoffe für Drähte, Litzen, Anschlußkontakte usw. verwendet.
Andere Stoffe, z. B. Porzellan, keramische Stoffe, Glas, Gummi und Plaste, haben nur wenige frei bewegliche Elektronen. Solche Stoffe leiten den elektrischen Strom so gut wie gar nicht.

Nenne mit deinen Kenntnissen aus dem Werkunterricht dir bekannte Leiter und Isolatoren!
Gib Beispiele für ihre Verwendung an!

Halbleiter: Sie leiten den elektrischen Strom schlechter als die Metalle, aber besser als die Isolatoren. In der Technik werden sie viel verwendet, da man ihre Leitfähigkeit verändern kann.

Das Teilchen

Wir fassen unsere Kenntnisse über das Teilchen zusammen:

1. Die Teilchen eines Körpers befinden sich in ständiger Bewegung.
2. Zwischen den Teilchen eines Körpers wirken Kräfte.
3. Die Teilchen bestehen aus noch kleineren Bestandteilen, bei den Atomen aus dem Atomkern und den Elektronen.

Es gibt auch noch andere, hier nicht näher erklärte Teilchenarten. Bei einer dieser Teilchenarten besteht jedes Teilchen aus mehreren gleichen oder unterschiedlichen Atomen. Solche Teilchen werden Moleküle genannt.

4. Die Elektronen sind negativ geladen, der Atomkern ist positiv geladen.
5. Die Elektronen bewegen sich um den Atomkern.
6. Zwischen dem Atomkern und den Elektronen wirken elektrische Kräfte.
7. Gleichnamig elektrisch geladene Körper stoßen einander ab, ungleichnamig elektrisch geladene Körper ziehen einander an.

Fragen, Aufträge, Versuche
Seite 133, Nr. 175 bis 177

In der folgenden Übersicht sind einige Ergebnisse unserer Untersuchungen über die Körper zusammengestellt:

Vom Aufbau der Körper					
		Eigenschaften	Beispiel		
Körper		Volumen, Masse	Aluminiumwürfel		1 cm³ ≙ 2,70 g
Stoff		Geschmack, Farbe, Geruch	Aluminium		silberweiß, glänzend, geruchlos $\varrho = 2{,}7\ \frac{g}{cm^3}$
Teilchen		Eigenbeweglichkeit, Kräfte zwischen den Teilchen	Aluminiumteilchen im festen Körper		Eigenbewegung klein, Kohäsionskraft groß
z. B. Atom	Elektronen	negative Ladungen (Leiter oder Isolatoren)	Alumi-nium-atom	13 Elektronen	13 negative Ladungen (freie Elektronen, Leiter)
	Atomkern	positive Ladungen		Atomkern	13 positive Ladungen

Über Inhalt und Arbeitsverfahren der Physik

Das Bild zeigt eine Gruppe bei Schülerversuchen im Physikunterricht. Man kann sehen, wie ein Schüler das Volumen einer bestimmten Wassermenge abliest – wie er mißt. Der andere Schüler trägt die Meßwerte in eine Tabelle ein, ein anderer stellt sie grafisch dar. Welche Bedeutung haben solche Arbeiten bei der Ermittlung physikalischer Gesetze?

Womit beschäftigen wir uns in der Physik?

Wir haben zahlreiche wichtige Eigenschaften der Körper und Stoffe und einige Gesetze kennengelernt. Schon seit sehr langer Zeit untersuchen die Menschen die Gegenstände und Vorgänge ihrer Umwelt, um sie zum Beispiel zur Verbesserung von Werkzeugen und Geräten anzuwenden. Sehr viele Eigenschaften und Vorgänge sind heute bekannt, ständig werden von den Forschern neue entdeckt. Um die vielen Erkenntnisse über die Natur nutzen zu können, war es notwendig, sie zu ordnen. Dabei bildeten sich solche Naturwissenschaften wie Physik, Chemie, Biologie heraus. Diese Einzelwissenschaften sind wieder in Teilgebiete unterteilt.

Die Teilgebiete der Physik wurden bereits auf Seite 8 vorgestellt. Wir können diese Teilgebiete mit unseren bisher erworbenen Kenntnissen jetzt schon genauer kennzeichnen.

Mechanik. Wir haben z. B. festgestellt, daß durch Kräfte Körper ihre Geschwindigkeit oder ihre Form ändern können, daß jeder Körper auf der Erde ein Gewicht hat und das Gewicht eine Kraft ist. Wir haben auch erfahren, daß alle Körper aus Stoff bestehen und jeder Stoff eine bestimmte Dichte hat.

Mit Erscheinungen und Gesetzen über die Bewegungen und Kräfte bei festen, flüssigen und gasförmigen Körpern beschäftigen wir uns in der Mechanik.

Wärmelehre. Wir haben Körper erwärmt und abgekühlt. Dabei änderte sich ihre Temperatur, auch ihre Zustandsform konnte sich dabei ändern. Diese Vorgänge haben wir mit dem Aufbau der Körper aus Teilchen erklärt.
Mit Erscheinungen und Gesetzen, die mit Temperatur- und Zustandsänderungen an Körpern zusammenhängen, beschäftigen wir uns in der Wärmelehre.
Elektrizitätslehre. Wir haben untersucht, welche Wirkungen elektrisch geladene Körper aufeinander ausüben. Bewegen sich die freien Elektronen, so fließt ein elektrischer Strom. Das kann sich in verschiedenen Wirkungen äußern: Licht, Wärme, mechanische Bewegung, magnetische Eigenschaften, stoffliche Veränderungen.
Mit Erscheinungen, bei denen Elektronen eine Rolle spielen, beschäftigen wir uns in der Elektrizitätslehre.
Atomphysik. Viele Eigenschaften der Körper kann man erklären, wenn man annimmt, daß die Stoffe aus Atomen aufgebaut sind. Die Forscher haben bewiesen, daß es Atome gibt. Wir haben an einem Modell gelernt, wie ein Atom aufgebaut ist. Mit den Erscheinungen und Gesetzen, die durch den Aufbau der Atome erklärt werden können, befaßt sich die Atomphysik.

Wie werden physikalische Erkenntnisse gewonnen und verwertet?

Im Physikunterricht wurde oft auf die Arbeitsverfahren der Physik hingewiesen. Einige Verfahren sind im folgenden zusammengestellt.

Von der Beobachtung physikalischer Erscheinungen.
Eine noch unbekannte physikalische Erscheinung kann nur der erkennen, der aufmerksam und sorgfältig beobachtet. Auch muß er sich selbst von den Tatsachen überzeugen und darf nicht kritiklos alles glauben, was von anderen behauptet wird. So hatte sich bei vielen Völkern die Meinung gebildet, daß der Blitz von einem Gott geschleudert wird und entweder wahllos trifft oder besonders denjenigen, der sich den Zorn der Götter zugezogen hat. Es blieb im wesentlichen Benjamin Franklin vorbehalten, durch systematische Beobachtungen zu erkennen, daß der Blitz eine elektrische Erscheinung ist und vorzugsweise in besonders hoch aufragende elektrische Leiter einschlägt.

Bild 85/1

Benjamin Franklin (Bild 85/1) lebte im 18. Jahrhundert. Er arbeitete sich vom Buchdrucker bis zum Minister hoch und war einer der führenden Männer im Befreiungskampf der Vereinigten Staaten von Nordamerika gegen die englischen Kolonialherren. Neben seinen vielen politischen Aufgaben beschäftigte er sich mit Naturwissenschaften und Dichtung und gab zeitweilig auch eine Zeitung heraus.

Wie beobachtet man richtig? Man richtet seine Aufmerksamkeit planmäßig und mit der erforderlichen Ausdauer auf einen ganz bestimmten Vorgang. Wenn z. B. in der Produktion ein Wasserbad auf einer ganz bestimmten Temperatur gehalten werden soll, dann beobachtet man das Thermometer ständig oder in kurzen Abständen, um sofort handeln zu können, wenn die Temperatur von dem gewünschten Wert abweicht.
Das Beobachten erfordert Genauigkeit, Ausdauer und Selbstdisziplin.

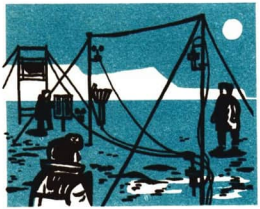


Bild 85/2

Um über die Wettererscheinungen auf der Erde besser Bescheid zu wissen und in Zukunft eine sicherere Wettervorhersage geben zu können, halten sich Gruppen von Wissenschaftlern jahrelang unter schwersten Bedingungen am Nordpol und am Südpol auf (Bild 85/2). Sie registrieren täglich in mühevoller Kleinarbeit Temperatur, Luftdruck, Windrichtung und Windgeschwindigkeit, die Dicke der Eisschichten und deren Verschiebung. Wenn diese physikalischen Erscheinungen jahrelang sorgfältig beobachtet worden sind, wird man mit größerer Genauigkeit sagen können, ob die polaren Eis- und Luftmassen für unser Wetter Bedeutung haben oder nicht.

Fast alle Untersuchungen in der Physik sind mit Messungen verbunden. Bereits bei der Bestimmung des Volumens und der Geschwindigkeit haben wir das Messen geübt.

> Wenn wir physikalische Erscheinungen erkennen wollen, müssen wir genau beobachten. Wir müssen häufig messen. Die Meßergebnisse müssen sorgfältig festgehalten werden.

Das Ergebnis der Messung muß man in Zahlenwert und Einheit ausdrücken. Es ist darum wichtig, die Einheiten sicher zu beherrschen.

Gib an, welche physikalischen Größen an Körpern gemessen werden können! Nenne Einheiten dafür, z. B. Länge: Millimeter (mm), Zentimeter (cm) usw.!

Von Ursache und Wirkung. Bei Beobachtungen werden oft Wirkungen festgestellt, deren Ursache man noch nicht kennt. Es ist deshalb notwendig, die Ursache zu erforschen. Wenn wir sehen, daß ein Balken sich durchbiegt, dann suchen wir nach der Ursache der Verformung. Wenn ein Wagen zu rollen beginnt, dann suchen wir nach der Ursache für die Änderung des Bewegungszustandes. Beim Erforschen der Ursachen erkennen wir, daß in jedem Falle Kräfte wirken.

▷ Ursache und Wirkung sind stets untrennbar verbunden. Nichts geschieht ohne Ursache, und jede Ursache hat mindestens eine Wirkung.

Wenn wir den Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung erkannt haben, können wir ihn zum Nutzen der Gesellschaft anwenden. Es werden Maschinen konstruiert, bei denen mittels großer Kräfte (Ursache) Körper in bestimmter Weise verformt oder bewegt werden (Bild 86/1).

Das Schmieden. Beim Schmieden verformt der herabfallende Hammer das glühende Werkstück. Welches ist die Ursache der Verformung? In der Industrie verwendet man Schmiedepressen, um dem Menschen die schwere körperliche Arbeit zu erleichtern.

Das Walzen. Beim Walzen werden glühende Metallblöcke mehrmals durch Walzen geleitet. Bei jedem Arbeitsgang wird der Abstand der Walzen geringer, bis schließlich der Block die gewünschte Dicke hat. Welche Wirkungen hat die Kraft?

Bild 86/1

Vom Experiment. Auf welchem Wege man Erkenntnisse gewinnen kann, wurde bei der Behandlung der Brownschen Bewegung (↗ S. 42) ausführlich beschrieben.

Lies noch einmal den Abschnitt „Die Brownsche Bewegung" durch! Nenne die Schritte, die zu der Erkenntnis über die Brownsche Bewegung geführt haben!

Auch bei allen anderen Experimenten, die zur Erforschung physikalischer Vorgänge dienen, sind solche Teilschritte notwendig.

Lies auf Seite 61 den Versuch über die Volumenänderung beim Schmelzen und Erstarren und gib an, auf welchem Wege in diesem Falle die Erkenntnisse gewonnen wurden!

Unsere Kenntnisse über das Experiment können wir wie folgt zusammenfassen:

Das Experiment muß sorgfältig geplant werden.
Über das Ergebnis des Experiments ist eine begründete Vermutung aufzustellen.
Während des Experiments muß sorgfältig beobachtet, gemessen und protokolliert werden. Dabei muß man Wesentliches vom Unwesentlichen unterscheiden.
Das Ergebnis des Experiments muß sorgfältig formuliert werden.
Es ist festzustellen, ob das Ergebnis des Experiments die Vermutung bestätigt oder widerlegt.

In beiden Fällen kann das Experiment gelungen sein. So glaubte man z. B. früher, die Wärme sei ein sehr feiner Stoff, der die Körper durchdringe. Als alle Experimente dem widersprachen, wußte man mit Sicherheit, daß die Wärme kein Stoff ist.
Beim Experimentieren ist ständig darauf zu achten, daß keine Gefahren für die Beteiligten oder andere Personen entstehen können. Auch ist sorgfältig mit den Geräten umzugehen.
Experimente erfordern in der Forschung oft einen sehr großen Aufwand, besonders bei der Erforschung des Aufbaus der Atome (Bild 88/1).

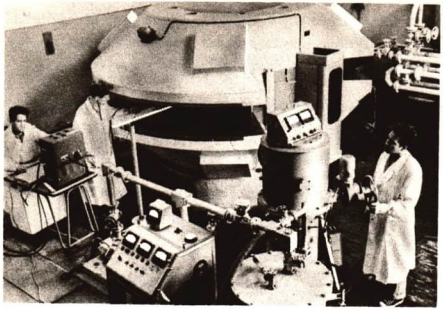
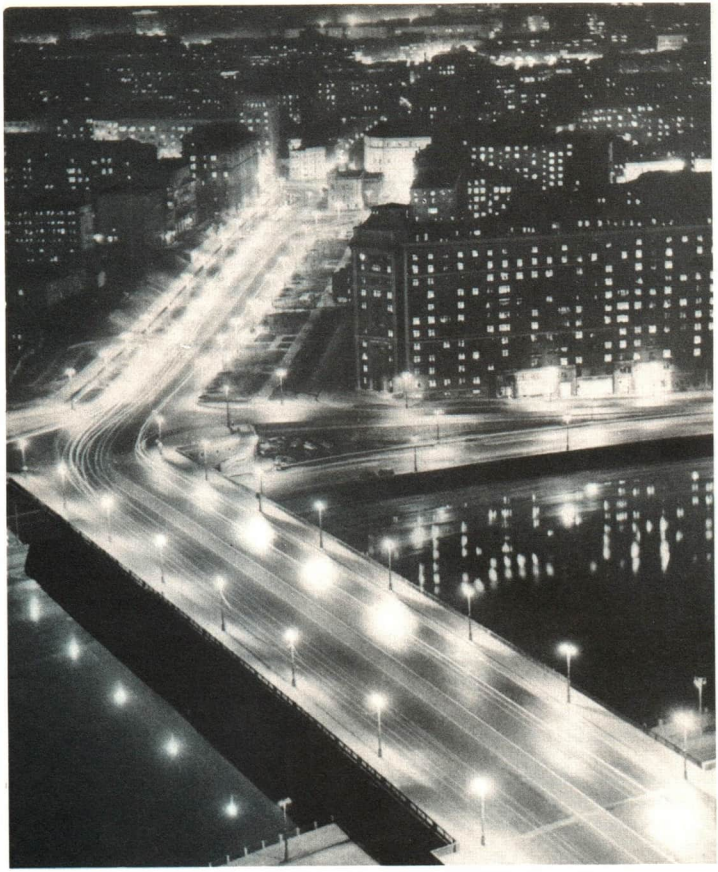


Bild 88/1 Im Vereinigten Kernforschungsinstitut Dubna wird in einem Laboratorium ein Experiment durchgeführt

Von der Anwendung der Erkenntnisse in der Praxis.
Jeder Naturforscher muß in der Lage sein, in gewissen Grenzen vorauszusehen, ob seine Arbeitsergebnisse für die Menschheit von Nutzen sein werden. Das kann ein einzelner oft nicht entscheiden. Deshalb schließen sich die Forscher zu Kollektiven zusammen.
In der DDR entscheidet der Forschungsrat, welche Forschungsvorhaben durchzuführen sind. Er stützt sich dabei auf die Vorschläge der Forscher.
Wenn die Ergebnisse der Experimente vorliegen, wird untersucht, wie die neuen Erkenntnisse in der Praxis angewendet werden können, um z. B. die Produktion zu verbessern, neue Verkehrsmittel zu entwickeln, körperlich schwere Arbeit zu erleichtern – kurz, das Leben der Menschen zu verschönen.
Der Forscher hat aber auch die Verantwortung dafür, daß die Ergebnisse seiner Arbeit nicht in falsche Hände geraten und zur Vernichtung des Lebens mißbraucht werden.

Fragen, Aufträge, Versuche
Seite 134, Nr. 178 bis 184



Aus der Optik

Die Ausbreitung des Lichtes

Eindrucksvoll ist es, wenn das Sonnenlicht durch eine kleine Öffnung in einen sonst dunklen Raum fällt. Es ist ein Lichtbündel zu beobachten. In ihm kann man leuchtende Staubkörperchen sehen. Auch hat man den Eindruck, daß es gerade verläuft. Was kann man aus dieser Erscheinung über das Licht aussagen?

Lichtquellen

Die Sonne erzeugt Licht und sendet es aus. Auch die Wendel der Lampe eines Scheinwerfers erzeugt Licht und sendet es aus. Dadurch werden die Sonne und die Wendel sichtbar.

▷ Körper, die selbständig Licht erzeugen und aussenden, heißen selbstleuchtende Körper oder auch Lichtquellen.

Die meisten Körper erzeugen selbst kein Licht. Wie kommt es aber, daß sie trotzdem zu sehen sind? Diese Körper werfen einen Teil des auf sie fallenden Lichtes zurück; man sagt, sie *reflektieren* das Licht.

▷ Körper, auf die Licht fällt, heißen beleuchtete Körper.

Das reflektierte Licht fällt in unser Auge, und so werden die beleuchteten Körper sichtbar. Die beleuchteten Staubkörperchen sind es also, die wir im Lichtbündel des Bildes 90/1 sehen.

Unsere wichtigste Lichtquelle ist die Sonne. Sie beleuchtet zum Beispiel die Erde, den Mond und die künstlichen Erdsatelliten. Auch die Fixsterne erzeugen Licht und senden es aus.
Zur künstlichen Beleuchtung von Wohnungen, Werkhallen, Stallungen, Straßen usw. hat der Mensch Beleuchtungskörper geschaffen, beispielsweise Glühlampen und Leuchtstofflampen.

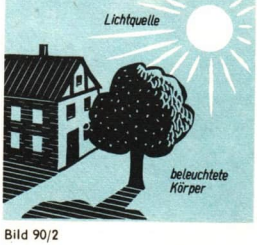


Bild 90/2

Bild 90/3 Ordne dem Mond, den Teilen der Straßenleuchte und dem Personenkraftwagen die Begriffe selbstleuchtender und beleuchteter Körper zu! Begründe!

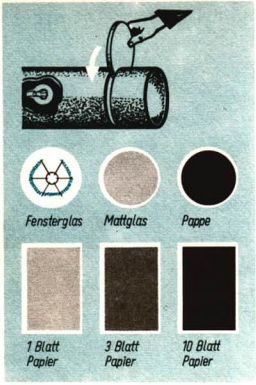
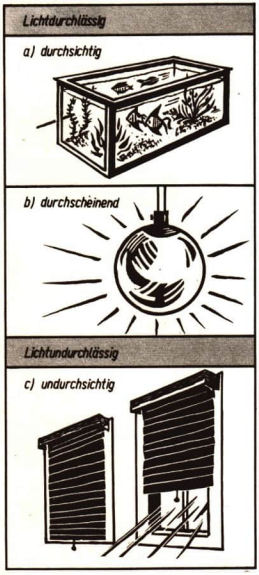


Bild 91/1

Bild 91/2



Lichtdurchlässigkeit

Es ist bekannt, daß manche Körper das Licht besser durchlassen als andere.

Vergleiche die Lichtdurchlässigkeit einer Scheibe aus Fensterglas, einer Scheibe aus Milchglas und einer Betonplatte!

Im folgenden Versuch soll untersucht werden, wovon die Lichtdurchlässigkeit abhängt (Bild 91/1).

Setze zunächst vor eine Experimentier- oder Taschenleuchte jeweils etwa 2 mm dicke Scheiben aus Fensterglas, Milchglas und Pappe! Führe danach einen Versuch durch, bei dem nacheinander 1 bis 10 Blatt Papier vor die Lichtquelle gebracht werden! Erkläre deine Beobachtungen! In welchen Fällen ist der Körper lichtdurchlässig, in welchen nicht? Wovon hängt bei den Papierblättern die Lichtdurchlässigkeit ab? 56

Auch weitere Versuche mit anderen Körpern aus anderen Stoffen und mit unterschiedlichen Schichtdicken ergeben:

Die Lichtdurchlässigkeit der Körper hängt vom Stoff und von der Schichtdicke ab.

Lichtdurchlässige Körper (z. B. die Scheiben aus Fensterglas und aus Milchglas, ein Blatt Papier des Versuches 56) kann man wie folgt unterscheiden:

1. Die Scheibe aus Fensterglas läßt das Licht so hindurch, daß Körper hinter ihr zu erkennen sind; man sagt: Die Scheibe aus Fensterglas ist **durchsichtig** (Bild 91/2 a).
2. Die Scheibe aus Milchglas und das Blatt Papier lassen das Licht so hindurch, daß Körper hinter ihnen nicht zu erkennen sind; man sagt: Die Scheibe aus Milchglas und das Blatt Papier sind **durchscheinend** (Bild 91/2 b).

Lichtundurchlässige Körper (z. B. die Scheibe aus Pappe, zehn Blatt Papier des Versuches 56) lassen das Licht nicht hindurch, sie sind **undurchsichtig** (Bild 91/2 c).

Weil die Lichtdurchlässigkeit der Körper außer vom Stoff auch von der Schichtdicke abhängt, ist es nicht richtig, wenn man für einen Stoff angibt, daß er für Licht durchlässig oder undurchlässig ist. Wasser ist beispielsweise in dünnen Schichten lichtdurchlässig, in dicken nicht. In großen Meerestiefen herrscht völlige Dunkelheit.

Lichtausbreitung

Eine Lampe, die in der Mitte eines Platzes leuchtet, kann von allen Seiten her gesehen werden. Eine Lichtquelle, die in der Mitte eines Zimmers steht, beleuchtet alle Wände, die Decke, den Fußboden. Das Sonnenlicht erhellt Erde, Mond und künstliche Erdsatelliten, ganz gleich, in welcher Richtung von der Sonne sie sich befinden. Daraus können wir schließen:

▷ Das Licht breitet sich nach allen Seiten gleichmäßig aus.

Bild 92/1

● *Betrachte das Bild 92/1! Was ist über die Ausbreitung des Lichtes zu vermuten? Überprüfe deine Antwort durch folgende Versuche:*

57 ▼ Halte einige Zentimeter vor eine Lichtquelle die eine Öffnung eines Schlauches, die andere Öffnung halte vor das Auge (Bild 92/2)! Wie mußt du den Schlauch halten, damit das Licht von der Lichtquelle durch den Schlauch in dein Auge fällt?
Halte vor eine Lichtquelle eine mit einer kleinen Öffnung versehene Pappscheibe, eine *Blende*! Beobachte den Weg des Lichtes vor und hinter der Blende (gegebenenfalls durch Staub sichtbar machen)!

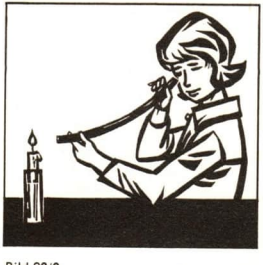


Bild 92/2

Der Versuch bestätigt, daß sich das Licht in der Luft geradlinig ausbreitet. Versuche, bei denen sich das Licht durch Wasser oder Glas oder andere Stoffe ausbreitet, zeigen, daß sich das Licht auch beim Durchgang durch diese einzelnen Stoffe geradlinig ausbreitet.

▷ Das Licht breitet sich in einem Stoff geradlinig aus.

Es ist in der Optik üblich, einen Stoff, der vom Licht durchlaufen wird, *optisches Medium* zu nennen.

Welche Gesetzmäßigkeiten bestehen, wenn sich das Licht z. B. nacheinander durch Luft und Glas – also durch zwei verschiedene Stoffe – ausbreitet, wird später untersucht.

Lichtbündel, Lichtstrahl. Im Versuch 57 läßt die Blende nur einen Teil des Lichtes, ein *Lichtbündel*, hindurch. Dieses Lichtbündel kann durch die Bündelbegrenzung und die Bündelachse gekennzeichnet oder auch zeichnerisch dargestellt werden (Bild 93/1).

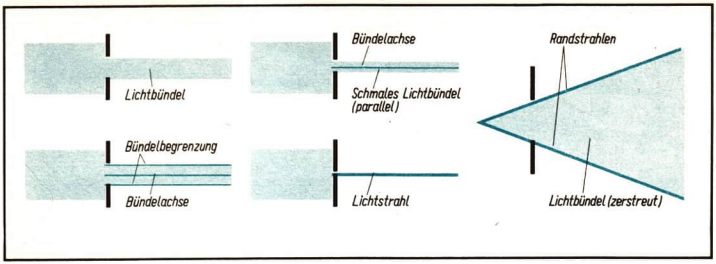


Bild 93/1 Zum Darstellen eines Lichtbündels genügt es, nur die Randstrahlen oder die Bündelachse (Lichtstrahl) zu zeichnen

Bei sehr schmalen Lichtbündeln genügt schließlich die Kennzeichnung durch die Bündelachse. Diese wird als *Lichtstrahl* bezeichnet.

Erläutere die fünf Darstellungen im Bild 93/1!

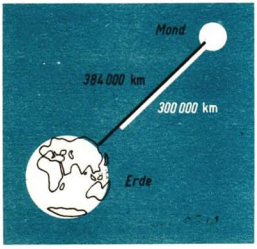


Bild 93/2 Die Entfernung Mond–Erde legt das Licht in etwas mehr als 1 Sekunde zurück

Lichtgeschwindigkeit. Jede Bewegung in der Natur verläuft mit einer bestimmten Geschwindigkeit. Auch das Licht breitet sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit aus (Bild 93/2). Durch zahlreiche Messungen mit unterschiedlichen Meßeinrichtungen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, hat man festgestellt:

Das Licht breitet sich in der Luft mit einer Geschwindigkeit von etwa $300\,000\ \frac{\text{km}}{\text{s}}$ aus.

In flüssigen und festen Stoffen ist die Lichtgeschwindigkeit kleiner als in der Luft. So beträgt die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes beispielsweise im Wasser etwa $225\,000\ \frac{\text{km}}{\text{s}}$.

Schatten

An Hand einer Reihe von Erscheinungen wurde die Geradlinigkeit der Ausbreitung des Lichtes erkannt (Bilder 90/1 und 92/1). Es lassen sich mit diesen Erkenntnissen weitere Erscheinungen (Schattenbildung, Sonnen- und Mondfinsternis) erklären.

Beleuchte mit einer Kerze eine weiße Fläche (Bildschirm)! Halte zwischen Lichtquelle und Schirm einen lichtundurchlässigen Körper, z. B. eine Pappscheibe! 58

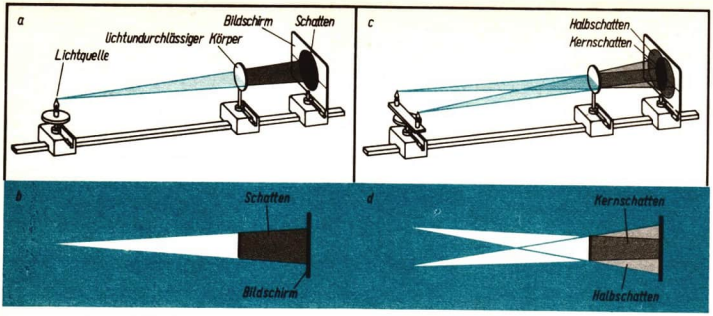


Bild 94/1 Eine punktförmige Lichtquelle erzeugt hinter einem lichtundurchlässigen Körper einen Schatten. Zwei punktförmige Lichtquellen erzeugen hinter einem lichtundurchlässigen Körper einen Kernschatten und einen Halbschatten

Es ist zu erkennen:

▷ Wird ein lichtundurchlässiger Körper von einer Lichtquelle beleuchtet, so entsteht auf der von der Lichtquelle abgewandten Seite ein Schatten.

Kernschatten, Halbschatten. Wie sieht der Schatten hinter einem lichtundurchlässigen Körper aus, der von zwei Lichtquellen beleuchtet wird?

59 ▼ Beleuchte eine Pappscheibe mit zwei Kerzen so, wie es das Bild 94/1 zeigt! Beobachte und vergleiche mit Versuch 58!

Es ist festzustellen, daß bei zwei Lichtquellen **Kernschatten** und **Halbschatten** entstehen können.

● *Ersetze die beiden Kerzen im Versuch 59 durch eine ausgedehnte Lichtquelle, z. B. eine Glühlampe aus Milchglas! Beobachte die entstehenden Schatten (Bild 94/2)! Vergleiche mit Versuch 59!*

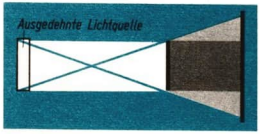


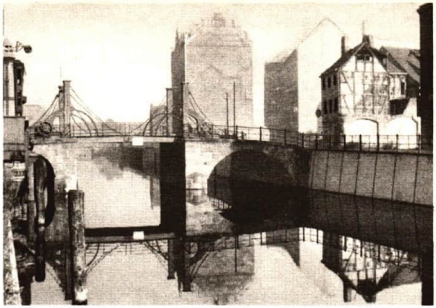
Bild 94/2 Eine ausgedehnte Lichtquelle erzeugt hinter einem lichtundurchlässigen Körper einen Kernschatten und einen Halbschatten

Mit unseren Kenntnissen über Licht und Schatten sind wir in der Lage, Naturerscheinungen zu deuten, die den Menschen im Altertum und auch noch im Mittelalter großen Schrecken einjagten: die Sonnen- und Mondfinsternisse. So glaubten im Altertum einige Völker, daß bei einer Sonnenfinsternis die Sonne von einem Untier verschlungen worden sei, das sie nach einiger Zeit wieder ausspucke. Noch im Mittelalter verknüpfte man das Eintreten von Sonnen- und Mondfinsternissen mit unheilvollen Ereignissen, die die Menschen danach heimsuchen sollten. Wir haben heute diesen Aberglauben überwunden, weil wir uns diese Naturerscheinungen erklären können.

Schülerexperimente O 1 und O 2
Seite 153
Fragen, Aufträge, Versuche
Seite 135, Nr. 185 bis 195

Die Reflexion des Lichtes

Das nebenstehende Foto zeigt eine häufig zu beobachtende Erscheinung: In einer ruhigen Wasseroberfläche spiegeln sich Häuser, Brükken usw. Es entstehen Spiegelbilder. Welche Eigenschaften muß die Wasseroberfläche aufweisen, damit solche Bilder entstehen können? Welche Gesetzmäßigkeiten wirken bei der Entstehung von Spiegelbildern?



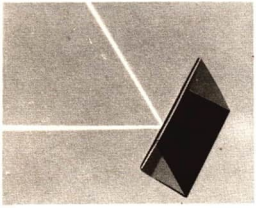


Bild 95/2 Regelmäßige Reflexion

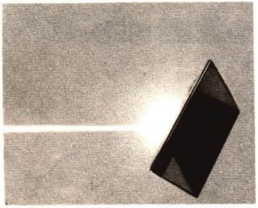


Bild 95/3 Diffuse Reflexion

Reflexion

Körper werfen einen Teil des auf sie fallenden Lichtes zurück. Sie reflektieren Licht.
Diesen Vorgang nennt man **Reflexion**.

60

Richte das Licht einer Lichtquelle, die ein paralleles Lichtbündel aussendet, auf einen Taschenspiegel (Bild 95/2) und danach auf ein Blatt weißes Zeichenpapier (Bild 95/3). Verfolge jeweils die Richtung der Ausbreitung des Lichtes vor und nach der Reflexion!

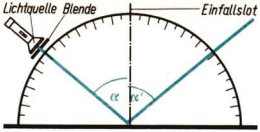
Jede glatte, ebene Fläche (z. B. eine ruhige Wasseroberfläche, eine glatte Metallplatte oder eine Fensterscheibe) wirkt wie ein ebener Spiegel.

Benutze an Stelle des Taschenspiegels andere Körper mit glatten Oberflächen, z. B. eine Schüssel mit Wasser, eine Scheibe aus Fensterglas! Ersetze das Zeichenpapier durch andere rauhe Körper, z. B. ein Stück Pappe oder Holz! Vergleiche deine Ergebnisse mit den Bildern 95/2 und 95/3!

Es ist zu erkennen:
Trifft paralleles Licht auf einen ebenen Spiegel, so wird es *in eine bestimmte Richtung* reflektiert, man spricht von **regelmäßiger Reflexion**.
Trifft paralleles Licht auf eine rauhe Fläche, so wird es in *verschiedene Richtungen* reflektiert, man spricht von **diffuser Reflexion**.

Das Reflexionsgesetz

Das Bild 96/1 zeigt einen Versuchsaufbau, mit dessen Hilfe die Gesetzmäßigkeiten bei der Reflexion des Lichtes am ebenen Spiegel zu finden sind:



α : Einfallswinkel
α' : Reflexionswinkel

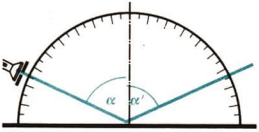


Bild 96/1 Versuchsaufbau

> Einfallswinkel und Reflexionswinkel sind gleich groß.
> Es gilt: $\alpha = \alpha'$.
> Einfallender Strahl, Einfallslot und reflektierter Strahl liegen in einer Ebene.

Die Reflexion des Lichtes an rauhen Flächen erfolgt nach der gleichen Gesetzmäßigkeit wie am ebenen Spiegel. Das

Schülerexperiment O 3, Seite 155

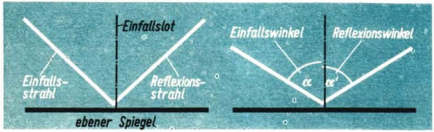


Bild 96/2

Bild 96/3 a und die stark vergrößerten Ausschnitte davon (b und c) lassen erkennen, warum ein paralleles Lichtbündel an einer rauhen Oberfläche diffus reflektiert wird.

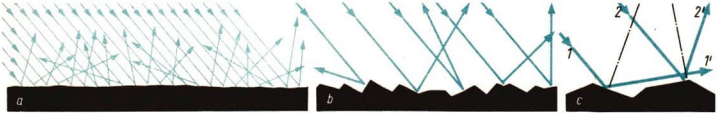


Bild 96/3 a, b, c

Die Umkehrbarkeit des Lichtweges

Es soll noch einmal der Versuchsaufbau nach Bild 96/1 betrachtet werden. Nach dem Reflexionsgesetz müßte ein Lichtstrahl, der von A ausgeht, nach der Reflexion durch L verlaufen (Bild 96/4).

Bestätige diese Überlegung durch ein Experiment!

Es ergibt sich für die Reflexion:

Jeder Lichtstrahl kann seinen Weg in umgekehrter Richtung durchlaufen.

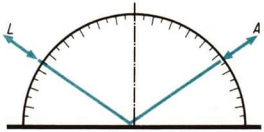


Bild 96/4 Der Lichtweg ist umkehrbar. Setzt man an den Ort des Auges A die Lichtquelle L und an den Ort der Lichtquelle das Auge, so ändert sich am Versuchsergebnis nichts

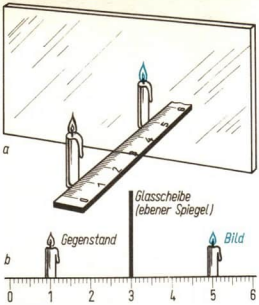


Bild 97/1

Das Bild am ebenen Spiegel

Es ist bekannt, daß an einem Spiegel ein **Bild** der Körper entsteht, die sich vor dem Spiegel befinden. In der Optik werden solche Körper **Gegenstand** genannt. Es soll nun gezeigt werden, wie die Entstehung von Bildern mit den Kenntnissen über die Reflexion erklärt werden kann.

In einem verdunkelten Zimmer brennt eine Kerze vor einer senkrecht stehenden Glasscheibe. Wenn man in die Glasscheibe schaut, sieht man das Bild der Kerze. Nun stellt man eine gleich große, nicht brennende Kerze so hinter die Scheibe, daß sie sich mit dem Bild deckt: Das Bild ist genauso groß wie der Gegenstand (Bild 97/1).

Es sieht so aus, als ob die Kerze hinter der Scheibe brennt. Mit Hilfe eines Lineals und eines Winkelmessers, mit dem das Lineal rechtwinklig zur Scheibe gerichtet wird, ist festzustellen:

> Beim ebenen Spiegel liegen der Gegenstand und sein Bild symmetrisch zur Spiegelfläche. Das Bild ist ebenso groß wie der Gegenstand.

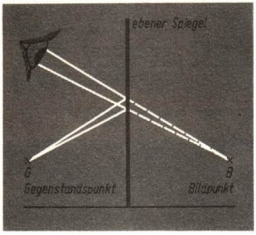


Bild 97/2

Es sollen nun zwei Lichtstrahlen, die von einem Punkt des Gegenstandes, dem **Gegenstandspunkt G**, herkommen, gezeichnet werden (Bild 97/2). Sie treffen unter verschiedenen Einfallswinkeln auf den Spiegel und werden nach dem Reflexionsgesetz zurückgeworfen. Zeichnet man die rückwärtigen Verlängerungen der reflektierten Lichtstrahlen, so schneiden sie einander in einem Punkt, dem **Bildpunkt B**. Für den Betrachter scheint das ins Auge fallende Licht von diesem Punkt herzukommen.

Der Bildpunkt B liegt ebenso weit hinter dem ebenen Spiegel, wie der Gegenstandspunkt G vor ihm liegt.

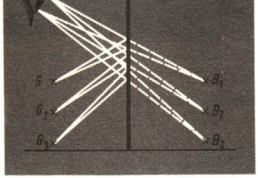


Bild 97/3 Bildentstehung am ebenen Spiegel

In der beschriebenen Weise werden alle Gegenstandspunkte, z. B. G_1, G_2, G_3, abgebildet. Sie ergeben insgesamt das Bild des Gegenstandes (Bild 97/3).

Blickt man in einen Wandspiegel und neigt den Kopf nach links, so neigt das Spiegelbild (von einem hinter dem Spiegel stehenden Betrachter aus gesehen) den Kopf nach rechts (Bild 98/1).

▷ Das Spiegelbild eines Gegenstandes ist seitenvertauscht.

Mit den ermittelten Gesetzen ist es möglich, die Erscheinung auf Bild 95/1 zu deuten. Die ruhige Wasseroberfläche wirkt wie ein ebener Spiegel. Alle Punkte der Gegenstände werden nach dem Reflexionsgesetz abgebildet.

▶ Die Ursache für die Bildentstehung am ebenen Spiegel ist die Reflexion des Lichtes.
Das von einem Gegenstand auf einen ebenen Spiegel fallende Licht wird so reflektiert, daß ein gleich großes, aufrechtes, seitenvertauschtes Bild des Gegenstandes entsteht.
Das Bild liegt so weit hinter dem Spiegel wie der Gegenstand vor ihm.

Bild 98/1 Das Spiegelbild ist seitenvertauscht

Der Hohlspiegel

Es gibt außer ebenen Spiegeln noch gewölbte Spiegel. Von den in der Praxis hauptsächlich vorhandenen Formen (Bild 98/2) soll hier der Hohlspiegel (Bild 98/2a) behandelt werden. Um die Entstehung der Bilder am Hohlspiegel beschreiben zu können, benötigt man folgende Begriffe:

Krümmungsmittelpunkt M: Es ist dies der Mittelpunkt der Kugel, aus der man sich den Hohlspiegel herausgeschnitten denken kann (Bild 98/3).

Scheitelpunkt S: Der Hohlspiegel hat eine spiegelnde Fläche. Der Mittelpunkt dieser spiegelnden Fläche ist der Scheitelpunkt (Bild 98/4).

Optische Achse: Die Gerade, die durch den Krümmungsmittelpunkt und den Scheitelpunkt verläuft, heißt optische Achse (Bild 98/5).

Mittelpunktstrahlen: Strahlen, die durch den Krümmungsmittelpunkt M verlaufen, heißen Mittelpunktstrahlen (Bild 98/6).

Bild 98/2 Gewölbte Spiegel

Bild 98/3 Krümmungsmittelpunkt

Bild 98/4 Scheitelpunkt

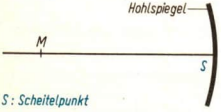


Bild 98/5 Optische Achse

Bild 98/6 Mittelpunktstrahlen

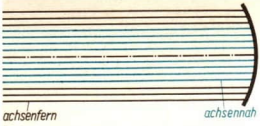


Bild 99/1 Achsenparallele Strahlen

Achsenparallele Strahlen: Strahlen, die parallel zur optischen Achse verlaufen, heißen achsenparallel. Man unterscheidet achsennahe und achsenferne Strahlen; in diesem Buch werden nur achsennahe untersucht (Bild 99/1). Sie werden im folgenden kurz **Parallelstrahlen** genannt. Wie werden Lichtstrahlen vom Hohlspiegel reflektiert?

62

Bild 99/2 Reflexion am Hohlspiegel

Richte das Licht einer Lichtquelle, die paralleles Licht aussendet, auf einen Hohlspiegel! Bringe etwas Kreidestaub in den Strahlengang und beobachte! Das Bild 99/2 zeigt das Ergebnis für ein Parallelstrahlenbündel. Die Zeichnung 99/4a läßt das Ergebnis erkennen.

Die parallel zur optischen Achse auf den Hohlspiegel fallenden Lichtstrahlen werden so reflektiert, daß sie einander in einem Punkt schneiden. Dieser Punkt heißt **Brennpunkt F.**

Die Reflexion am Hohlspiegel läßt sich mit dem Reflexionsgesetz erklären. Man denkt sich den Hohlspiegel in viele ebene Stücke zerlegt. Für die Reflexion an jedem Stück gilt das Reflexionsgesetz (Bild 99/3).

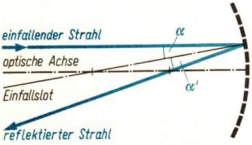


Bild 99/3

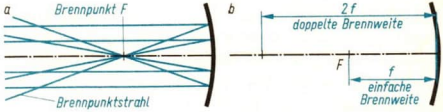


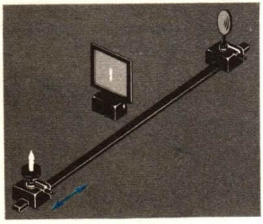
Bild 99/4 a) b) Wichtige Begriffe am Hohlspiegel

Folgende Begriffe ergeben sich noch aus dem vorstehenden Versuch:

Brennpunktstrahlen: Strahlen, die durch den Brennpunkt F verlaufen (Bild 99/4a).

Brennweite *f*: Abstand zwischen Brennpunkt F und Scheitelpunkt S (Bild 99/4b).

Bild 99/5 Versuchsaufbau



Die Bildentstehung

63

Außerhalb der doppelten Brennweite eines Hohlspiegels wird als Gegenstand eine Lichtquelle, z. B. eine brennende Kerze, aufgestellt (Bild 99/5). Ein Bildschirm wird so lange verschoben, bis ein scharfes Bild der Kerze auf ihm erscheint. Das Bild ist nur in einer bestimmten Entfernung von dem Hohlspiegel scharf auf dem Schirm abgebildet. Vergleiche die Entfernung des Gegenstandes vom Spiegel mit der Entfernung des Bildes vom Spiegel! Vergleiche die Lage des Bildes mit der

Lage der Kerze! Blase dazu seitlich gegen die Flamme! Vergleiche die Größe von Gegenstand und Bild!

Es ist festzustellen: Der Abstand des Gegenstandes vom Spiegel ist größer als der Abstand des Bildes vom Spiegel. Das Bild der Flamme befindet sich auf dem Schirm unten, das Bild des Fußes der Kerze befindet sich oben.
Das Bild ist umgekehrt und seitenvertauscht.

64 ▼ Stelle nun die Kerze in den Krümmungsmittelpunkt M und nähere sie dann dem Brennpunkt F! Vergleiche dabei ständig Gegenstand und Bild! Überprüfe deine Ergebnisse mit der Übersicht auf Seite 101!

▷ Nähert sich der Gegenstand dem Hohlspiegel, so entfernt sich das Bild vom Hohlspiegel.
Hohlspiegel erzeugen umgekehrte, seitenvertauschte Bilder der Gegenstände, wenn sich diese außerhalb der einfachen Brennweite befinden.

Die Bildentstehung an Hohlspiegeln ist auf die Reflexion des Lichtes zurückzuführen. Von jedem Punkt eines Gegenstandes gehen Lichtstrahlen aus. Sie werden beim Auftreffen auf den Spiegel so reflektiert, daß sie einander im Bildpunkt schneiden. Sämtliche Bildpunkte ergeben das Bild des Gegenstandes (Bild 100/1).
Bei den Versuchen 63 und 64 befand sich der Gegenstand stets außerhalb der einfachen Brennweite. Was für ein Bild entsteht von einem Gegenstand, der sich innerhalb der einfachen Brennweite eines Hohlspiegels befindet?

65 ▼ Mit dem Bildschirm ist es nicht möglich, ein Bild aufzufangen. Schauen wir in den Spiegel, so ist ein vergrößertes, aufrechtes, seitenvertauschtes Bild der Kerze zu sehen.

● *Rücke die Kerze näher an den Spiegel! Beobachte die Lage des Bildes!*

▷ Nähert sich der Gegenstand vom Brennpunkt her dem Hohlspiegel, so nähert sich auch das Bild dem Hohlspiegel.
Hohlspiegel erzeugen vergrößerte, aufrechte, seitenvertauschte Bilder der Gegenstände, wenn sich diese innerhalb der einfachen Brennweite befinden.

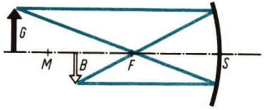


Bild 100/1 Geometrische Darstellung der Bildentstehung, $s > 2f$

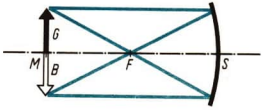


Bild 100/2 Geometrische Darstellung der Bildentstehung, $s = f$

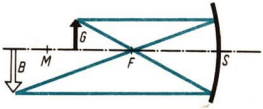


Bild 100/3 Geometrische Darstellung der Bildentstehung, $2f > s > f$

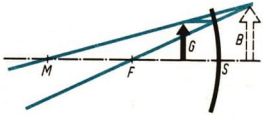
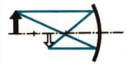


Bild 100/4 Geometrische Darstellung der Bildentstehung, $s < f$

Das Bild 100/4 zeigt die geometrische Darstellung dieser Bildentstehung. Das erzeugte Bild entsteht dort, wo die Verlängerungen der Strahlen einander schneiden.

In den Spalten 1 und 2 der Übersicht sind die Entfernungen des Gegenstandes und des Bildes vom Spiegel auch mathematisch ausgedrückt. Der Abstand des Gegenstandes, die **Gegenstandsweite**, ist durch s gekennzeichnet, der Abstand des Bildes, die **Bildweite**, ist mit s' angegeben. Es bedeutet z. B. $s > 2f$: Die Gegenstandsweite s ist größer als die doppelte Brennweite $2f$.

Gegenstand	Bild				
Ort	Ort	Art	Lage	Größe	geometr. Darstellung
außerhalb der doppelten Brennweite $s > 2f$	zwischen einfacher und doppelter Brennweite $f < s' < 2f$	reell	umgekehrt, seitenvertauscht	verkleinert	
im Krümmungsmittelpunkt $s = 2f$	im Krümmungsmittelpunkt $s' = 2f$	reell	umgekehrt, seitenvertauscht	ebenso groß wie der Gegenstand	
zwischen doppelter und einfacher Brennweite $2f > s > f$	außerhalb der doppelten Brennweite $s' > 2f$	reell	umgekehrt, seitenvertauscht	vergrößert	
innerhalb der einfachen Brennweite $s < f$	hinter dem Spiegel	virtuell	aufrecht, seitenvertauscht	vergrößert	

Reelle und virtuelle Bilder

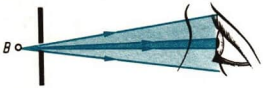


Bild 101/1

Mit dem Hohlspiegel kann man von Gegenständen Bilder erhalten. Wir sehen diese Bilder, weil die von den einzelnen Bildpunkten B auseinanderlaufenden Lichtbündel in unser Auge fallen. Den Bildpunkt B sehen wir im Schnittpunkt dieses Bündels (Bild 101/1).

Dabei gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Der Schnittpunkt der Strahlen existiert tatsächlich. In diesem Falle wird der lichtaussendende Punkt als wirklich oder reell bezeichnet.

2. Der Schnittpunkt der Strahlen existiert in Wirklichkeit nicht. Das Auge nimmt ihn an der Stelle wahr, wo die in das Auge fallenden Strahlen einander zu schneiden scheinen. In diesem Falle wird der lichtaussendende Punkt als scheinbar oder virtuell bezeichnet.

▷ Hohlspiegel erzeugen von Gegenständen, die sich

außerhalb der Brennweite befinden, reelle Bilder	innerhalb der Brennweite befinden, virtuelle Bilder.

● *Begründe für die Spalte 3 der Übersicht auf Seite 101, warum das Bild jeweils reell oder virtuell ist!*

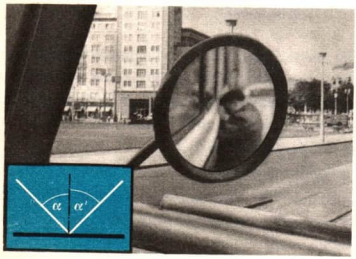
Anwendungen der Reflexion

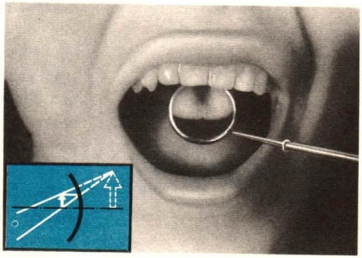
Diffuse Reflexion: Bei vielen Beleuchtungsanlagen sind die Glüh- oder Leuchtstofflampen nach unten weitgehend abgeblendet und strahlen ihr Licht gegen die helle Decke. Von ihr wird das Licht diffus reflektiert und erhellt so den ganzen Raum gleichmäßig.

Ebene Spiegel werden zum Beispiel bei der Straßenbahn als Rückblickspiegel benutzt. (Häufig werden auch gewölbte Spiegel verwendet!) Welchen Zweck erfüllt der unten links abgebildete Rückblickspiegel? Auch in vielen optischen Geräten dienen ebene Spiegel dazu, das Licht in eine andere Richtung zu lenken.

Hohlspiegel werden z. B. vom Zahnarzt als Mundspiegel verwendet. Welchen Vorteil bietet die Verwendung von Hohlspiegeln an Stelle von ebenen Spiegeln?

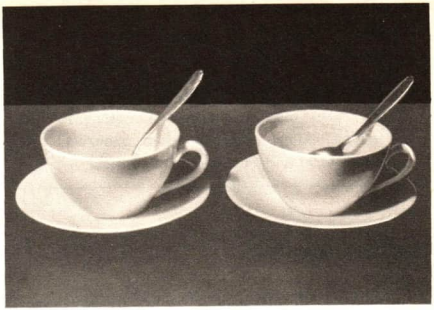
Fragen, Aufträge, Versuche
Seite 136, Nr. 196 bis 204





Die Brechung des Lichtes

Man bringt je einen Löffel in eine leere Tasse und in eine Tasse mit einer durchsichtigen Flüssigkeit. Es ist folgende Erscheinung zu beobachten: Der Stiel scheint an der Flüssigkeitsoberfläche geknickt zu sein.
Ist diese Erscheinung ein Widerspruch zum Gesetz von der geradlinigen Ausbreitung des Lichtes?



Der Übergang des Lichtes von Luft in Wasser

Wodurch kann die oben dargestellte Erscheinung verursacht worden sein? Wir vermuten, daß sich an der Grenzfläche der Flüssigkeit die Ausbreitungsrichtung des Lichtes geändert hat. Mit dem Versuch 66 soll diese Vermutung überprüft werden.

66

In einem leeren Glastrog steht eine Milchglasscheibe (Bild 103/2). Ein schmales Lichtbündel, das von links oben her streifend an der Glasscheibe entlangläuft, zeichnet sich als heller, geradliniger Strich ab. Man füllt den Trog bis zu der eingezeichneten Waagerechten mit Wasser (Bild b) und beobachtet die im Bild b gezeigte Erscheinung.

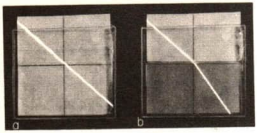


Bild 103/2

Es ist festzustellen:
An der Oberfläche des Wassers ändert das Licht seine Richtung:
1. Ein Teil des Lichtes wird an der Wasseroberfläche reflektiert.

Vergleiche Einfalls- und Reflexionswinkel!

2. Ein Teil des Lichtes breitet sich mit geänderter Richtung im Wasser aus. Man spricht von der **Brechung** des Lichtes.

Auch beim Übergang des Lichtes von Luft in andere Stoffe, z. B. Spiritus, Benzin, Alkohol, wird das Licht an der Grenze beider Stoffe (Luft/Spiritus, Luft/Benzin) gebrochen.

● *Richte das einfallende Lichtbündel senkrecht auf die Wasseroberfläche und beobachte, ob das Licht seine Richtung ändert! Vergleiche mit dem Bild 104/1!*

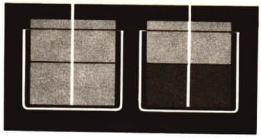


Bild 104/1

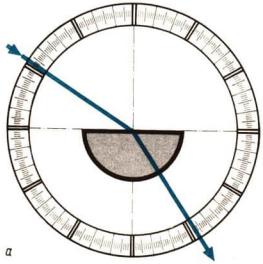
▷ Trifft Licht auf die Grenzfläche zweier Stoffe, so wird es teils reflektiert, teils gebrochen. Senkrecht auffallendes Licht ändert seine Richtung nicht.

Das Brechungsgesetz

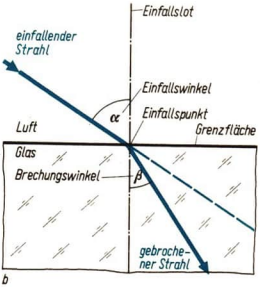
Mit Hilfe einer optischen Scheibe, an der ein Glaskörper mit halbkreisförmigem Querschnitt befestigt ist, kann man die Richtungsänderung bei der Brechung des Lichtes (Bild 104/2a) messen. Der reflektierte Teil des Lichtes soll außer acht gelassen werden.

67 ▼ Ein schmales Lichtbündel, das schräg auf die ebene Fläche des Glaskörpers trifft, wird an der Grenzfläche Luft/Glas gebrochen.
Beim Übergang von *Glas in Luft* will man die Richtungsänderung vermeiden, weil sie die Übersichtlichkeit des Versuchsergebnisses stören würde. Dies erreicht man durch die Wölbung des Glaskörpers. Dadurch trifft das Lichtbündel *senkrecht* auf die Grenzfläche der beiden Stoffe und wird nicht gebrochen.

Die Zeichnung 104/2b läßt erkennen: Zwischen dem **Einfallslot** und dem **einfallenden Strahl** ergibt sich ein **Einfallswinkel** α von beispielsweise 60°. Der Winkel zwischen dem **gebrochenen Strahl** und der Verlängerung des Lotes heißt **Brechungswinkel** β. Er beträgt in unserem Falle etwa 35°.
Geht der Lichtstrahl von Luft in Glas über, so ist der Brechungswinkel β kleiner als der Einfallswinkel α. Auch beim Übergang von Luft in Wasser ist β kleiner als α. Man sagt auch, der *Lichtstrahl wird zum Lot hin gebrochen.*



a



b

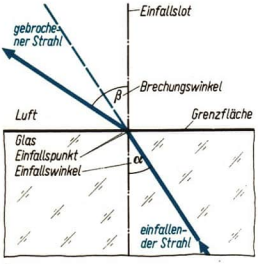
Bild 104/2 Brechung des Lichtes beim Übergang von Luft in Glas
a) optische Scheibe b) Skizze

▷ Treten Lichtstrahlen von Luft in Glas oder Wasser über, dann werden sie zum Lot hin gebrochen. Der Brechungswinkel β ist in diesen Fällen kleiner als der Einfallswinkel α.

Außerdem ist festzustellen:

> Einfallender Strahl, Lot und gebrochener Strahl liegen in einer Ebene. ◁

Es bleibt nun zu untersuchen, wie der Übergang des Lichtes von *Glas in Luft* erfolgt.
Ein Experiment kann darüber Auskunft geben. Die Erkenntnis über die Umkehrbarkeit des Lichtweges bei der Reflexion läßt ein bestimmtes Ergebnis vermuten. Trifft die Umkehrbarkeit des Lichtweges auch für die Brechung zu, dann muß das Licht beim Übergang von Glas in Luft ebenfalls gebrochen werden. Bei einem Einfallswinkel von beispielsweise 35° würde der Brechungswinkel etwa 60° betragen. Es müßte also der Einfallswinkel α kleiner sein als der Brechungswinkel β.
Zeichnerisch ergibt sich Bild 105/1 a.
Es unterscheidet sich von Bild 104/2 dadurch, daß
1. der Lichtstrahl von Glas in Luft verläuft,
2. die Namen der Strahlen und Winkel entsprechend der geänderten Richtung eingetragen sind.
Natürlich ist diese Vermutung experimentell zu überprüfen. Das geschieht im folgenden Versuch (Bild 105/1b).



a

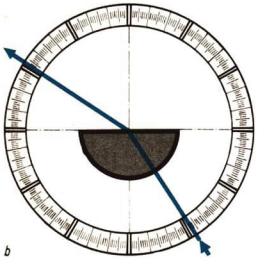

b

Bild 105/1 Brechung des Lichtes beim Übergang von Glas in Luft
a) Skizze b) optische Scheibe

Schülerexperiment O 4, Seite 157

68 ▼ Das Lichtbündel trifft senkrecht auf den Glaskörper und ändert beim Übergang von Luft in Glas seine Richtung nicht. Beim Übergang von Glas in Luft trifft das Licht unter einem Einfallswinkel α auf die ebene Fläche des Glaskörpers und verläßt ihn unter dem Brechungswinkel β. Wenn der Einfallswinkel α beispielsweise 35° beträgt, dann ist der Brechungswinkel β etwa 60°.

Auch beim Übergang des Lichtes von *Wasser in Luft* wird das Licht *vom Lot weg* gebrochen.
Aus diesen und anderen Versuchen ist festzustellen:

Die Lichtwege sind bei der Brechung umkehrbar. ◁

Vergleiche mit dem Weg des Lichtes bei der Reflexion *(↗ S. 96)!* ●

> Treten Lichtstrahlen von Glas oder Wasser in Luft über, so werden sie vom Lot weg gebrochen. Der Brechungswinkel β ist hierbei größer als der Einfallswinkel α. ◁

Der Stiel des Löffels in Bild 103/1 ist also nicht geknickt – was wir auch nicht erwartet hatten. Der Teil des vom Löffel reflektierten Lichtes, der beim Übergang von Wasser in Luft gebrochen wird, erweckt in uns nur diesen Eindruck. Wir meinen stets die Gegenstände in der Richtung zu sehen, aus der die ins Auge fallenden Lichtstrahlen kommen (Bild 106/1).

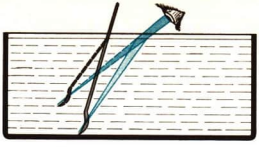


Bild 106/1

Lichtdurchgang durch optische Prismen und Linsen

In den Versuchen 67 und 68 war durch die Form des Glaskörpers erreicht worden, daß das Licht einmal senkrecht auf die Grenzfläche traf. Dadurch änderte das Licht bei seinem Durchgang durch einen Körper aus Glas nur einmal seine Richtung. Es soll nun an Prismen (Bild 106/2 a) und Linsen (Bild 106/2 b) der Weg des Lichtes bei zweimaliger Brechung untersucht werden.

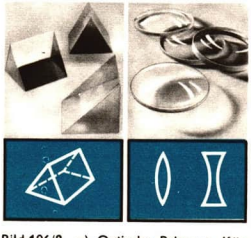
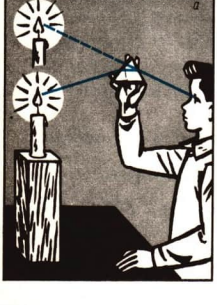


Bild 106/2 a) Optische Prismen. Körper aus durchsichtigem Stoff, die von mindestens zwei einander schneidenden Ebenen begrenzt sind
b) Optische Linsen. Körper aus durchsichtigem Stoff, die zumeist von zwei Kugelflächen begrenzt sind

Optisches Prisma

69 Ein Lichtbündel fällt auf ein optisches Prisma (Bild 106/3 a). Der Einfallswinkel ist größer als 0°. Beim Übergang von *Luft in Glas* wird das Licht *zum Lot hin*, beim Übergang von *Glas in Luft vom Lot weg* gebrochen.

Das Ergebnis ist in Bild 106/3 b zeichnerisch dargestellt:



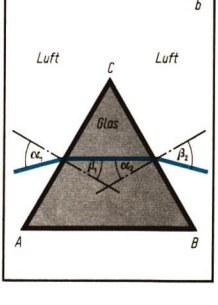


Bild 106/3 a) Betrachtet man einen Gegenstand durch ein Prisma, so sieht man ihn gegen die Prismenkante verschoben
b) Strahlengang durch ein Prisma. Es ist nur der Querschnitt des Prismas gezeichnet

▷ Beim Durchgang durch ein optisches Prisma wird das Licht zweimal gebrochen. Dabei gilt für jede Brechung das Brechungsgesetz.

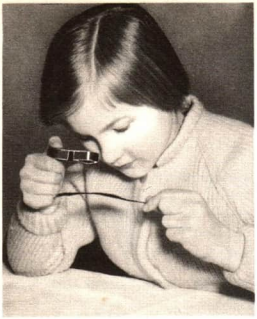


Bild 107/1 Lupe

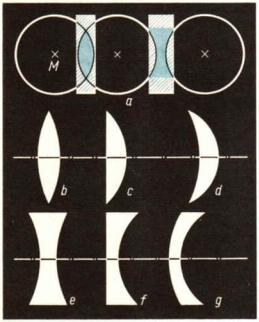


Bild 107/2 Linsen

Optische Linsen

Mit Hilfe einer Lupe ist es möglich, Einzelheiten von Gegenständen besser zu erkennen. Aus dem Biologieunterricht wissen wir bereits: Durch die Lupe erscheint z. B. ein Blatt größer (Bild 107/1). Wie wird durch den Glaskörper der Lupe das Licht gebrochen? Wie muß sie geformt sein, damit diese scheinbare Vergrößerung des Gegenstandes erzielt wird?

Mit den Kenntnissen über die *Reflexion an Hohlspiegeln* und über die *Brechung des Lichtes* an der Grenzfläche zweier Stoffe sind wir in der Lage, die Wirkungsweise einfacher optischer Geräte zu erklären. Solche optischen Geräte sind z. B. der Bildwerfer und der Fotoapparat.

In diesen Geräten sind zur Abbildung von Gegenständen optische Linsen enthalten. Manche ähneln in ihrer Form dem Linsensamen, davon erhielten diese durchsichtigen Glaskörper ihren Namen. Die meisten optischen Linsen werden von gekrümmten Flächen, meist Teilen von Kugelflächen, begrenzt (Bild 107/2 a).

Es soll nun untersucht werden, wie Linsen parallele Lichtbündel beeinflussen.

Halte nacheinander verschiedene Linsen in ein paralleles Lichtbündel! Beobachte den Strahlenverlauf hinter der Linse! Vergleiche dein Ergebnis mit Bild 107/3! 70

Es ist zu beobachten:

Manche Linsen **sammeln** auf sie fallendes paralleles Licht; sie werden **Sammellinsen** genannt, andere Linsen **zerstreuen** auf sie fallendes paralleles Licht; sie werden **Zerstreuungslinsen** genannt.

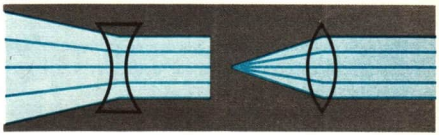


Bild 107/3

Man unterscheidet daher:

Sammellinsen sind *in der Mitte dicker* als am Rande. Das Bild 107/2 b bis d zeigt einige Formen von Sammellinsen.

Zerstreuungslinsen sind *in der Mitte dünner* als am Rande. Einige Formen zeigt das Bild 107/2 e bis g.

Einige Begriffe, die bei Hohlspiegeln benutzt werden, sind auch bei Linsen üblich.

Optische Achse. Das ist eine gedachte Linie, die durch die *Mitte der Linse* verläuft und senkrecht auf der *Linsenebene* steht (Bild 108/1).

Die Bilder 108/2 bis 5 zeigen einige besondere Strahlen und ihren Verlauf vor und hinter der Linse.

Mittelpunktstrahlen sind Strahlen, die durch den Linsenmittelpunkt verlaufen. Sie werden, wenn sie nicht senkrecht auf die Linse treffen, beim Eintritt zum Lot hin gebrochen; beim Austritt erfolgt eine ebenso starke Brechung vom Lot weg (Bild 108/2). Diese Mittelpunktstrahlen werden nur etwas parallel verschoben. Bei dünnen Linsen ist diese Verschiebung jedoch kaum erkennbar.

Nur für Sammellinsen gilt:

Parallelstrahlen werden durch die Linse gesammelt und schneiden einander im **Brennpunkt** (Bild 108/3 und 4).

In den Bildern müßte eigentlich eine zweimalige Brechung eingezeichnet sein (Eintritt von Luft in Glas, Austritt von Glas in Luft). Zur Vereinfachung ist der Strahl nur einmal, und zwar an der Linsenebene, gebrochen gezeichnet. Diese Vereinfachung ist möglich, wenn man voraussetzt, daß es sich um dünne Linsen handelt. Dieser Hinweis gilt auch für die folgenden Bilder.

▷ Strahlen, die parallel zur optischen Achse auf eine Sammellinse fallen, werden so gebrochen, daß sie einander hinter der Linse in einem Punkt der optischen Achse schneiden. Dieser Punkt heißt Brennpunkt F.

Brennpunktstrahlen verlaufen durch einen Brennpunkt der Linse. Brennpunktstrahlen werden so gebrochen, daß sie nach der Brechung parallel zur optischen Achse verlaufen (Bild 108/5).

● *Vergleiche den Brennpunktstrahl mit dem Parallelstrahl! Denke an die Umkehrbarkeit des Lichtweges! Vergleiche mit dem Strahlenverlauf am Hohlspiegel!*

Brennweite. Der Abstand zwischen Linsenmittelpunkt und einem Brennpunkt heißt Brennweite *f* (Bild 108/6). (Man gibt die Brennweite *f* in mm an, z. B. $f = 150$ mm.)

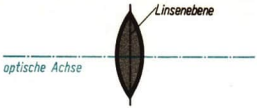


Bild 108/1 Optische Achse

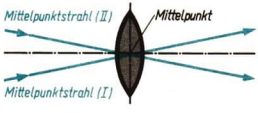


Bild 108/2 Verlauf zweier Mittelpunktstrahlen

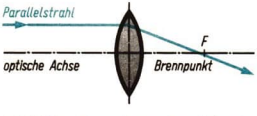


Bild 108/3 Verlauf eines Parallelstrahles

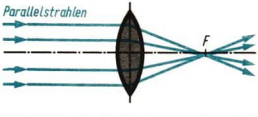


Bild 108/4 Verlauf mehrerer Parallelstrahlen

Bild 108/5 Verlauf eines Brennpunktstrahles

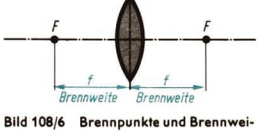


Bild 108/6 Brennpunkte und Brennweiten

Die Brennweite einer Sammellinse ist um so größer, je flacher die Linse ist. Stark gewölbte Sammellinsen haben eine kurze Brennweite.

Der Strahlenverlauf an einer Zerstreuungslinse muß nach dem Gesetz der Lichtbrechung anders sein als bei Sammellinsen.

71

In ein paralleles Lichtbündel werden nacheinander Zerstreuungslinsen unterschiedlicher Dicke gehalten. Durch Salmiaknebel oder Rauch wird der Verlauf des Lichtbündels vor und hinter der Linse sichtbar gemacht (Bild 109/1).

Bild 109/1 Strahlenverlauf an der Zerstreuungslinse

Strahlen, die parallel zur optischen Achse auf eine Zerstreuungslinse fallen, werden so abgelenkt, daß sie hinter der Linse auseinandergehen. Sie werden zerstreut.

Die Bildentstehung an Sammellinsen

72

Ein Gegenstand, z. B. eine brennende Kerze, steht vor einer Linse. Auf der optischen Bank werden die einfache und die doppelte Brennweite der Linse gekennzeichnet. Der Gegenstand wird jeweils an die Orte gebracht, die die Spalte 1 der Übersicht vorschreibt. Zu jedem Ort des Gegenstandes werden notiert: Ort des Bildes, Art des Bildes (reell oder virtuell), Lage des Bildes (aufrecht oder umgekehrt), Größe des Bildes (gleich groß, verkleinert, vergrößert).

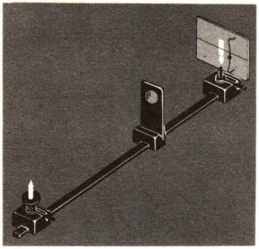


Bild 109/2 Versuchsaufbau

Die Ergebnisse der Versuchsreihe sind in der Übersicht auf Seite 110 zusammengestellt.
Es ergibt sich folgende Gesetzmäßigkeit:

Sammellinsen erzeugen von Gegenständen, die sich	
außerhalb der Brennweite befinden, reelle Bilder	innerhalb der Brennweite befinden, virtuelle Bilder.

In geometrischen Darstellungen sind die Strahlenkonstruktionen vereinfacht dargestellt.
Betrachten wir dazu einen beliebigen Gegenstandspunkt G, der sich vor einer Sammellinse befindet. Von ihm breitet sich das Licht nach allen Seiten aus (Bild 110/1 a). Für die

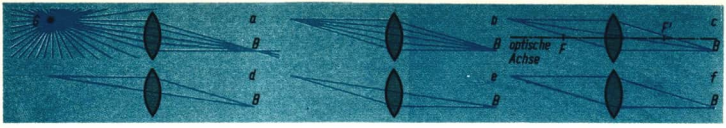


Bild 110/1 Abbildung eines Gegenstandspunktes durch eine Sammellinse

Abbildung des Gegenstandspunktes G interessiert uns nur das Lichtbündel, das auf die Linse fällt (Bild b). Bild c zeigt die drei Strahlen, mit deren Hilfe man den Bildpunkt B erhalten kann. Es ist ersichtlich, daß bereits jeweils 2 Strahlen genügen, um die Lage von B zu ermitteln. Es gibt daher die Möglichkeiten, die in den Bildern d bis f gezeigt sind.

Fragen, Aufträge, Versuche
Seite 136, Nr. 205 bis 225

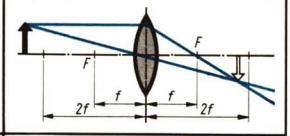
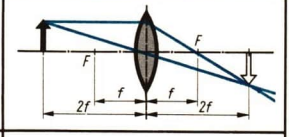
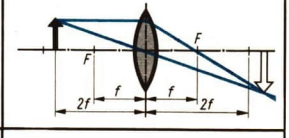
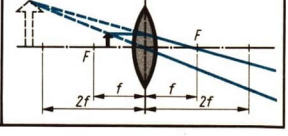
Gegenstand	Bild				
Ort	Ort	Art	Lage	Größe	geometrische Darstellung
außerhalb der doppelten Brennweite $s > 2f$	zwischen einfacher und doppelter Brennweite $f < s' < 2f$	reell	umgekehrt, seitenvertauscht	verkleinert	
im Krümmungsmittelpunkt $s = 2f$	im Krümmungsmittelpunkt $s' = 2f$	reell	umgekehrt, seitenvertauscht	ebensogroß wie der Gegenstand	
zwischen doppelter und einfacher Brennweite $2f > s > f$	außerhalb der doppelten Brennweite $s' > 2f$	reell	umgekehrt, seitenvertauscht	vergrößert	
innerhalb der einfachen Brennweite $s < f$	auf der gleichen Seite der Linse	virtuell	aufrecht, seitenrichtig	vergrößert	

Bild 110/2 bis 110/5

● *Gib an, in welcher Weise sich der Abstand des Bildes von der Linse ändert, wenn der Gegenstand von der Linse entfernt wird!*

Optische Geräte

Viele optische Geräte werden heute in Haushalt, Schule, Verkehr und Industrie verwendet. So unterschiedlich sie auch aus technischen Gründen sind, eines haben sie gemeinsam: das Abbilden von Gegenständen. In diesem Abschnitt sollen optische Geräte vorgestellt werden, die das Abbilden mittels Sammellinsen zur Grundlage haben.

Die Lupe

Mit Sammellinsen können von Gegenständen vergrößerte, gleich große oder verkleinerte, virtuelle oder reelle Bilder erzeugt werden. Seinen Bedürfnissen entsprechend wendet der Mensch diese Gesetzmäßigkeiten an, um zum Beispiel mehr zu sehen, als ihm mit seinen Augen allein möglich ist. So ist die Entwicklung optischer Geräte mit ein Beweis dafür, daß der Mensch die Grenzen, die ihm von der Natur gesetzt scheinen, überschreiten kann. Er kann tiefer in die Gesetzmäßigkeiten der Natur eindringen, als es ihm mit seinen Sinnen allein möglich ist.

Berichte, welche Objekte du im Biologieunterricht mit einer Lupe betrachtet hast! Wozu hast du die Lupe benutzt?

Will man das vergrößerte Bild eines Gegenstandes betrachten, so nutzt man zum Beispiel die Tatsache aus, daß Sammellinsen von *Gegenständen*, die sich *innerhalb der einfachen Brennweite* befinden, ein *vergrößertes virtuelles Bild* erzeugen (Bild 110/5).
Man nennt diese Geräte, die meist aus einer Sammellinse bestehen, Lupen (Bilder 111/2 a bis c).
Verwendet man Sammellinsen verschiedener Brennweiten als Lupen und vergleicht ihre Wirkungen, so stellt man fest, daß die Linsen mit kleiner Brennweite stärker vergrößern als die mit großer Brennweite.

Bild 111/2
a) Leseglas
b) In Webereien wird die Fadenzähllupe verwendet, um die Gewebe zu prüfen
c) Der Uhrmacher sucht mit der Lupe zum Beispiel Fehler in den Werken der Armband- oder Taschenuhren

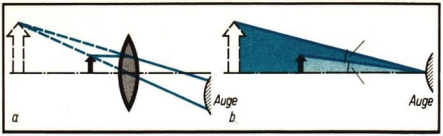
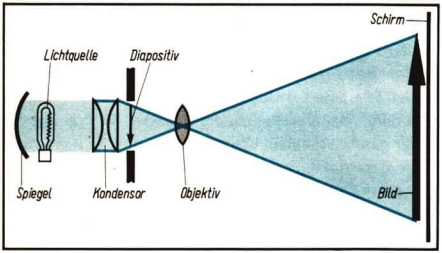


Bild 112/1

Die Vergrößerung kommt dadurch zustande, daß wir das Bild unter einem größeren Sehwinkel betrachten als den Gegenstand (Bild 112/1 a, b).

Der Bildwerfer

Will man einem größeren Zuschauerkreis, z. B. den Schülern im Unterricht, gleichzeitig „Bilder" vorführen, so nutzt man die Gesetzmäßigkeit aus, daß Sammellinsen von Gegenständen, die sich zwischen einfacher und doppelter Brennweite befinden, ein vergrößertes Bild erzeugen, das außerhalb der doppelten Brennweite entsteht und reell



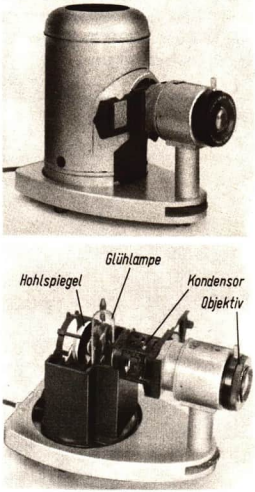


Bild 112/2 Kleinbildwerfer „Zeiss"
a) Ansicht,
b) Teile,
c) Strahlenverlauf

ist, also mit einem Schirm aufgefangen werden kann (Bild 110/4).

Geräte, die diese Gesetzmäßigkeit ausnutzen, sind zum Beispiel Bildwerfer. Ist der Gegenstand ein „Papierbild", so wird er mittels Lichtquellen beleuchtet; solche Bildwerfer heißen Episkope[1]. Ist der Gegenstand ein Diapositiv, so wird er von einer Lichtquelle durchleuchtet; solche Bildwerfer heißen Diaskope[2].

[1] epi (griech.): darauf; skopein (griech.): sehen
[2] dia (griech.): hindurch; Diapositiv (kurz Dia): durchsichtiges fotografisches Bild aus Glas oder Zelluloid

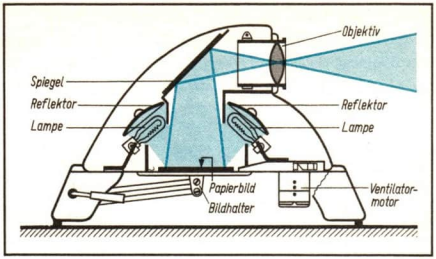


Bild 113/1 Episkop
a) Ansicht
b) Teile und Strahlenverlauf

Die Bilder 112/2 a, b und c und 113/1 a, b zeigen zwei Ausführungen.

Das Licht der Lichtwurflampe, die sich vor einem Hohlspiegel befindet, geht durch ein System von Sammellinsen (Kondensor[1]). Hohlspiegel und Kondensor bewirken, daß möglichst viel Licht auf das Diapositiv fällt. Zur eigentlichen Bilderzeugung dient das Objektiv. Objektive bestehen aus verschiedenen Linsen und bilden Gegenstände schärfer und genauer ab als einzelne Sammellinsen.

Wie muß das Dia eingesetzt werden, damit ein aufrechtes, seitenrichtiges Bild entsteht?

Die fotografische Kamera – Das Auge

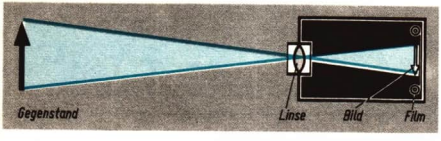
Bild 113/2 Vergleich des Strahlenverlaufs beim Bildwerfer und bei der Kamera

Bild 113/2 a zeigt noch einmal vereinfacht den Strahlengang des Bildwerfers. Was tritt ein, wenn man an die Stelle des Bildes B einen Gegenstand stellt? Mit den Kenntnissen über die Umkehrbarkeit des Lichtweges läßt sich aussagen: Von diesem Gegenstand muß die gleiche Linsenanordnung ein Bild in G erzeugen (Bild 113/2 b).
Wir können den Satz von der Umkehrbarkeit des Lichtweges demnach auch anders ausdrücken:

In einer optischen Anordnung können Bild und Gegenstand untereinander vertauscht werden.

[1] condensare (lat.): verdichten, zusammendrängen

Wende diese Erkenntnis auf die fotografische Kamera an! Vergleiche in beiden Geräten Lage, Größe und Entfernungen von Bild und Gegenstand! Vergleiche die Kamera mit dem Auge! Wie verhalten sich bei beiden die Eigenschaften von Bild und Gegenstand?



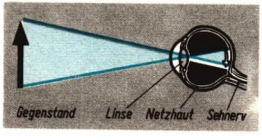


Bild 114/1 Vergleich der entsprechenden Teile der Kamera und des Auges

Bild 114/1 zeigt einen Vergleich zwischen fotografischer Kamera und Auge. Es ist festzustellen, daß beide hinter der Öffnung eine Sammellinse haben.

In den meisten Kameras befindet sich nicht nur eine Linse, sondern ein Linsensystem, ein Objektiv. Außerdem ist aus technischen Gründen die Öffnung auch unmittelbar hinter dem Objektiv oder vor dem Film (Schlitzverschluß) angebracht. Diese Unterschiede haben auf die physikalischen Vorgänge bei der Bildentstehung keinen Einfluß. Sie sollen deshalb im folgenden auch nicht weiter beachtet werden.

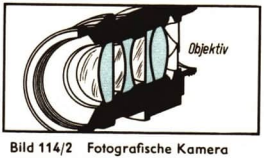
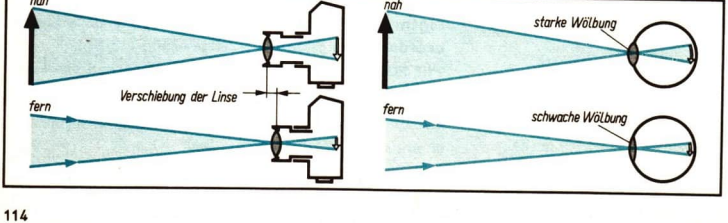


Bild 114/2 Fotografische Kamera (Fotoapparat), Typ „Werra"

Die Sammellinse erzeugt auf der lichtempfindlichen Schicht (Kamera: Film; Auge: Netzhaut) ein Bild (Bild 114/1).
Da sich die abzubildenden Gegenstände nicht alle in gleicher Entfernung vor der Kamera oder dem Auge befinden, jedoch nach Bedarf scharf abgebildet werden sollen, ist entweder die Bildweite (Abstand Linse—Schirm) oder die Brennweite der Linse zu ändern. Von der ersten Möglichkeit macht man bei der Kamera Gebrauch, die zweite findet man beim Auge wieder, bei dem die Wölbung der Linse durch einen Muskel verändert werden kann (Bild 114/3).

Bild 114/3 Vergleich der Abbildung eines nahen und eines entfernten Gegenstandes in der Kamera und im Auge



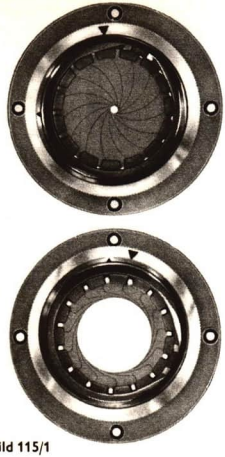


Bild 115/1

Bild 115/2

Seit einigen Jahren gibt es Objektive (meist für Filmkameras), deren Brennweite verändert werden kann. Solche Objektive werden auch Gummilinsen genannt. Sie gestatten Aufnahmen, die sonst nur durch Objektivwechsel und Standortveränderung erreicht werden können.

Auf den Film der Kamera bzw. auf die Netzhaut des Auges muß genügend Licht fallen, damit ein Bild wahrgenommen werden kann. Bei der Kamera kann durch die Öffnung (Blende) und durch die Belichtungszeit festgelegt werden, wieviel Licht einfällt (Bild 115/1).
Beim Auge regelt die Pupille, wieviel Licht einfällt. Sie verengt sich selbsttätig, wenn zuviel Licht ins Auge fällt (Bild 115/2).

Beim Sehen werden auf der Netzhaut Wirkungen hervorgerufen, die ohne weitere Kenntnisse vom Aufbau des menschlichen Nervensystems nicht zu verstehen sind. Näheres dazu wird im Biologieunterricht der nächsten Klassen behandelt.

Der hohe Entwicklungsstand der Fotoapparate und Objektive, die in unserer volkseigenen Industrie hergestellt werden, ist das Ergebnis mühevoller Arbeit der Wissenschaftler, Techniker und Arbeiter. Bei der Herstellung hochwertiger Apparate muß mit großer Genauigkeit und Sorgfalt gearbeitet werden.
Die Kameras und andere optische Geräte aus dem VEB Pentacon Dresden, VEB Carl Zeiss Jena, VEB Feinoptik Görlitz sind weltbekannt. Durch ihre hohe Qualität sind sie für den Handel mit anderen Ländern sehr wertvoll. Dadurch ist es möglich, Rohstoffe, Fertigwaren und Lebensmittel einzuführen.

Das astronomische Fernrohr

Will man mit Sammellinsen von Gegenständen vergrößerte (reelle oder virtuelle) Bilder erzeugen, so darf der Gegenstand nicht weiter als 2 *f* (doppelte Brennweite) von der Linse entfernt sein. Das ist aber für viele Fälle auf der Erde und für die Betrachtung aller Planeten von der Erde aus unerfüllbar.
Man kann aber trotzdem von weit entfernten Gegenständen eine Vergrößerung erzielen, wenn man mindestens zwei der bisher im Unterricht behandelten Gesetzmäßigkeiten anwendet.

1. Von einem weit entfernten Gegenstand erzeugt eine Sammellinse (Objektiv) ein Bild zwischen der doppelten und der einfachen Brennweite. Man nennt dieses Bild *Zwischenbild*.
2. Vom *Zwischenbild* erzeugt eine zweite Sammellinse (Okular[1]) ein virtuelles Bild, wie es bei der Lupe geschieht. Das Zwischenbild muß sich also innerhalb der einfachen Brennweite des Okulars befinden.
Das Bild 116/1 zeigt ein aus zwei Sammellinsen bestehendes optisches Gerät dieser Art, ein astronomisches Fernrohr, das nach seinem Erfinder auch Keplersches Fernrohr genannt wird (Bild 116/2).

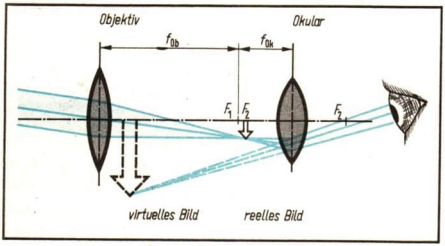


Bild 116/1 Keplersches Fernrohr

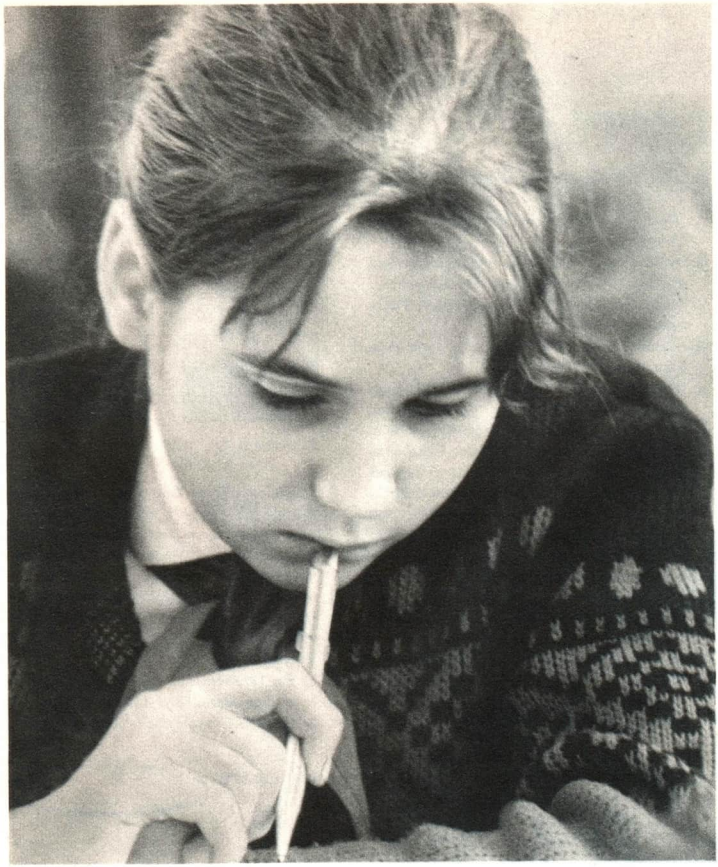
Bild 116/2 Strahlengang im Keplerschen Fernrohr. Das Objektiv entwirft von dem Gegenstand G ein reelles, umgekehrtes, verkleinertes Bild (*Zwischenbild*) zwischen der doppelten und der einfachen Brennweite (in der Nähe von F). Von diesem *Zwischenbild* entsteht durch das Okular (Lupenwirkung) ein virtuelles, vergrößertes Bild

Das menschliche Auge hat Grenzen in seiner Leistung. Die kleinsten und die größten weit entfernten Dinge in der Natur bleiben ihm verborgen; die Teilchen werden nicht gesehen und Einzelheiten auf den Sternen nicht erkannt. Es bedarf der vom menschlichen Scharfsinn geschaffenen Hilfsmittel, um sie zu sehen. Solche Hilfsmittel sind das Fernrohr und das Mikroskop (Bild 139/1).
Der italienische Physiker GALILEO GALILEI (1564 bis 1642) war der erste, der 1608 ein Fernrohr zum Himmel richtete. Drei Jahre später wurde von dem deutschen Astronomen KEPLER (1571 bis 1630) das *astronomische Fernrohr* beschrieben, das im Prinzip das einfachste Fernrohr ist. GALILEI und KEPLER erblickten neue Himmelskörper und gewannen neue Einsichten in die Gesetze, nach denen diese ihre Bahnen ziehen. Sie erkannten, was der polnische Astronom KOPERNIKUS (Bild 116/3) hundert Jahre vor ihnen theoretisch begründet hatte, nämlich, daß die Erde nur ein winziges Glied im riesigen Gebäude der Welt ist.

Bild 116/3 Kopernikus (1473 bis 1543)

[1] oculus (lat.): Auge; Okular: die dem betrachtenden Auge zugewandte Linse

Fragen, Aufträge, Versuche
Seite 138, Nr. 226 bis 242



Aufgaben

Fragen, Aufträge, Versuche

Körper und Stoff

Von den Körpern (Seite 10 bis 18)

1. Welche gemeinsamen Eigenschaften haben alle Körper?
2. Welche unterschiedlichen und gemeinsamen Eigenschaften besitzen folgende Körper: Holzkugel, Eiswürfel, Wassertropfen, Tischtennisball?
3. Welcher Stoff wird verdrängt, wenn man eine Tasse mit Milch füllt?
4. Vorratsflaschen mit Entwickler (eine Flüssigkeit, die zum Herstellen von Fotografien dient) sollen stets bis zum Stopfen gefüllt sein. Befindet sich nämlich Luft in der Flasche, so verdirbt der Entwickler. Beim Umfüllen aus der Flasche in eine Schale und beim Zurückschütten geht aber immer etwas Flüssigkeit „verloren". Auf welche Weise kann erreicht werden, daß trotzdem die Vorratsflasche bis oben gefüllt ist? Beachte Bild 118/1!
5. In welchem Aggregatzustand befinden sich Petroleum, Stearin, Benzin, Blei, Leuchtgas und Gummi bei Zimmertemperatur?
6. Stülpe einen Glastrichter umgekehrt in eine Wanne mit Wasser und halte dabei das Rohr oben mit dem Finger zu! Öffne es! Beschreibe deine Beobachtungen und erkläre!

Bild 118/1 zu 4

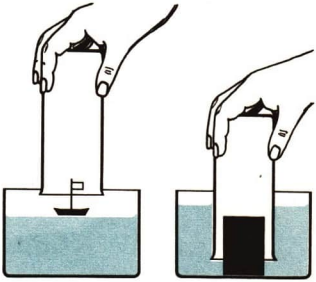
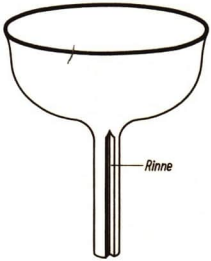


Bild 118/2 zu 7

7. Stülpe ein leeres Glas umgekehrt in eine Wanne mit Wasser! Wiederhole den Versuch, indem du vorher auf den Boden des Gefäßes einen Zylinder aus Metall stellst (Bild 118/2)!
8. a) Setze einen Trichter eng auf einen Flaschenhals und schütte Wasser hinein! Warum läuft es schlecht oder gar nicht? Hebe den Trichter an! Erkläre!
   b) Bei Trichtern aus Plast erkennt man am Rohr eine Rinne (Bild 118/3). Welche Aufgabe hat sie? Vergleiche mit 8a!

Bild 118/3 zu 8



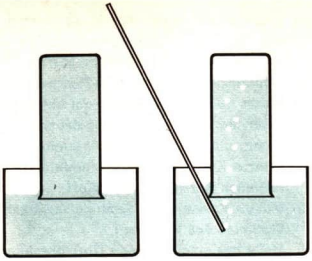


Bild 119/1 zu 9

9. Ein umgekehrt gehaltenes Glas mit Wasser befindet sich in einer wassergefüllten Wanne. Blase vorsichtig mit einem Trinkhalm Luft unter die Glasöffnung (Bild 119/1)! Beschreibe und erkläre!
10. Ein Würfel hat eine Kantenlänge von 6 cm. Wie groß ist das Volumen fünf solcher Würfel?
11. Wie ermittelst du das Volumen einer Luftgewehrkugel? Denke daran, daß eine Kugel noch keine meßbare Hebung des Wasserspiegels ergibt!
12. Der Maissilo einer LPG ist 18 m lang und im Mittel 5 m breit. Er hat eine durchschnittliche Höhe von 2 m. Wie groß ist ungefähr sein Volumen?
13. Wieviel Kubikmeter Luft sind im Klassenzimmer? Runde das Ergebnis ab! Wieviel Kubikmeter Luft entfallen auf einen Schüler?
14. Schätze das Volumen folgender Körper: ein Stück Butter, ein Stück Würfelzucker, eine Feinfrostpackung, eine Konservendose! Benutze als Anhaltspunkt Bild 119/2!

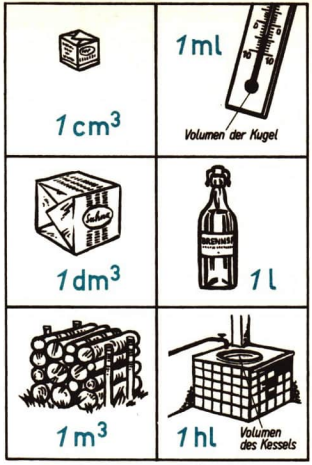


Bild 119/2 zu 14

15. Wie kannst du das Volumen eines schwimmenden Körpers aus Holz, Kork usw. bestimmen?
16. Mißden Flüssigkeitsinhalt eines großen Becherglases mit verschiedenen Meßzylindern! Beurteile dann, welcher Meßzylinder sich am besten eignet! Begründe!
17. Wieviel Milliliter sind auf den abgebildeten Skalen angezeigt (Bild 119/3)?

Bild 119/3 zu 17

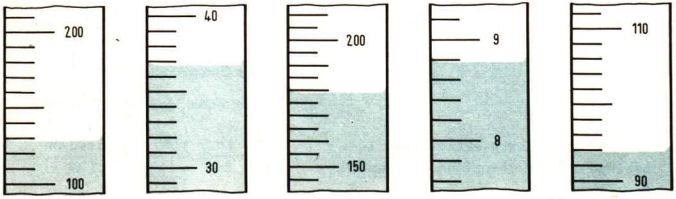


Bild 120/1 zu 18

18. Gib das Volumen der abgebildeten Gefäße an (Bild 120/1)! Prüfe im Zweifelsfalle nach oder erkundige dich!
19. Wandle um in 1 ml = 1 cm³

Liter	Milliliter	Hektoliter	Kubikdezimeter
18 dm³ 18 l	19 cm³ 19 ml	8 000 dm³ 80 hl	2 hl 200 dl
4 000 cm³ 4 l	8,2 cm³ 8,2 ml	17 300 l 173 hl	615 hl 61500 l
5 hl 500 l	3 dm³ 3000 ml	3 200 dm³ 32 hl	12 hl 4 l 1204 l
18 hl 30 l 1830 l	100 ml $\frac{1}{10}$ l	4 m³ 0,04 hl	3,2 hl 320 l

20. Stelle an Hand des Bildes 120/2 ein Überlaufgefäß her! Bestimme mit seiner Hilfe das Volumen von Bolzen, Schrauben und Muttern! Trockne die Teile nach dem Versuch!

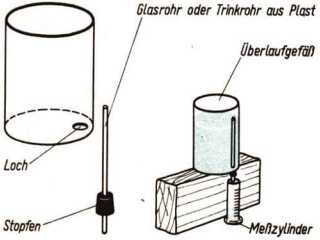


Bild 120/2 zu 20

21. Ermittle das Volumen verschiedener Glasbehälter, z. B. Bechergläser, Kochkolben, Flaschen usw.!
22. Lasse 30 Wassertropfen in einen Meßzylinder mit 10 ml Meßbereich fallen! Welches Volumen hat ein Tropfen im Mittel?
23. Ermittle das Volumen eines Flaschenkorkens, indem du ihn an einem Draht befestigst und unter die Wasseroberfläche drückst!
24. Nimm einen 1 m langen Aluminiumdraht! Wieviel Kubikzentimeter Aluminium werden zu seiner Herstellung benötigt?
25. Miß die Kanten eines Seifenpulverpakets und bestimme das Volumen!
26. Stelle aus einem kleinen Glasröhrchen (wie es z. B. zur Verpackung von Brühwürfeln verwendet wird) einen Meßzylinder her! Verwende als Skale einen Papierstreifen, den du mit Duosan außen anklebst und nach dem Einteilen der Skale mit Wachs einreibst (warum?)!
Zum Festlegen der Skale kannst du davon Gebrauch machen, daß sechs Fünfpfennigstücke etwa 1,6 ml Wasser verdrängen. Benutze dazu das Überlaufgefäß nach Aufgabe 20! Beschreibe, wie du die Skale einteilst, ohne mehr als sechs dieser Münzen zu benutzen!

Die Bewegung fester Körper (Seite 19 bis 26)

27. Die Durchschnittsgeschwindigkeit $\overline{v}$ eines modernen Verkehrsflugzeuges beträgt etwa $800\,\frac{km}{h}$. Welchen Weg legt es in 4 Flugstunden zurück?
28. Welche Einheiten für die Geschwindigkeit sind gebräuchlich?
29. Nenne Bewegungen, die nahezu gleichförmig verlaufen!
30. Ein PKW durchfährt eine Strecke von 100 m in 5 s. Wie groß ist seine Geschwindigkeit, wenn die Bewegung gleichförmig erfolgt? Gib die Geschwindigkeit in $\frac{m}{s}$ und in $\frac{km}{h}$ an! Beachte dabei, daß gilt:

$$1\,\frac{m}{s} = \frac{1\,m}{1\,s} = \frac{\frac{1}{1\,000}\,km}{\frac{1}{3\,600}\,h} = \frac{3\,600\,km}{1\,000\,h} = 3{,}6\,\frac{km}{h}$$

	Kettenkarussell
	Eisenbahnzug auf gerader Strecke
	Diskuswerfer
	Uhrenpendel
	Kegelkugel
	Schaukel

Bild 121/1 zu 31

31. Gib die Bewegungsformen an! Die Pfeile geben die Richtung der Bewegung an (Bild 121/1).
32. Woran erkennt man eine geradlinig gleichförmige Bewegung?
33. Bestimme mit Hilfe der Weg-Zeit-Diagramme (Bild 121/2) die Geschwindigkeit der beiden PKW!
    a) Welcher der beiden Wagen hat die größere Geschwindigkeit?

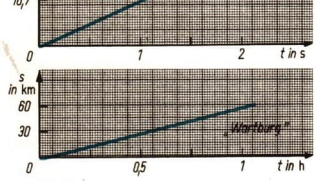


Bild 121/2 zu 33

    b) Bestimme aus den Diagrammen die Wege, die der „Trabant" in 1,5 s, der „Wartburg" in $\frac{3}{4}$ h zurücklegt!
34. Bild 121/3 zeigt einen sogenannten grafischen Eisenbahnfahrplan.
    a) Was für ein Diagramm ist es?
    b) Bestimme die Durchschnittsgeschwindigkeit des Güterzuges zwischen den Orten A und B, B und C, C und D!
    c) Bestimme die Durchschnittsgeschwindigkeit des Schnellzuges zwischen A und D!

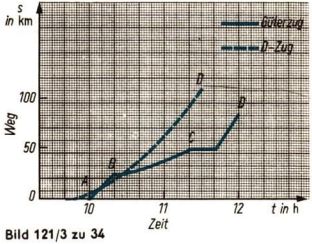


Bild 121/3 zu 34

35. Zeichne mit Hilfe der folgenden Tabellenwerte das Weg-Zeit-Diagramm einer geradlinig gleichförmigen Bewegung!

Weg s in m	10,5	21,0	31,5	42,0
Zeit t in s	1,1	2,0	2,9	4,1

Zum Zeitpunkt $t = 0$ s ist der Weg $s = 0$ m. Die Weg-Zeit-Kurve verläuft also durch diesen Punkt. Die übrigen Punkte liegen aber nicht auf einer Geraden. Ursache dieser Abweichungen sind die Meßfehler. Da wir wissen, daß es sich um eine geradlinig gleichförmige Bewegung handelt, zeichnen wir eine Gerade so, daß die Punkte beiderseits der Kurve liegen und einen möglichst geringen Abstand von ihr besitzen. Benutze ein durchsichtiges Lineal! Da die Geschwindigkeit aus den fehlerhaft gemessenen Größen Weg und Zeit bestimmt wird, ist sie ebenfalls fehlerhaft. Wollen wir die Fehler der Geschwindigkeit klein halten, so müssen Weg *und* Zeit möglichst genau gemessen werden.

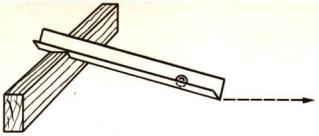


Bild 122/1 zu 36

36. Falte aus Pappe eine Rinne, stelle sie geneigt auf und laß darin eine Kugel hinabrollen (Bild 122/1)!
a) Welche Bewegungsart und Bewegungsform hat die Kugel während der Bewegung in der Rinne?
b) Welche Bewegungsart hat die Kugel auf dem Tisch, wenn dieser mit einer Wolldecke bedeckt ist?

37. Miß gemeinsam mit einem Mitschüler an einer Landstraße einen Weg von 100 m ab (evtl. Kilometerstein benutzen.)!
Schätze die Zeiten, die verschiedene Fahrzeuge benötigen, um die Meßstrecke zu durchfahren! (Anhaltspunkt für Zeitschätzungen: Zähle langsam „einundzwanzig", „zweiundzwanzig" usw. Zum Aussprechen je einer Zahl benötigt man etwa 1 s.) Miß mit Hilfe einer Uhr mit Sekundenzeiger bei anderen Fahrzeugen die Zeiten für das Durchfahren der Meßstrecke und berechne die Durchschnittsgeschwindigkeiten der einzelnen Fahrzeuge! Warum werden die Messungen nur eine sehr ungenaue Geschwindigkeitsbestimmung ermöglichen?

38. Baue dir nach Bild 122/2 ein „Fahrzeug"! Durch mehrfaches Drehen (etwa 20mal) des langen Stäbchens wird der Paketgummifaden verdrillt. Setze das Fahrzeug auf eine rauhe Unterlage (Tischdecke) und laß das lange Stäbchen los! Bestimme die Durchschnittsgeschwindigkeit für verschieden lange Wege!

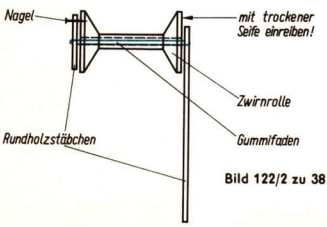


Bild 122/2 zu 38

39. Beobachte ein treibendes Stück Holz in einem Bach und bestimme die Durchschnittsgeschwindigkeit für verschieden lange Meßstrecken! Ordne die Ergebnisse! Sollten sie erheblich voneinander abweichen, so versuche dafür eine Erklärung zu geben!

Die Kraft (Seite 27 bis 33)

40. Welche Kennzeichen gibt es dafür, daß auf einen Körper eine Kraft wirkt?

41. Nenne Gegenstände, die aus elastischen Stoffen bestehen!

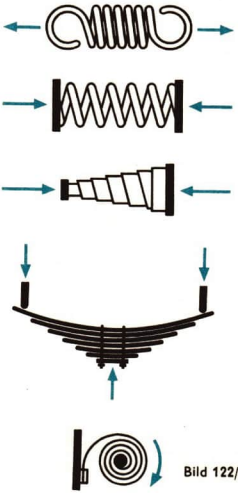


Bild 122/3 zu 42

42. Federn werden aus elastischen Metallstreifen oder Drähten hergestellt (Bild 122/3). Gib an, bei welchen Gegenständen dir derartige Federn schon begegnet sind! Denke dabei an Uhr, Druckstift, Luftpumpenhalter, Polstersessel, Aktenlocher, Gartenschere, Wäscheklammer, Federbindung der Skier, Güterwagen, Küchenuhr, Fahrradsattel!

43. Ein Schwimmer betritt ein Sprungbrett. Warum biegt sich das Brett? Erkläre!
44. Welche physikalische Gesetzmäßigkeit wird bei allen Federkraftmessern ausgenutzt?
45. Nenne Gegenstände, die aus plastischen Stoffen hergestellt werden!
46. Aus welchen Stoffen werden Niete hergestellt? Welche gemeinsamen Eigenschaften besitzen diese Stoffe?
47. Ein Körper mit einem Gewicht von 160 p verlängert eine Feder um 2 cm. Welche Kraft muß wirken, damit die Feder um 6 cm verlängert wird? (Es wird angenommen, daß dabei keine bleibende Verformung der Feder auftritt.)
48. Bestimme aus dem Diagramm für die Verlängerung einer Feder (Bild 123/1):
a) Welche Kraft ruft eine Verlängerung von 1,2 cm hervor?
b) Um wieviel Zentimeter wird die Feder verlängert, wenn eine Kraft von 220 p wirkt?

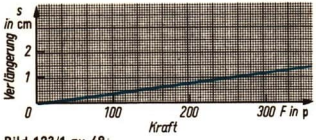


Bild 123/1 zu 48

52. a) Fertige eine Schraubenfeder an, indem du – kräftig ziehend – einen Stahldraht um einen Metallbolzen wickelst! Vor dem Abnehmen der Feder vom Bolzen werden beide Enden der Feder zum Haken umgebogen. Überlege, wie du die Feder als Kraftmesser verwenden kannst! Fertige eine Skale an!
b) Baue aus zwei Papphülsen und einer Gummischnur einen einfachen Kraftmesser (Bild 123/2)! Beschrifte die bewegliche Hülse so, daß sie als Skale dienen kann!

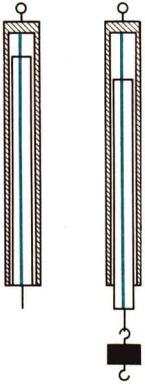
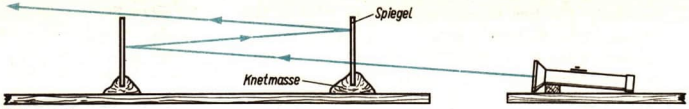


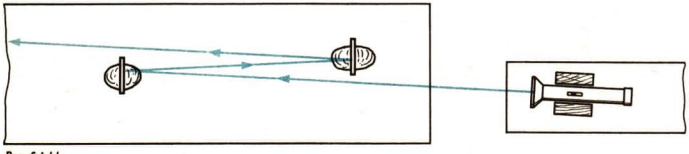
Bild 123/2 zu 52

49. Auf Rummelplätzen findet man sogenannte „Kraftmesser". Wie könnten diese Geräte innen aussehen? Fertige eine Skizze an!
50. Schaltet ein Autofahrer auf einer geraden, ebenen Straße den Motor ab, so rollt das Auto noch ein Stück, kommt aber schließlich zur Ruhe. Es führt eine verzögerte Bewegung aus. Ursache ist eine Kraft, die man die Reibungskraft nennt. Nenne andere Vorgänge, bei denen Reibungskräfte wirken!
*51. Welche Richtung hat die Kraft, die eine beschleunigte Bewegung eines Körpers bewirkt? Welche Kraftrichtung tritt bei einer verzögerten Bewegung auf? Vergleiche jeweils mit der Richtung, in der sich der Körper bewegt!

c) Vergleiche die beiden Skalen! Was stellst du fest? Was schließt du daraus?
53. Dehne einen dünnen Kupferdraht von etwa 1 m Länge so lange, bis er zerreißt! Spanne dazu das eine Ende in einen Schraubstock und ziehe am anderen Ende mit einer Kombi- oder Flachzange! Vergleiche die Anfangslänge und die Gesamtlänge der beiden Bruchstücke miteinander!
a) Welche Stoffeigenschaften hat Kupfer? Woran erkennst du sie?
b) Welche Ursache hatte die Dehnung?
54. Schlage mit einem Hammer auf ein Stück Stahl, ein Stück Blei und ein Stück Knetmasse! Welche Stoffeigenschaften kannst du aus ihrem Verhalten erkennen?



Seitenansicht



Draufsicht

Bild 124/1 zu 55

55. Stelle mit Hilfe von Knetmasse zwei Taschenspiegel senkrecht auf einen Tisch! Beleuchte mit einer Taschenleuchte, die durch kleine Klötzchen in ihrer Lage festgehalten wird, die beiden Spiegel in der angegebenen Weise (Bild 124/1)! Beobachte, wo sich der Lichtfleck befindet! Drücke nun mit der Hand zwischen den beiden Spiegeln auf den Tisch! Was beobachtest du? Begründe deine Beobachtungen!

Die Masse eines Körpers (Seite 34 bis 36)

56. Der in Bild 36/1 abgebildete Wägesatz enthält folgende verschiedene Wägestücke: 500 g, 200 g, 100 g, 50 g, 20 g, 10 g, 5 g, 2 g, 1 g. Einige sind doppelt vorhanden. Welche? Schreibe *alle* im Wägesatz vorhandenen Wägestücke so auf, daß solche mit gleicher Anfangsziffer jeweils untereinanderstehen! Warum sind Wägestücke mit den Anfangsziffern 3, 4, 6, 7, 8, 9 unnötig?
57. Schreibe auf, welche Wägestücke die Gesamtmasse
    a) 18 g, b) 72 g, c) 375 g, d) 598 g,
    e) 777 g, f) 870 g, g) 1000 g
    ergeben!
58. Auf dem Tisch liegen drei Kugeln, von denen bekannt ist, daß zwei die gleiche Masse haben, die dritte Kugel aber eine kleinere Masse als eine der beiden anderen hat (Bild 124/2). Beschreibe, wie du durch *eine einzige Wägung* mit einer Schalenwaage *ohne* Wägesatz sofort sagen kannst, welches die beiden Kugeln mit der gleichen Masse sind!

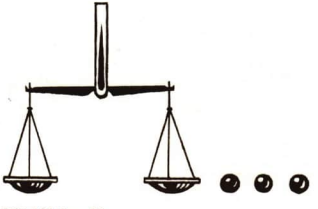


Bild 124/2 zu 58

59. Stelle in Form einer Versuchsbeschreibung zusammen, wie du 120 g Zucker mit einer Schalenwaage abwägen würdest!
60. Ermittle die Masse einer Murmel! Beschreibe dein Vorgehen!
61. Kontrolliere mit einer Haushaltswaage die auf der Packung angegebene Masse eines Stückes Seife! Erkläre den Ausdruck „Frischeinwaage"! (Manchmal findet man auch den falschen Ausdruck „Frischgewicht". Was ist daran falsch?)
62. Welche Masse besitzt 1 l Wasser? Benutze eine Haushaltswaage und beschreibe dein Vorgehen!

63. Welche Waage benutzt man am zweckmäßigsten, um die Masse der abgebildeten Körper zu ermitteln (Bild 125/1)?

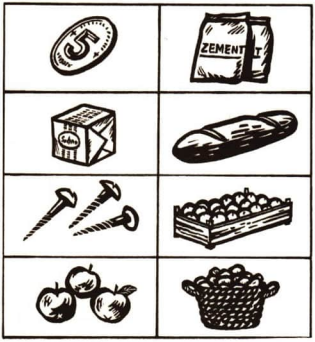


Bild 125/1 zu 63

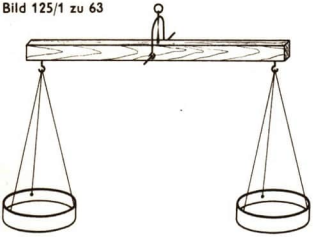


Bild 125/2 zu 64

64. a) Stelle nach Bild 125/2 eine einfache Schalenwaage her! Benutze dazu:

Material	Verwendung
Holzleiste	Waagebalken
dicker Draht	Zeiger, Lagerung
dünner Draht	Haken, Halterung
Dosendeckel	Schalen
Schnur	Befestigung der Schalen

b) Wäge mit der nach a) hergestellten Waage etwa 2,5 g Salz ab, indem du als Vergleichsmasse ein 1-Mark-Stück benutzt!

Die Dichte eines Stoffes (Seite 37 bis 39)

*65. Ein Quader mit einem Volumen von 2 m^3 habe eine Masse von 30 kg. Aus welchem Stoff könnte der Quader bestehen? Berechne die Dichte und vergleiche den erhaltenen Wert mit den Werten der Dichtetabelle auf Seite 39!

Anleitung: Wandle die angegebenen Werte in cm^3 und g um!

66. Wie groß ist die Dichte von Marmor, wenn ein 50 cm^3 großes Stück eine Masse von 125 g hat?

67. Ein Würfel aus Grauguß hat eine Kantenlänge von 5cm. Welche Dichte hat das Material, wenn die Masse des Würfels 925 g beträgt?

68. Ordne folgende Körper nach ihrer Dichte: Luftgewehrkugel, Goldmünze, Aluminiumkochtopf, Holzquirl, Kombizange, Kupferdraht!

69. Ein Messingbolzen mit einem Volumen von 10 cm^3 besteht aus 51 g Kupfer (Dichte 8,9 g/cm^3) und 34 g Zink (Dichte 7,1 g/cm^3). Wie groß ist die Dichte von Messing?

70. Gegeben sind drei Körper A, B, C unterschiedlicher Form und verschiedener Dichte, die aber alle das gleiche Volumen besitzen. (Bild 125/3). Es soll festgestellt werden, welcher Körper die größte und welcher die kleinste Dichte hat. Als Hilfsmittel steht eine Schalenwaage ohne Wägesatz zur Verfügung.

a) Beschreibe, wie du vorgehen würdest!

b) Überprüfe die Richtigkeit deiner Überlegungen durch einen Versuch! Verwende als Körper A, B und C drei vorher leere Streichholzschachteln, von denen jeweils eine mit Sand, Seifenpulver und ATA gefüllt ist. Als Waage verwende die selbstgebaute Waage (Bild 125/2) oder eine Haushalts-Tafelwaage!

Bild 125/3 zu 70

71. Bestimme die Dichte von Milch! Anleitung: Wäge den Milchtopf oder Milchkrug leer auf der Küchenwaage! Laß ihn im Milchgeschäft mit der (für den Haushalt benötigten) Milch (z. B. 1 l) füllen und bestimme die Masse des gefüllten Kruges! Beachte dabei:
1 l = 1000 cm³
$\frac{1}{2}$ l = 500 cm³.

72. Bestimme experimentell die Dichte von Gummi! Benutze dazu einen Radiergummi! Das Volumen kann mit einem Überlaufgefäß ermittelt werden!

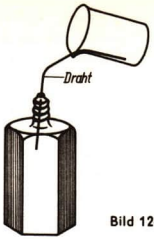


Bild 126/2 zu 79

Der Aufbau der Stoffe (Seite 40 bis 46)

73. Erkläre den Unterschied zwischen Kohäsion und Adhäsion!
74. Worauf beruht die Klebewirkung von Duosan, Tischlerleim, Kaltleim und anderen Klebemitteln?
75. Warum läßt sich mit Tinte nur schlecht auf Zeitungspapier schreiben?
76. Warum soll man nasse Schuhe mit Zeitungspapier ausstopfen?
77. Warum kann man Wasser mit der Hand zerteilen, einen Stahlstab aber nicht?
78. Im Erdboden sind zwischen den Bodenteilchen kleine Zwischenräume, die wie Kapillaren wirken. In ihnen steigt das Grundwasser empor. Gelangt es dabei bis zur Oberfläche, so verdunstet es. Erkläre auf Grund deiner Kenntnisse Bild 126/1!

79. Gieße mit Hilfe eines gebogenen Drahtes Wasser in eine Parfümflasche (Bild 126/2)! Erkläre!
80. Warum behandelt man Holzpfosten, die in die Erde eingesetzt werden, mit wasserabweisenden Mitteln, wie Karbolineum?
81. Warum müssen landwirtschaftliche Maschinen während der Wintermonate eingefettet untergestellt werden?
82. Beschreibe in einem kleinen Aufsatz, wie das Wohnzimmer aussehen würde, wenn es keine Adhäsion gäbe! Hinweise: Tapeten, Deckenfarbe, Stühle, Tisch, Teppich, Staubwischen usw.!
83. Schneide eine rohe Kartoffel durch und drücke die Schnittflächen wieder zusammen! Versuche die Stücke auseinanderzuziehen! Erkläre!
84. Stelle einen Ziegelstein zu etwa einem Drittel in ein Gefäß mit Wasser und laß ihn einige Zeit stehen! Untersuche dann den oberen

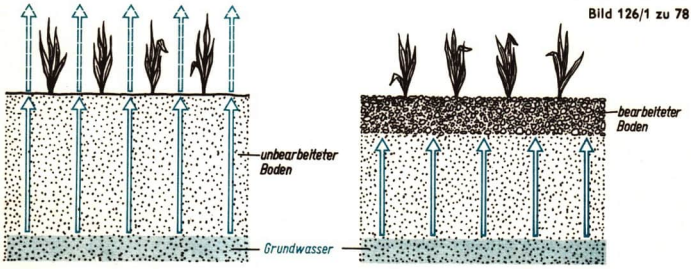


Bild 126/1 zu 78

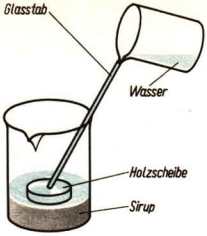
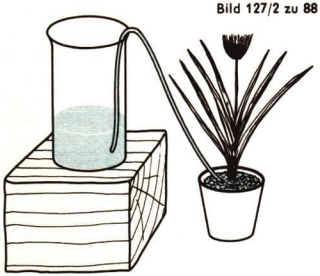


Bild 127/1 zu 85

Teil des Steines! Beschreibe, welche Maßnahmen im Bauwesen gegen die beobachtete Erscheinung ergriffen werden!

85. Fülle ein Trinkglas mit etwas Limonadensirup! Schichte darüber vorsichtig Wasser (Bild 127/1) und laß das Glas einige Tage ruhig stehen!
Beobachte und erkläre!
86. Fülle einen Blumentopf mit trockener Erde! Stelle ihn in einen Untersatz mit Wasser! Untersuche am nächsten Tag die Feuchtigkeit der obersten Erdschicht! Erkläre!
87. Drücke ein Glasrohr beiderseits durch eine dicke Kartoffelscheibe, so daß die Rohrenden dadurch verschlossen werden! Schiebe den einen Pfropfen mit Hilfe eines Stäbchens hinein! Was geschieht? Erkläre! Hinweis: Versuch im Freien ausführen!
88. Baue nach Bild 127/2 eine Blumentränke und erkläre deren Wirkungsweise!
Verwende einen Wollfaden!

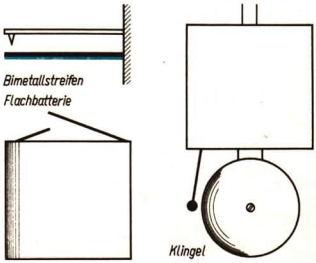
Bild 127/2 zu 88



Die Ausdehnung der Körper beim Erwärmen (Seite 47 bis 53)

89. Festsitzende Glasstöpsel lösen sich, wenn der Flaschenhals vorsichtig erwärmt wird. Erkläre!
90. Weshalb können dickwandige Einkochgläser zerspringen, wenn man heiße Früchte einfüllt?
91. Warum befinden sich in den Fahrbahnen von Betonstraßen in bestimmten Abständen Querfugen mit Teerpech ausgefüllt?
92. In welcher Jahreszeit hängen die elektrischen Freileitungen am weitesten durch? Wie wird bei den Oberleitungen der Deutschen Reichsbahn das Durchhängen vermindert?
93. Weshalb wird auf Meßzylindern eine bestimmte Temperatur angegeben?
94. Ein Stahlbandmaß zeigt die richtigen Längen an, wenn es die Temperatur 20 °C besitzt. Welche Meßfehler treten bei höheren und tieferen Temperaturen auf?
95. Die Räder der Eisenbahnwagen sind mit stählernen Reifen umgeben. Wie kann man auf Grund der Ausdehnung des Stahls einen festen Sitz der Reifen erzielen?
96. Mit Hilfe eines Bimetallstreifens soll ein Feuermelder gebaut werden. Der Melder soll ein Signal mit einer elektrischen Klingel geben, wenn die Temperatur in einem Raum zu hoch wird. Skizziere den Melder und verwende dazu die angegebenen Geräte (Bild 127/3)!

Bild 127/3 zu 96



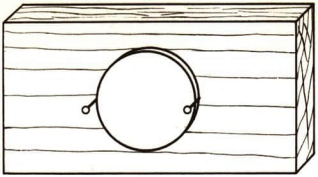


Bild 128/1 zu 97

97. Schlage in ein Brettchen zwei kleine Nägel, so daß sich eine kleine runde Metallscheibe noch gerade dazwischen hindurchschieben läßt (Bild 128/1)! Stelle das Brettchen auf die Schmalseite! Erwärme die Scheibe in einer Flamme! Vorsicht! Bringe sie von oben zwischen die Nägel! Warte dann einige Minuten! Beschreibe deine Beobachtungen!

98. Durchbohre den Plastdeckel eines Tablettenröhrchens! Klebe in die Bohrung ein Plasttrinkröhrchen mit Alleskleber ein! Fülle das Glas zu einem Viertel mit gefärbtem Wasser (Bild 128/2)! Setze den Deckel auf und erwärme das Tablettenröhrchen mit der Hand! Beobachte und erkläre!

99. Fülle eine Glasflasche bis 4 cm unter der Mündung mit kaltem Leitungswasser! Verkorke die Flasche und stich durch den Korken einen Draht! Nähere das Drahtende bis auf 1 mm der Wasseroberfläche (Bild 128/3)! Was ist zu beobachten, wenn das Wasser nach etwa einer Stunde die Zimmertemperatur angenommen hat?

100. Ändere den Versuch 98 folgendermaßen ab: Fülle kein gefärbtes Wasser ein, sondern bringe nur einen Wassertropfen in das Plastströhrchen!

101. Baue aus einem Brettchen und zwei Nähnadeln die Versuchsanordnung nach Bild 128/4 auf! Erwärme mit einer Kerzenflamme die waagerechte Nadel! Vorsicht! Erkläre deine Beobachtungen!

102. Schlage in ein Brettchen im Abstand von 20 cm zwei Nägel! Spanne zwischen den Nägeln einen dünnen Gummiring aus, der in der Mitte ein Plasttrinkröhrchen umschlingt! Durchbohre das Röhrchen einige Millimeter unterhalb des Gummifadens und lagere es mit einer Stecknadel leicht drehbar (Bild 128/5)! Was ist zu beobachten, wenn der linke Teil des Gummifadens vorsichtig mit einer Streichholzflamme (Vorsicht!) erwärmt wird? Wie verhält sich der gespannte Gummifaden beim Erwärmen?

103. Streife über die Öffnung einer Flasche das Mundstück eines Luftballons, der vorher nicht aufgeblasen werden soll! Lasse über die Flasche zuerst heißes Wasser, danach kaltes Wasser laufen! Erkläre das Verhalten des Ballons!

104. Bringe auf den Rand des Halses einer leeren Flasche einige Tropfen Wasser! Lege danach auf die Mündung eine Münze! Erwärme jetzt die Flasche mit der Hand! Beschreibe und erkläre deine Beobachtungen!

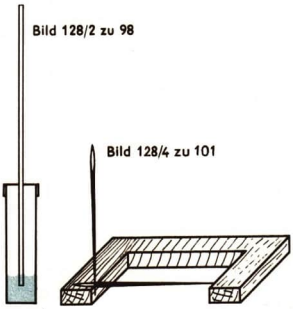


Bild 128/2 zu 98

Bild 128/4 zu 101

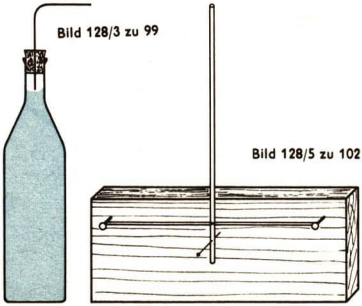


Bild 128/3 zu 99

Bild 128/5 zu 102

Die Temperatur (Seite 54 bis 58)

105. Erkläre den Unterschied der beiden Aufträge:
a) Erwärme 1 l Wasser von 10 °C auf 50 °C!
b) Erwärme 1 l Wasser von 10 °C um 50 grd!

*106. Bei Zimmerthermometern reicht die Skale nur bis etwa 50 °C. Wie kann man ein solches Thermometer mit einer Skale versehen?

107. Wie ist zu erreichen, daß bei einem Thermometer die Skalenteile für 1 grd besonders groß werden?

108. Weshalb soll die Kapillare eines Thermometers überall die gleiche Weite haben?

109. Weshalb wird die Kapillare des Thermometers zugeschmolzen?

110. Wie würde es sich auswirken, wenn in der zugeschmolzenen Thermometerröhre Luft enthalten wäre?

111. Warum soll ein Außenthermometer im Schatten hängen?

112. Welche Schwierigkeit ergibt sich beim Messen der Temperatur fester Körper?

113. Prüfe die Fixpunkte eines Laborthermometers nach! (Unterschiede bei der Siedetemperatur des Wassers sind auf Änderungen des Luftdruckes zurückzuführen.

114. Erwärme in einem Topf auf dem Gasherd 500 cm³ Wasser und miß alle 30 Sekunden die Temperatur! Fertige eine grafische Darstellung der Meßergebnisse an!

115. Stelle ein Becherglas mit Wasser von 70 °C in ein großes Gefäß mit kaltem Leitungswasser! Miß bei ständigem Umrühren alle 2 Minuten die Temperatur! Stelle die gemessenen Werte grafisch dar!

116. Mische 200 cm³ Wasser mit einer Temperatur von 40 °C mit 200 cm³ Wasser, dessen Temperatur 20 °C beträgt! Welche Mischungstemperatur ergibt sich?

117. Erwärme ein Zimmerthermometer mit der Hand um 5 grd! Nach welcher Zeit zeigt das Thermometer wieder die Zimmertemperatur an?

118. Miß eine Woche lang täglich die Außentemperatur um 18 Uhr! Berechne die mittlere Temperatur der Woche für 18 Uhr!

Zustandsänderungen der Körper (Seite 59 bis 66)

119. Welche Schmelzvorgänge sind im Haushalt zu beobachten?

*120. Weshalb ist schmelzendes Eis für das Festlegen eines Fixpunktes der Temperaturskale geeignet?

121. Wie ist zu erklären, daß im Frühjahr längere Zeit Schnee- und Eisreste zurückbleiben, obwohl Lufttemperaturen über 0 °C herrschten?

122. Bei welcher (tiefen) Temperatur versagt das Quecksilberthermometer?

123. Begründe, daß Gießformen etwas größere Abmessungen als das Gußstück erhalten müssen!

124. Weshalb ist die Ausdehnung des Wassers beim Erstarren sehr bedeutsam für das Leben in den Gewässern?

125. Welche Gefahr besteht beim Einfrieren von Wasserleitungen? Wie wird dem Einfrieren von Wasserleitungen vorgebeugt?

*126. Beim Gefrieren von 200 cm³ Wasser entstanden 220 cm³ Eis. Berechne die Dichte des Eises!

127. Was ist bei der Auswahl eines Lötmetalls zu beachten?

128. Welche gemeinsamen Merkmale haben Schmelz- und Siedevorgang?

129. Erkläre, weshalb ein feuchtes Tuch beim Bügeln von Wollsachen gegen zu starke Erwärmung schützt!

130. Beim Kochen von Kartoffeln soll zu Beginn des Siedens die Sparflamme des Gasherdes eingeschaltet werden. Wie wird dadurch die Garzeit beeinflußt?

131. Welchen Vorteil bietet der Milchkochtopf, dessen Querschnitt in Bild 129/1 dargestellt ist?

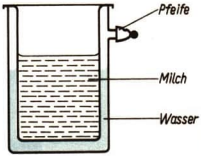


Bild 129/1 zu 131

132. Erkläre, unter welchen Bedingungen Eiszapfen entstehen!

133. Weshalb beschlagen bei tiefen Außentemperaturen die Fensterscheiben?

134. Erkläre, welche Vorgänge beim Destillieren des Wassers nach Bild 130/1 stattfinden!

135. Wie kann man mit Tinte gefärbtes Wasser wieder rein bekommen?

136. Wie läßt sich mit einem feuchten Finger die Windrichtung feststellen?

137. Welchen Nutzen und welche Gefahren bringt die Schweißabsonderung des menschlichen Körpers?

138. Wie verschaffen sich Hunde bei heißem Wetter Abkühlung?

139. Unter welchen Bedingungen trocknet aufgehängte Wäsche schnell?

140. Erkläre den Vorgang des Verdunstens durch das Verhalten der Flüssigkeitsteilchen! Beachte, daß nicht alle Teilchen gleiche Geschwindigkeiten haben!

141. In manchen Gegenden werden poröse Tongefäße zum Kühlen von Wasser verwendet. Erkläre die Kühlwirkung!

*142. Eine Waage befindet sich im Gleichgewicht. Links steht ein enges Gefäß mit heißem Wasser, rechts ein weites Gefäß mit kaltem Wasser (Bild 130/2). Welche Störungen wird das Gleichgewicht im Laufe der Zeit erfahren?

143. Wie muß man beim Geschirrspülen vorgehen, um möglichst wenig Arbeit mit dem Abtrocknen zu haben?

144. Weshalb trocknet der Alleskleber Duosan-Rapid schneller als ein wasserlöslicher Klebstoff?

145. Schmilz in einem Reagenzglas zerkleinerte Kerzenreste, indem du das Glas in heißes Wasser stellst! Kühle danach das Stearin in einem Wasserbad! Miß alle 20 Sekunden die Temperatur und trage die Meßergebnisse in eine Tabelle ein! Bei welcher Temperatur ist das Erstarren zu beobachten? Wie kommt die Oberflächenform des erstarrten Stearins zustande?

146. Lasse ein größeres Eisstück in einem wassergefüllten Gefäß schwimmen! Schätze ab, welcher Bruchteil des Eises aus dem Wasser ragt! Erkläre danach, welche Gefahr Eisberge für den Schiffsverkehr bilden!

147. Bestimme den Schmelzpunkt von Fixiersalz! Fülle dazu eine kleine Menge des Salzes in ein Reagenzglas und erwärme dieses im Wasserbad! Miß alle 30 Sekunden die Temperatur des Wasserbades, bis das Schmelzen beendet ist!

148. Laß einen gut durchgefeuchteten Lehmklumpen an einem Frosttag gefrieren und anschließend bei Zimmertemperatur auftauen! Was beobachtest du dabei?

Bild 130/1 zu 134

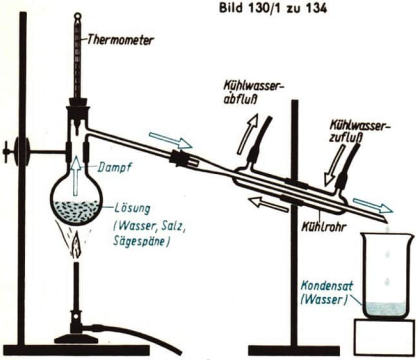
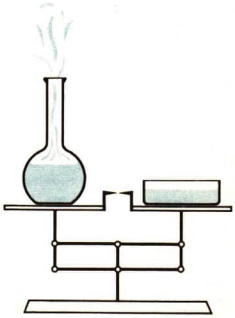


Bild 130/2 zu 142



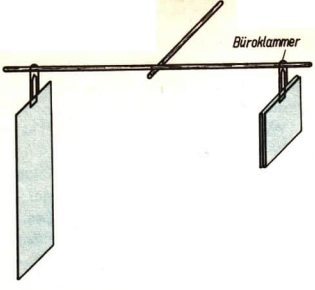


Bild 131/1 zu 151

149. Fülle in einen Meßzylinder 200 cm³ Wasser von 20 °C und gib dazu zwei Eiswürfel aus dem Kühlschrank! Miß nach dem Schmelzen die Zunahme des Volumens und die Temperaturänderung!
150. Lasse einen Tropfen geschmolzenen Lötzinns auf einem Holzbrettchen erkalten! Woran ist das Erstarren zu erkennen?
151. Ein Holzstäbchen wird als Waagebalken verwendet (Bild 131/1). Es trägt links und rechts gleich große Streifen aus feuchtem Löschpapier; der eine Streifen wird mehrfach gefaltet. Beobachte diese „Waage" einige Minuten! Erkläre das Ergebnis!
152. Vergleiche die Verdunstung von Wasser und einem flüssigen Fleckenmittel! Benutze die Versuchsanordnung von Bild 131/1! Lasse dabei beide Löschpapierstreifen ungefaltet!
153. Bringe auf eine Glasplatte einige Tropfen Salzwasser! Was kannst du nach einigen Stunden beobachten?
154. Destilliere nach der Versuchsanordnung in Bild 131/2 mit Tinte gefärbtes Wasser, in dem etwas Kochsalz gelöst wurde! Prüfe das destillierte Wasser auf Farbe und Geschmack!
155. Binde an die Kugel eines Thermometers einen kleinen Wattebausch! Befeuchte diesen zuerst mit Fleckenwasser, dann mit Wasser! Miß in beiden Fällen die tiefste Temperatur, die das Thermometer während des Verdunstens der Flüssigkeit anzeigt!

Die Ausbreitung der Wärme (Seite 67 bis 74)

156. Welche Vorteile bieten Doppelfenster gegenüber einfachen Fenstern?
157. Gib Beispiele dafür, wie Tiere gegen tiefe Temperaturen geschützt sind!
158. Beschreibe die Kühleinrichtung bei einem wassergekühlten Fahrzeugmotor (Bild 131/3)!

Bild 131/2 zu 154

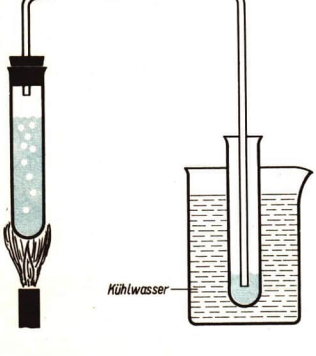
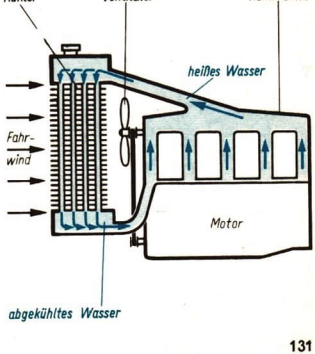


Bild 131/3 zu 158



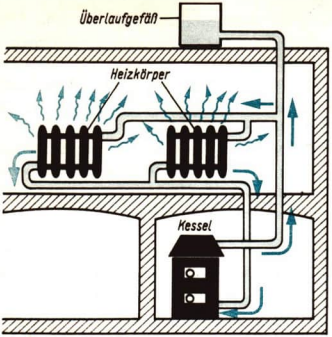


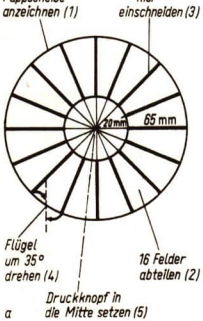
Bild 132/1 zu 159

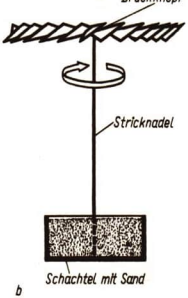
159. Erläutere die Wirkungsweise einer Warmwasserheizung (Bild 132/1)!
160. Bei strengem Frost kann die feuchte Hand an einem Türgriff aus Metall festfrieren. Wie ist das zu erklären?
161. Welchen Einfluß hat die gute Wärmedämmung eines Daches im Sommer und im Winter?
162. Weshalb schützt eine Schneedecke die Wintersaat vor dem Frost?
163. Bei Zimmertemperatur erscheinen Körper aus Metall kühler als Körper aus Holz oder Plasten, wenn man sie berührt. Erkläre diese Beobachtung!
164. Weshalb haben die Kühlwagen der Deutschen Reichsbahn einen weißen Anstrich?
165. Wie schützt man sich in den Tropen gegen die kräftige Sonnenstrahlung?
166. Warum bleiben Getränke in einer Thermosflasche lange warm bzw. kalt?
167. Wie schützt der Gärtner im Frühjahr die jungen Pflanzen gegen Nachtfröste?
168. Beschaffe dir Drahtstücke von etwa 15 cm Länge mit gleichen Querschnitten aus Eisen, Kupfer und Aluminium! Fasse der Reihe nach die Drähte an einem Ende an und halte das andere Ende in eine Kerzenflamme! Vorsicht! Miß die Zeit, bis der Draht so warm wird, daß du ihn nicht mehr festhalten kannst! Beurteile danach die Wärmeleitfähigkeit der drei Metalle!

*169. Beleuchte die Wand eines Zimmers aus einer Entfernung von etwa 1 m mit einer Glühlampe! Stelle zwischen Wand und Glühlampe eine brennende Kerze auf! Vorsicht! Beobachte an der Wand das Gebiet oberhalb des Schattens der Kerze! Bei welcher Gelegenheit konntest du schon ähnliche Erscheinungen beobachten?

170. Baue dir ein Windrad oder eine tanzende Schlange gemäß Bild 132/2! Stelle sie auf einen geheizten Kachelofen! Erkläre, wie die Drehbewegung zustande kommt!
171. Erwärme mit einem Spiritusbrenner das Wasser in einem Becherglas! Vorsicht!

Bild 132/2 zu 170





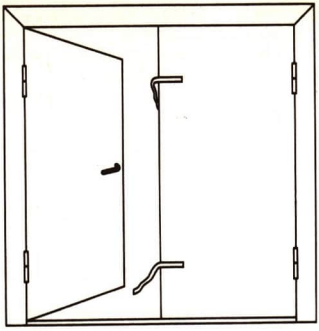


Bild 133/1 zu 173

Wirf ein Körnchen einer Kopierstiftmine in das Glas und beobachte die Wärmeströmung! Fertige eine Skizze an!

172. Lasse je ein Glas mit klarem und dunkel gefärbtem Wasser gleicher Temperatur 30 Minuten lang von der Sonne bestrahlen! Miß nach der Bestrahlung die Temperaturen des Wassers in den beiden Gläsern! Erkläre das Meßergebnis!

173. Halte einen schmalen Streifen aus Seidenpapier an die Tür eines geheizten Zimmers, die nur einen Spalt geöffnet ist (Bild 133/1)! Welche Strömungsrichtungen zeigt der Streifen in verschiedenen Höhen am Spalt an? Zeichne ein Bild der Strömungsvorgänge! Wiederhole den Versuch an einem wenig geöffneten Fensterflügel!

174. Miß die Temperatur in der Nähe des Fußbodens und der Decke eines Zimmers! Erkläre, wie der Temperaturunterschied entsteht!

Vom Atom (Seite 75 bis 82)

175. Feuchte den Rücken eines Plastkammes ganz leicht an und fahre mit der quergestellten Kante einige Male kräftig über einen Teppich! Es setzt sich am Kamm Staub ab. Wie kommt das?

176. Du kannst dir selbst ein Elektroskop herstellen: Schneide aus getrocknetem Holundermark zwei kleine Würfel von etwa 6 mm Kantenlänge, befestige sie an 30 cm langen Seidenfäden und hänge sie so auf, daß sie sich gegenseitig berühren! Nähere einen mit Wolle geriebenen Plastkamm den Holundermarkwürfeln und beobachte ihr Verhalten! Berühre einen Würfel mit dem Kamm! Begründe deine Beobachtungen mit der Verteilung der elektrischen Ladungen!

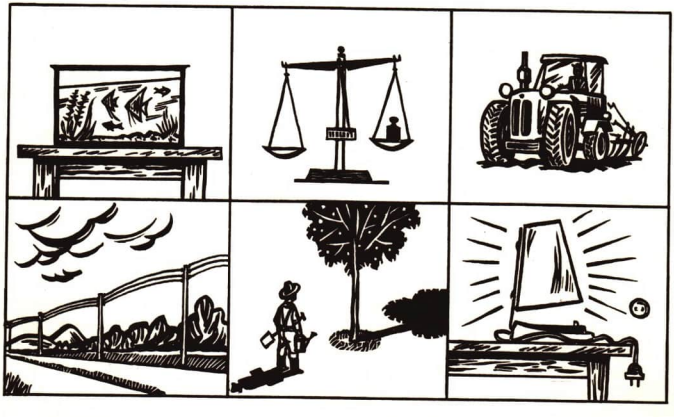
177. Der folgende Versuch ist nur bei Anwesenheit von Erwachsenen durchzuführen:
Trockne ein Blatt Zeitungspapier in der Ofenröhre oder mit einem Bügeleisen (Vorsicht! Feuergefahr! Nicht aus den Augen lassen!)! Halte das heiße Papier an den Ofen oder an die tapezierte Zimmerwand und streiche mit einer Bürste mehrmals kräftig darüber hin! Das Papier haftet an der Wand.
Wird das Zimmer verdunkelt und das Papier mit der Hand abgezogen, dann sieht man Funken zwischen Papier und Wand.
Hält man das abgezogene Papier mit der linken Hand und nähert ihm die rechte, dann wird das Papier von der Hand angezogen, und es springen Funken zur Hand (schmerzlos und ungefährlich).

Über Inhalt und Arbeitsverfahren der Physik

(Seite 83 bis 88)

178. Betrachte die Bilder der Seiten 6 und 8 und gib an, in welchen Teilgebieten der Physik die Wirkungsweise der dargestellten Apparate, Instrumente, Geräte, Maschinen usw. erklärt wird!
Beachte, daß sich an einer Maschine verschiedene Vorgänge abspielen können! Wir können solche Maschinen – oder Teile von ihnen – verschiedenen Teilgebieten zuordnen, zum Beispiel beim Mähdrescher: Motor (Wärmelehre), Scheinwerfer (Optik), Lenkung (Mechanik).
179. Schärfe deine Beobachtungsgabe! Was stimmt im Bild 134/1 nicht?
180. Überlege, welchen Teilgebieten der Physik die nachstehenden Versuche (Experimente) zuzuordnen sind!
a) Reibe die Handflächen mehrmals gegeneinander! Was verspürst du?
b) Biege ein Stück Lötzinn mehrmals und befühle die Knickstelle!
c) Betrachte dich in einem Spiegel und berühre dein linkes Ohr! Welches Ohr ist es scheinbar im Spiegel?
d) Lege ein Lineal so auf eine Fingerspitze, daß es nicht herunterfällt! Wo mußt du es unterstützen?
181. Beobachte und beschreibe den Siedevorgang des Wassers!
182. Jemand behauptet: „Glyzerin erwärmt sich schneller als Wasser." Wie kannst du die Behauptung nachprüfen?
183. Überlege dir ein Experiment, mit dem du die Verdrängung von Flüssigkeiten durch Gase nachweisen kannst!
184. Denke dir einen Versuch aus, um die Sinkgeschwindigkeit eines Spielzeugfallschirms zu bestimmen!

Bild 134/1 zu 179



Optik

Die Ausbreitung des Lichtes (Seite 90 bis 94)

185. Ordne die folgenden sichtbaren Körper in die Tabelle ein und begründe deine Entscheidung in Stichworten!
Mond, Fackel, Sonne, Gaslaterne, Druckschrift, elektrische Glühlampe, Planeten, Fixsterne, Erdsatelliten, Blitz, Rückstrahler am Fahrzeug, Schlußleuchte am Fahrzeug.

selbstleuchtender Körper	beleuchteter Körper	Begründung
—	Mond	reflektiert das Licht der Sonne

186. Ordne die folgenden Körper in die Tabelle ein! Beachte, daß für manche Körper keine eindeutige Entscheidung möglich ist!
Fensterladen, Scheibe aus Mattglas, Fensterscheibe, Lampenschirm, Sonnenschirm, Mützenschirm, Sonnenbrillenglas, Glühlampe aus Opalglas, Nebelwand (500 m dick), mit Öl getränktes Papierblatt, Ei (angebrütet).

undurchlässig	durchlässig	
undurchsichtig	durchscheinend	durchsichtig

187. Gib Beobachtungen an, die zeigen, daß sich das Licht mit einer größeren Geschwindigkeit ausbreitet als der Schall!

188. Welche Zeit würde ein D-Zug $\left(\bar{v} = 100\,\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)$ zum Durchfahren der Strecke benötigen, die das Licht in einer Sekunde zurücklegt?

189. Das Bild 135/1 stellt im Grundriß eine punktförmige Lichtquelle und mehrere undurchsichtige Körper dar.
a) Male alle Schattengebiete mit Bleistift aus! b) Male alle Lichtgebiete mit gelbem Farbstift aus!

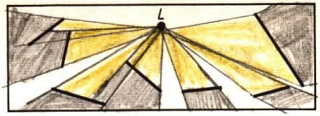


Bild 135/1 zu 189

190. Halte eine Glasscheibe in den Lichtkegel einer brennenden Taschenleuchte, der auf ein Blatt weißes Papier gerichtet ist!
Füge nacheinander bis zu 20 Scheiben hinzu! Beobachte am Lichtfleck auf dem Schirm die unterschiedliche Lichtdurchlässigkeit!

191. Wiederhole den Versuch 190 mit mehreren Blatt Transparentpapier!

192. Lege eine Taschenleuchte so auf den Tisch, daß ihr Lichtkegel eine Wand beleuchtet! Halte die eine Hand so zwischen Lichtquelle und Wand, daß sie einmal etwa 5 cm, einmal etwa 30 cm von der Wand entfernt ist! Beobachte sorgfältig und begründe deine Beobachtung! (Notiere vorher, welches Ergebnis du vermutest!)

193. Verwende eine Glühlampe, einen Gummiball und eine Murmel als Modelle der Sonne, der Erde und des Mondes! Veranschauliche mit ihnen eine Sonnen- und eine Mondfinsternis!

194. Sonnenfinsternis: Zeichne das Gebiet des Mondschattens ein (Bild 135/2)!

Bild 135/2 zu 194

195. Mondfinsternis: Zeichne das Gebiet des Erdschattens ein, wenn der Mond in den Erdschatten eintritt (Bild 135/3)!

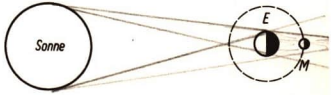


Bild 135/3 zu 195

Die Reflexion des Lichtes (Seite 95 bis 102)

196. Nenne Körper, die das Licht besonders gut reflektieren!
197. Im Zimmer brennt eine Kerze, in der Scheibe des Fensters sind zwei Kerzen zu erblicken. (Kerze dicht vor der Scheibe, Beobachtung stark seitlich.) Wie ist diese Erscheinung zu erklären?
198. Konstruiere für die folgenden Fälle den reflektierten bzw. einfallenden Lichtstrahl!

Bild 136/1 zu 198

199. Wie kann man den Brennpunkt eines Hohlspiegels experimentell ermitteln?
200. Halte einen Spiegel so in den Verlauf eines parallelen Strahlenbündels, daß dieses um 45° aus der ursprünglichen Richtung abgelenkt wird! Um wieviel Grad muß man den Spiegel jetzt noch drehen, damit das Lichtbündel insgesamt um 90° abgelenkt wird? Prüfe deine Antwort an Hand einer Skizze nach!
201. Wie groß ist bei der Reflexion am ebenen Spiegel der Einfallswinkel α, wenn der Winkel zwischen reflektiertem Strahl und Spiegel 40° beträgt? Wie groß ist der Reflexionswinkel?
Überprüfe deine Antwort mit Hilfe des Lehrbuches!
202. Konstruiere von dem Gegenstand, der sich vor einem Hohlspiegel befindet, das reale Bild! Entnimm die Maße dem Bild 136/2!

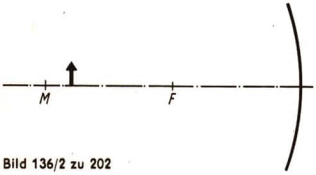


Bild 136/2 zu 202

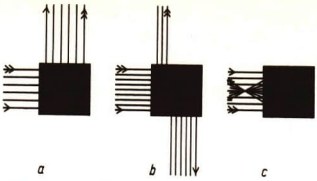


Bild 136/3 zu 203

203. Auf den Bildern a, b, c (Bild 136/3) sind die Spiegel und einige Strahlen durch einen schwarzen Kasten (black box) dargestellt. Gib für jeden Fall Namen und Lage der Spiegel an!
204. Konstruiere für die folgenden Fälle das Bild der gezeichneten Gegenstände (Pfeile)!

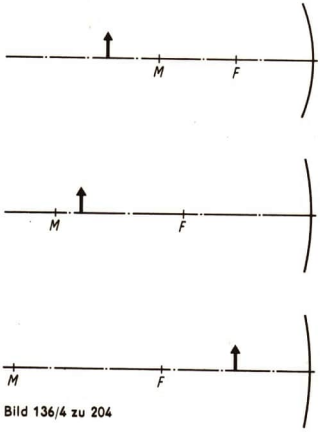


Bild 136/4 zu 204

Die Brechung des Lichtes (Seite 103 bis 110)

205. Weshalb sieht man einen schräg ins Wasser getauchten Stab geknickt?
*206. Du stehst am Ufer und siehst einen Fisch im Wasser. Schwimmt er a) höher, b) tiefer oder c) dort, wo du ihn siehst?

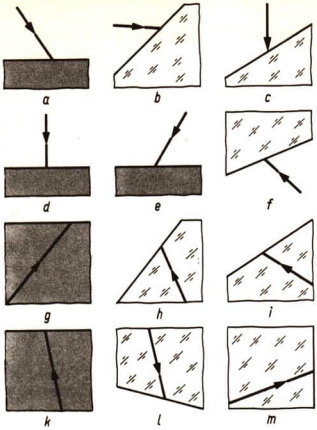


Bild 137/1 zu 207

207. Zeichne die Einfallslote und den vermutlichen Strahlenverlauf (Bild 137/1)!

208. Zeichne folgende Linsenformen geordnet in die Tabelle ein!

Bild 137/2 zu 208

Form	Mitte dick, Rand schmal	Rand dick, Mitte schmal
Querschnitt (Skizze)		
Linsenart		

209. Skizziere den Strahlenverlauf, a) wenn achsenparallele Strahlen auf eine Sammellinse fallen, b) wenn vom Brennpunkt kommende Strahlen auf eine Sammellinse fallen!

210. Der Abstand zwischen Gegenstand und seinem gleich großen Bild beträgt 60 cm. Wie groß ist die Brennweite der verwendeten Sammellinse?

211. Nenne die Linsenarten!

212. Warum haben manche Taschenleuchten eine Sammellinse vor der Glühlampe?

213. Welche Art Bilder entstehen durch Sammellinsen? In welchem Fall erzeugen Sammellinsen reelle, in welchem virtuelle Bilder?

214. Wie verlaufen die auf eine Zerstreuungslinse treffenden achsenparallelen Strahlen hinter der Linse?

215. Was stellt der schwarze Kasten (black box) in jedem Beispiel dar (Bild 137/3)?

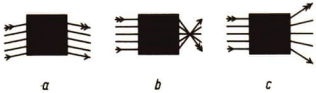


Bild 137/3 zu 215

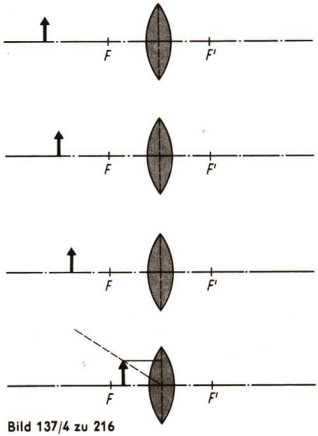


Bild 137/4 zu 216

216. Übertrage die Skizzen (Bild 137/4) in dein Heft und vervollständige sie!

217. Lege auf den Boden einer mit Wasser gefüllten Waschschüssel eine Schraubenmutter und versuche, diese mit einer Stricknadel zu treffen, indem du die Nadel möglichst schräg direkt in die Richtung auf die Mutter zuführst! Warum gelingt das nicht gleich?

218. Lege ein Geldstück so in eine flache Schüssel, daß es gerade hinter dem Rand verschwindet, und fülle die Schüssel vorsichtig mit Wasser, ohne den Kopf zu bewegen! Beobachte sorgfältig und begründe deine Beobachtung!

219. Lege eine dicke Glasplatte oder 6 bis 8 Diascheiben auf den Schriftsatz des Lehrbuches! Blicke schräg auf das Glas und beachte die Verschiebung der Zeilen bei verschiedenen Blickwinkeln!

220. Stelle eine Kerze außerhalb der doppelten Brennweite einer Sammellinse auf und bilde sie auf einem Papierschirm scharf ab! Wo befindet sich der Schirm? Welche Eigenschaften hat das Bild?

221. Rücke die Kerze aus Versuch 220 so weit an die Linse heran, daß ein gleich großes Bild auf der anderen Seite der Linse entsteht! In welcher Entfernung befinden sich Gegenstand und Bild von der Linse?

222. Rücke die Kerze aus Versuch 220 so weit an die Linse heran, daß sie sich zwischen der einfachen und der doppelten Brennweite befindet! Wo muß der Schirm stehen, damit du ein scharfes Bild der Kerze erhältst? Welche Eigenschaften hat das Bild?

223. Bilde mit Hilfe einer Sammellinse ein durch das Fenster sichtbares Haus auf einem weißen Bogen ab! Wie mußt du die Linse verschieben, damit du den näher gelegenen Fensterrahmen scharf abbilden kannst?

224. Zeichne von einem Punkt G, der sich in der Nähe der optischen Achse vor einer Zerstreuungslinse befindet, einen Parallelstrahl und einen Mittelpunktstrahl! Finde den zum Gegenstandspunkt G gehörenden Bildpunkt B!

225. Wie kann man feststellen – ohne die Linsenoberfläche zu berühren – ob man eine Sammel- oder eine Zerstreuungslinse in der Hand hält? Benutze dazu eine Sammel- und eine Zerstreuungslinse! (Denke an das virtuelle Bild, das beide Linsen erzeugen!)

Optische Geräte (Seite 111 bis 116)

226. Mit Lupen und Hohlspiegeln kann man von Gegenständen virtuelle Bilder erzeugen. Vergleiche die Bilder! Welche Gemeinsamkeiten sind festzustellen? Wo befindet sich jeweils der abzubildende Gegenstand?

227. Nenne die wichtigsten Teile des Bildwerfers! Welche Aufgaben haben sie im einzelnen zu erfüllen?

228. Erläutere die Wirkungsweise einer fotografischen Kamera!

229. Welcher der in den Bildern 110/2 bis 110/5 zusammengestellten Fälle ist bei der fotografischen Kamera und beim Auge vorhanden?

230. Wodurch wird beim Fotoapparat die Scharfeinstellung vorgenommen? Wie wird dies beim Auge erreicht?

231. Vergleiche den Fotoapparat mit dem Auge! Fülle die Tabelle aus!

	Fotoapparat	Auge
Art der Linse		
Scharfeinstellung des Bildes		
lichtempfindlicher Teil		

232. Wie weit entfernt vom Objektiv eines Fotoapparates muß man einen Gegenstand aufstellen, damit man ein gleich großes Bild erhält? Welchen Abstand hat das Objektiv vom Film? Ist das bei jeder Kamera möglich? Wie behilft man sich?

233. Welche Nachteile hat ein Keplersches Fernrohr für den Benutzer, der dadurch z. B. ein Pferderennen verfolgen will? Warum entfällt dieser Nachteil bei der Betrachtung des Mondes?

*234. Mit einem Keplerschen Fernrohr erzeugt man ein umgekehrtes Bild eines Gegenstandes. Wie kann man erreichen, daß ein aufrechtes Bild entsteht?

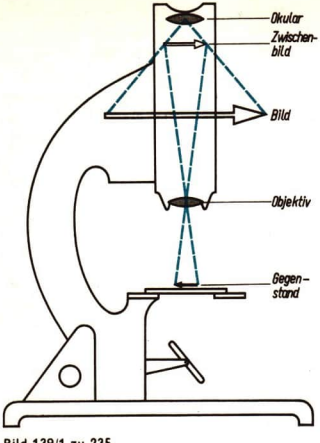


Bild 139/1 zu 235

235. Das Bild 139/1 zeigt den schematischen Aufbau eines Mikroskops. Welche Aufgabe hat die untere Linse (Objektiv)? Welche Aufgabe hat die obere Linse (Okular)?
Beachte: Das reelle Zwischenbild wird – ähnlich wie beim Keplerschen Fernrohr – durch das Okular vergrößert (Lupenwirkung)!

236. Halte eine Lupe und ein Stück weißen Kartons so vor ein Fenster, wie es das Bild 139/2 zeigt! Bewege die Lupe in Richtung Fenster oder Karton, bis ein Bild auf dem Karton entsteht! Vergleiche dein Versuchsergebnis mit Bild 110/2!

237. Beleuchte ein Diapositiv von hinten mit der Lichtquelle (mit Kondensor) einer optischen Bank! Bilde das Diapositiv mit Hilfe einer Sammellinse vergrößert ab! Verschiebe die Lichtquelle so lange, bis ein scharfes Bild entsteht!

238. Bilde eine Kerzenflamme ab
a) mit Hilfe einer Lochkamera,
b) mit Hilfe einer Kamera mit Sammellinse!
Vergleiche Bildschärfe und Bildhelligkeit!

239. Betrachte eines deiner Augen im Taschenspiegel so, daß möglichst wenig Licht ins Auge fällt (mit der Hand abdecken)! Ziehe die Hand weg und beobachte das Verkleinern der Pupille, wenn das helle Licht ins Auge fällt!

240. Halte zwei Sammellinsen 1 und 2 hintereinander! (Ihr Abstand soll gleich der Summe ihrer Brennweiten sein.) Betrachte damit beliebige, weit entfernte Gegenstände! Was kannst du über die entstandenen Bilder aussagen?

241. Erzeuge mit einer Sammellinse (kleine Brennweite) auf einem Schirm aus transparentem Material von einer Kerze ein vergrößertes Bild! Betrachte das Bild mit einer Lupe und entferne dabei den Schirm! Was stellst du fest? Welches optische Gerät arbeitet nach diesem Prinzip?

242. Bilde aus einem Kupferdraht eine Öse, indem du den Draht einmal um einen Nagel schlingst! Tauche die Öse in Wasser und schaue anschließend hindurch (Bild 139/3)!

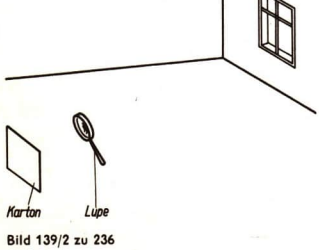


Bild 139/2 zu 236

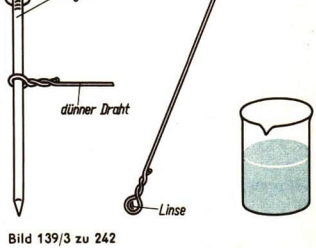


Bild 139/3 zu 242

Volumenbestimmung regelmäßiger fester Körper durch Messen und Rechnen — M 1

Aufgabe

Bestimme das Volumen eines Quaders!

Vorbetrachtungen

1. Welche Gleichung wird zur Lösung dieser Aufgabe benötigt?
2. Welche Einheit erhält das Ergebnis, wenn die Länge der Kanten des Quaders in Millimetern gemessen wird?

Geräte und Hilfsmittel

1. Stahlmaß
2. Quader

Arbeitsanweisung

1. Schätze die Länge der Kanten des Quaders und überschlage das Volumen im Kopf!
2. Miß die Länge der Kanten in Millimetern und berechne das Volumen!
3. Wandle das Ergebnis in Kubikzentimeter um und runde es auf volle Einer!
4. Formuliere das Ergebnis zu einem Antwortsatz!
5. Vergleiche das Ergebnis mit der Schätzung!

Versuchsprotokoll M 1

Volumenbestimmung regelmäßiger fester Körper

Name: Klasse:

Aufgabe

Antworten zu den Vorbetrachtungen

1. Gleichung: 2. Einheit:

Geräte und Hilfsmittel

Auswertung

		Schätzung u. Überschlag	Messung u. Berechnung
Länge *l* in mm			
Breite *b* in mm			
Höhe *h* in mm			
Volumen *V*	in mm^3		
	in cm^3		

Volumenbestimmung unregelmäßiger fester Körper — M 2

Aufgabe

Ermittle das Volumen unregelmäßiger fester Körper!

Vorbetrachtungen

1. Es ist bekannt, daß feste Körper Flüssigkeiten verdrängen können. Beschreibe und erkläre,

was geschieht, wenn die Hände beim Waschen in eine Schüssel mit Wasser getaucht werden!
2. Wozu könnte diese Erscheinung benutzt werden?

Geräte und Hilfsmittel

1. Meßzylinder (Mensur)
2. Becherglas
3. unregelmäßige Körper
4. Faden oder Draht

Arbeitsanweisung

1. Schätze das Volumen des Körpers!
2. Fülle Wasser aus dem Becherglas in den Meßzylinder und lies an der Skale das Volumen ab!
3. Tauche den Körper an einem Faden oder Draht langsam in das Wasser und lies erneut an der Skale ab!
4. Bilde die Differenz der beiden gemessenen Volumina und gib das Volumen des Körpers an! (Beachte den Wechsel der Einheiten!)

Zusätzliche Aufgabe

Bestimme das Volumen einer Luftgewehrkugel! Da die Wasserverdrängung sehr gering ist, muß mit einer kleinen Mensur und einer genügend großen Anzahl von Kugeln gearbeitet werden! Denke selbst ein Verfahren aus und fertige ein Meßprotokoll an!

Versuchsprotokoll M 2

Volumenbestimmung unregelmäßiger fester Körper

Name: Klasse:

Aufgabe

Antworten zu den Vorbetrachtungen

1.
2.

Geräte und Hilfsmittel

Auswertung

Tabelle

	Körper		
	1	2	3
Schätzung			
1. Messung: V_1 in ml			
2. Messung: V_2 in ml			
Differenz: $V_2 - V_1 = V$ in ml			
Volumen des Körpers: V in cm^3			

Die Geschwindigkeit — M 3

Aufgabe

Ermittle die Geschwindigkeit eines Körpers, den der Lehrer in gleichförmige Bewegung versetzt!

Vorbetrachtungen

1. Welche physikalischen Größen müssen bestimmt werden, um die Geschwindigkeit eines Körpers ermitteln zu können?
2. Welche Gleichung wird zum Berechnen der Geschwindigkeit benötigt?
3. Welche Einheit erhält das Ergebnis?

Geräte und Hilfsmittel

1. Stativmaterial
2. Experimentiermotor
3. Stoffband
4. Meßband
5. Gerät zur Zeitmessung: Stoppuhr, Armbanduhr mit Sekundenzeiger, Metronom oder Sekundenpendel
6. Körper, die auf dem Stoffband befestigt werden
7. selbstgebasteltes „Fahrzeug" (↗ S. 122) oder ein mechanisches Spielzeug

Arbeitsanweisung

1. Notiere die Länge der Versuchsstrecke! Betrachte Anfang und Ende aller vollen Meter und präge dir die Lage dieser Punkte gut ein!
2. Miß jedesmal die Zeit, die der Körper benötigt, wenn er sich 1 m, 2 m und 3 m auf der Versuchsstrecke bewegt! Runde die Zeit stets auf volle Sekunden und trage sie in das Meßprotokoll ein!
3. Berechne aus den jeweils zusammengehörigen Werten die Geschwindigkeit! Ein bei der Division eventuell entstehender Rest muß zunächst noch vernachlässigt werden. Da sich der Körper gleichförmig bewegt, müßten die 3 Quotienten gleich sein. Geringe Abweichungen beruhen auf Ungenauigkeiten beim Messen und Runden.
4. Wandle die ermittelte Geschwindigkeit in $\frac{km}{h}$ um und formuliere damit den Antwortsatz!
5. Fertige auf Millimeterpapier ein Diagramm nach Bild 142/1 an! Trage die Wege und Zeiten aus dem Meßprotokoll in ein Koordinatensystem ein! Verbinde die Schnittpunkte miteinander! (Sie müssen annähernd auf einer Geraden liegen.)

Zusätzliche Aufgaben

1. Baue das im Lehrbuch S. 122 beschriebene „Fahrzeug" und ermittle seine Geschwindigkeit! Miß mit dem Lineal auf dem Tisch eine Strecke ab! Führe ein Meßprotokoll und fertige ein Diagramm an!
2. Miß eine Strecke von 100 m ab und ermittle die Geschwindigkeit eines Fußgängers, eines Läufers und eines Radfahrers! Führe auch dazu ein Protokoll nach dem untenstehenden Muster!

Versuchsprotokoll M 3

Die Geschwindigkeit

Name: Klasse:

Aufgabe

Antworten zu den Vorbetrachtungen

1. Physikalische Größen:
2. Gleichung:
3. Einheit:

Geräte und Hilfsmittel

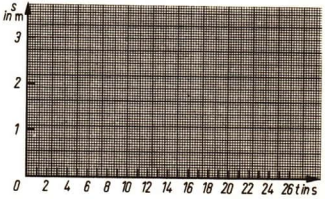
Auswertung

1. Tabelle

Nr. der Messung	Weg s in m	Zeit t in s	Geschwindigkeit v in $\frac{m}{s}$
1			
2			
3			
Antwort:			

2. Weg-Zeit-Diagramm

Bild 142/1



Bau eines Federkraftmessers

M 4

Aufgabe

Untersuche, welchen Einfluß eine gleichmäßig zunehmende Kraft auf die Längenänderung einer Schraubenfeder hat!

Vorbetrachtungen

1. Überprüfe mit einem Lineal, ob die Schraubenfeder nach einer elastischen Verformung wieder ihre alte Länge hat!
2. Macht es sich bemerkbar, daß die zur Verformung benötigte Kraft zunimmt?

Geräte und Hilfsmittel

1. V-Fuß
2. Stativstab 50 cm
3. Stativstab 25 cm
4. Kreuzmuffe
5. Ring mit Haken
6. Zugschraubenfeder
7. Satz Hakenkörper
8. Lineal
9. Linealhalter
10. Stopfnadel
11. Millimeterpapier
12. Körper ($F = 50$ p)

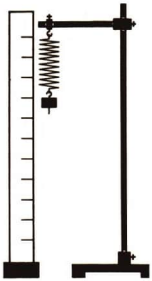


Bild 143/1

Versuchsaufbau

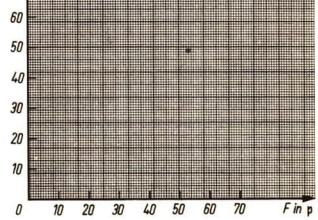
Arbeitsanweisung

1. Baue aus dem Stativmaterial nach Bild 143/1 einen Galgen und hänge an den Haken des Ringes die Zugschraubenfeder auf!
2. Stelle das Lineal mit Hilfe des Halters neben die hängende Feder, die dann mit einem 5-p-Hakenkörper vorbelastet wird!
3. Reguliere durch die Kreuzmuffe die Stellung des kurzen Stativstabes so, daß der Haken der Feder in Höhe des Nullstriches des Lineals hängt!
4. Hänge einen 10-p-Hakenkörper an den bereits an der Schraubenfeder hängenden!
5. Wenn die Feder zur Ruhe gekommen ist, wird durch Anhalten der Stopfnadel am Lineal abgelesen, um wieviel Millimeter die Länge der Feder zugenommen hat. Dieser Wert wird in die Spalte 3 des Meßprotokolls eingetragen.
6. Hänge nun viermal nacheinander Hakenkörper zu 10 p an die Feder, lies jedesmal die gesamte Längenzunahme ab und trage die Werte ebenfalls in die Spalte 3 ein!
7. Ermittle aus diesen Werten, um wieviel Millimeter die Feder von einer Messung zur nächsten länger geworden ist! (Die Kraft nahm jedesmal um 10 p zu!) Trage die Werte in die Spalte 5 ein!
8. Welche Schlußfolgerung läßt dieses Versuchsergebnis zu? Formuliere die Erkenntnis in einem Satz!

Zusätzliche Aufgaben

1. Stelle das Ergebnis grafisch dar! Fertige dazu auf Millimeterpapier ein Koordinatensystem an und trage die Werte aus dem Meßprotokoll ein!

Bild 143/2



2. Bestimme das Gewicht eines Körpers!
   Befestige dazu an dem Haken der Schraubenfeder eine Waagschale und reguliere die Höhe wieder so, daß der Haken der Feder mit dem Nullstrich des aufgestellten Lineals abschneidet!
   Lies nach dem Auflegen des Körpers die Längenänderung der Feder am Lineal ab! Ermittle aus der grafischen Darstellung der Meßwerte das Gewicht des Körpers!
3. Fertige eine Skale für den Federkraftmesser an!

Versuchsprotokoll M 4

Bau eines Federkraftmessers

Name: Klasse:

Aufgabe

Antworten zu den Vorbetrachtungen

Schreibe das Zutreffende auf!

1. Die Schraubenfeder nimmt nach der elastischen Verformung ihre alte Länge wieder/nicht wieder ein.
2. Zunehmende Längenänderung der Feder erfordert kleinere/gleiche/zunehmende Kraft.

Geräte und Hilfsmittel

Versuchsaufbau

Auswertung

1. Tabelle

Nummer der Messung	Gesamte Kraft F_1 in p	Gesamte Längenzunahme l_1 in mm	Kraftzunahme F_2 in p	Längenzunahme l_2 in mm
1	10		10	
2	20		10	
3	30		10	
4	40		10	
5	50		10	

2. Die Längenänderung einer Schraubenfeder nimmt ...

Bestimmen der Masse eines Körpers durch Wägen — M 5

Aufgabe

Bestimme die Masse eines Körpers!

Vorbetrachtungen

Zum sicheren und geschickten Umgang mit Waagen gehört auch die Benutzung des Wägesatzes.

1. Wie groß ist der Meßbereich des Wägesatzes?
2. Aus welchen Wägestücken ist der Wägesatz zusammengesetzt?

Geräte und Hilfsmittel

1. Waage
2. Wägesatz
3. Meßkörper

Arbeitsanweisung

1. Kontrolliere den Wägesatz auf Vollständigkeit!
2. Überprüfe, ob die Waage tariert ist!
3. Schätze die Masse des Meßkörpers durch Anheben!

4. Schätze die Masse noch einmal, nimm aber zum Vergleich ein dem geschätzten Wert entsprechendes Wägestück in die andere Hand! Korrigiere gegebenenfalls deinen geschätzten Wert!
5. Lege den Meßkörper auf eine der Waagschalen, die mit der Hand leicht festgehalten wird, um ein Durchschlagen zu verhindern, wenn auf der anderen Seite das der Schätzung entsprechende Wägestück aufgelegt wird!
6. Laß die Waagschale langsam los und stelle fest, ob Gleichgewicht vorhanden ist! (Wenn nicht, muß durch Auswechseln von Wägestücken das Gleichgewicht herbeigeführt werden! Führe dazu ein Meßprotokoll!)

Zusätzliche Aufgaben

1. Bestimme die Masse einer Luftgewehrkugel! Da die Masse einer Kugel sehr klein ist, muß ihr Mittelwert aus der Masse einer größeren Anzahl von Kugeln bestimmt werden.
2. Bestimme die Masse von 100 ml, 150 ml und 200 ml Wasser! Berücksichtige die Masse des Gefäßes! Vergleiche nach dem Experiment jeweils Volumen und Masse! Welche Masse wird vermutlich 1 ml Wasser haben? Schreibe das auch für 500 ml und 1000 ml Wasser auf!

Versuchsprotokoll M 5

Bestimmen der Masse eines Körpers durch Wägen

Name: Klasse:

Aufgabe

Antworten zu den Vorbetrachtungen

1. Meßbereich des Wägesatzes:
2. Zusammensetzung des Wägesatzes:

Geräte und Hilfsmittel

Auswertung

Tabelle

Lfd. Nr. der Wägung	Änderungen (+ oder —)	Masse *m* in g
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

Antwort:

Lösung der zusätzlichen Aufgaben

Wägung	Masse *m* in g
100 ml Wasser	
150 ml Wasser	
200 ml Wasser	

Vermutung	Masse *m* in g
1 ml Wasser	
500 ml Wasser	
1000 ml Wasser	

Bestimmen der Dichte — M 6

Aufgabe

Bestimme die Dichte einiger fester und flüssiger Körper!

Vorbetrachtungen

1. Welche physikalischen Größen müssen bestimmt werden, um die Dichte eines Körpers ermitteln zu können?
2. Welche Gleichung wird zum Berechnen der Dichte benötigt?
3. Welche Einheit erhält das Ergebnis?

Geräte und Hilfsmittel

1. Schalenwaage
2. Wägesatz
3. Becherglas 100 ml
4. Meßzylinder
5. V-Fuß
6. Stativstab 50 cm
7. Stativstab 25 cm
8. Kreuzmuffe
9. Ring mit Haken
10. 3 Körper aus verschiedenen Stoffen
11. Kochsalz
12. Spiritus

Arbeitsanweisung

1. Befestige die Schalenwaage an dem Stativmaterial und bestimme zunächst die Massen der 3 festen Körper! Trage diese und auch die folgenden Ergebnisse in das Protokoll ein!
2. Bestimme durch Wasserverdrängung oder durch Messung das Volumen der drei Körper!
3. Miß mit dem Meßzylinder 30 ml Wasser ab, fülle es in ein Becherglas und bestimme seine Masse! Vergiß nicht, die Masse des Bechergla ses zu berücksichtigen!
4. Wäge 7 g Salz ab und löse es in 30 ml Wasser auf! Bestimme Masse und Volumen dieses Salzwassers!
5. Führe die Messungen zur Bestimmung der Dichte von Spiritus aus!
6. Berechne aus den Ergebnissen die Dichte der Stoffe!

Zusätzliche Aufgaben

1. Bestimme die Dichte von Kork! Bedenke bei der Volumenbestimmung, daß ein Körper aus diesem Stoff schwimmt!
2. Stelle fest, aus welchem Stoff der Körper besteht, den der Lehrer aushändigt! Es ist zunächst die Dichte des Körpers zu ermitteln und dann an Hand einer Tabelle ein entsprechender Stoff!

Versuchsprotokoll M 6

Bestimmen der Dichte

Name: Klasse:

Aufgabe

Geräte und Hilfsmittel

Antworten zu den Vorbetrachtungen

1. Physikalische Größen:
2. Gleichung:
3. Einheit:

Auswertung

Nr.	Körper/Stoff	Masse m in g	Volumen V in cm^3	Dichte ϱ in $\frac{g}{cm^3}$
1				
2				
3				
4				
5				

Lösung der zusätzlichen Aufgaben

1. Tabelle
2. Der Kork hat eine Dichte von ...
3. Der mir übergebene Körper hat eine Dichte von ... Dieser Körper kann aus dem Stoff ... bestehen.

Nr.	Körper/Stoff	Masse m in g	Volumen V in cm^3	Dichte ϱ in $\frac{g}{cm^3}$
1				
2				

Das Verhalten flüssiger Körper beim Erwärmen — W 1

Aufgabe

Untersuche das Verhalten von Spiritus und Wasser beim Erwärmen und beim Abkühlen und erkläre die beobachteten Erscheinungen mit Hilfe der Teilchenbewegung!

Vorbetrachtungen

1. Wie wird sich die Geschwindigkeit der Teilchen ändern, wenn der Körper erwärmt wird?
2. Wie ändert sich der Abstand zwischen den Teilchen, wenn ihre Geschwindigkeit größer wird?
3. Wie wird sich die größere Geschwindigkeit der Teilchen sichtbar äußern?

Geräte und Hilfsmittel

1. V-Fuß
2. Stativstab 50 cm
3. Vertikalzeiger
4. Campingwäscheklammer
5. Erlenmeyerkolben 100 ml
6. Heizplatte
7. Aluminiumtopf
8. Becherglas 250 ml
9. Stopfen mit Glasrohr
10. Thermometer
11. Spiritus
12. Tondreieck

Versuchsaufbau

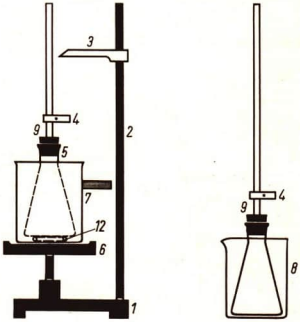


Bild 147/1

Arbeitsanweisung

1. Stelle den bis zur Hälfte mit Wasser gefüllten Topf auf die Heizplatte! Erwärme das Wasser auf 40 °C!
2. Verschließe den randvoll mit Wasser gefüllten Erlenmeyerkolben mit dem Stopfen! Achte darauf, daß keine Luftblasen im Glaskolben verbleiben! Markiere den Wasserstand im Glasrohr mit der Campingwäscheklammer!
3. Stelle den Kolben in das Wasserbad! Markiere mit dem Vertikalzeiger den Flüssigkeitsstand im Glasrohr, wenn er sich nicht mehr verändert!

4. Stelle den Kolben in das Becherglas! Fülle kaltes Wasser in das Becherglas! (Der Kolben muß vom Wasser umgeben sein.) Beobachte das Wasser im Glasrohr! Notiere!
5. Erwärme das Wasser im Topf wieder auf 40 °C! Gieße das Wasser aus dem Erlenmeyerkolben und fülle ihn randvoll mit Spiritus! Verfahre sinngemäß weiter wie unter 2. bis 4.!
6. Vergleiche das Verhalten beider Flüssigkeiten beim Erwärmen und beim Abkühlen! Notiere!

Zusätzliche Aufgabe

1. Das Diagramm zeigt die Volumenveränderung von gleichen Massen Wasser und Spiritus beim Erwärmen. Ordne den beiden Geraden jeweils einen Stoff zu!

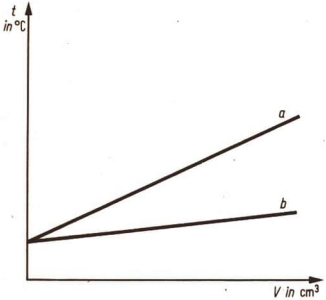


Bild 148/1

Versuchsprotokoll W 1

Das Verhalten flüssiger Körper beim Erwärmen

Name: Klasse:

Aufgabe

Antworten zu den Vorbetrachtungen

1. Wenn ein Körper erwärmt wird, wird die Geschwindigkeit der Teilchen ...
2. Wenn die Geschwindigkeit der Teilchen größer wird, wird der Abstand zwischen den Teilchen ...
3. Eine größere Geschwindigkeit der Teilchen ist äußerlich daran zu erkennen, daß ...

Geräte und Hilfsmittel

Versuchsaufbau

Auswertung

1. Verhalten von Wasser beim Erwärmen und Abkühlen:
2. Verhalten von Spiritus beim Erwärmen und Abkühlen:
3. Verhalten beider Flüssigkeiten beim Erwärmen und Abkühlen:
4. Stimmt deine Vermutung mit dem Versuchsergebnis überein?

Temperaturverlauf beim Erwärmen verschiedener Wassermassen — W2

Aufgabe

Erwärme verschiedene Wassermassen, miß die Temperaturen und vergleiche die Temperaturänderungen!

Vorbetrachtungen

1. Auf welcher physikalischen Erscheinung beruht die Wirkungsweise eines Flüssigkeitsthermometers?

2. Warum verwendet man kein Wasser als Thermometerflüssigkeit?
3. Welche Wassermasse wird vermutlich zuerst eine Temperatur von 50 °C erreicht haben?
   a) 1000 g Wasser mit einem Tauchsieder erwärmt,
   b) 1000 g Wasser mit zwei Tauchsiedern erwärmt,
   c) 2000 g Wasser mit zwei Tauchsiedern erwärmt?

   (Voraussetzung: Alle Tauchsieder geben in gleichen Zeiten die gleiche Wärme ab.)

Geräte und Hilfsmittel

1. V-Fuß
2. Thermometer
3. Meßzylinder 250 ml
4. Glasstab (Rührer)
5. Uhr

Für Gruppe A zusätzlich

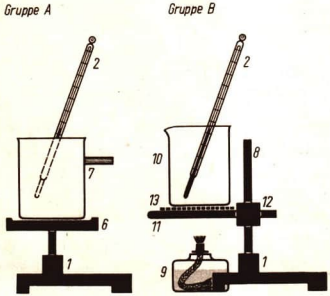
6. Heizplatte
7. Aluminiumtopf

Für Gruppe B zusätzlich

8. Stativstab 25 cm
9. Brenner
10. Becherglas
11. Kochring mit Stiel
12. Kreuzmuffe
13. Drahtnetz

Versuchsaufbau

Bild 149/1



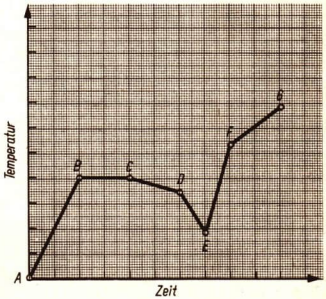
Arbeitsanweisung

1. Baue eine Versuchsanordnung nach dem Bild 149/1 zusammen!
2. Fülle in das Gefäß 100 g Wasser (1 g Wasser ≙ 1 ml Wasser)!
3. Schalte die Heizplatte ein bzw. entzünde den Brenner! Beginne mit der Temperaturmessung bei 25 °C! (Das ist die Anfangstemperatur.)
4. Lies jetzt alle 30 Sekunden die Temperatur ab! Rühre ständig mit dem Glasstab! Führe 8 Messungen durch! Halte das Thermometer mit der Hand! Achte darauf, daß es nicht den Gefäßboden berührt! Notiere!
5. Führe die Schritte 2. bis 4. noch einmal mit 200 g Wasser durch! Notiere!

Zusätzliche Aufgaben

1. Warum weichen die Endtemperaturen bei der Erwärmung von 100 g Wasser bei den Experimentiergruppen voneinander ab?
2. Stelle fest, zwischen welchen Punkten des abgebildeten Diagramms die Temperatur
   a) langsam ansteigt,
   b) schnell ansteigt,
   c) gleich bleibt,
   d) langsam sinkt,
   e) schnell sinkt!

Bild 149/2



Versuchsprotokoll W 2

Temperaturverlauf beim Erwärmen verschiedener Wassermassen

Name: Klasse:

Aufgabe

Antworten zu den Vorbetrachtungen

1. Die Wirkungsweise des Flüssigkeitsthermometers beruht auf ...
2. Wasser ist als Thermometerflüssigkeit nicht geeignet, weil ...
3. Die Wassermasse von ... g hat durch Erwärmung mit ... Tauchsieder(n) zuerst die Temperatur von 50 °C erreicht.

Geräte und Hilfsmittel

Versuchsaufbau

Auswertung

1. Tabelle (erweitern bis 240 s)

	100 g Wasser		200 g Wasser	
Zeit in s	Temp. in °C	Δt in grd	Temp. in °C	Δt in grd
0	25	—	25	—
30				

2. Berechne die Temperaturänderung Δt zwischen den Messungen!
3. Stelle den Temperaturverlauf in einem Diagramm grafisch dar!
   Waagerechte Achse: Zeit in s;
   Maßstab: 30 s ≙ 1 cm
   Senkrechte Achse: Temperatur in °C;
   Maßstab: 1 grd ≙ 1 mm
4. Betrachte die Temperaturänderung Δt! Die Temperaturänderung ist ...
5. Vergleiche den Temperaturanstieg! Die Temperatur steigt bei 100 g Wasser ... als bei 200 g Wasser.

Temperaturverlauf beim Schmelzen von Eis — W 3

Aufgabe

Untersuche den Temperaturverlauf beim Schmelzen von Eis!

Vorbetrachtungen

1. Welche Kräfte wirken zwischen den Teilchen?
2. Wodurch können diese Kräfte überwunden werden?

Geräte und Hilfsmittel

1. Becherglas 250 ml
2. Heizwendel (Tauchsieder)
3. Deckel und Einsatz für Kalorimeter
4. Thermometer
5. Rührer
6. zwei Verbindungsleiter
7. Meßzylinder
8. acht Eiswürfel
9. Uhr
10. Campingwäscheklammer
11. Spannungsquelle

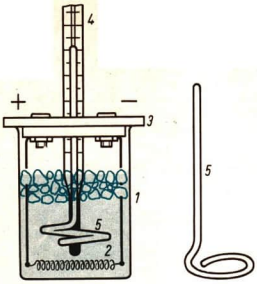


Bild 151/1

Versuchsaufbau

Arbeitsanweisung

1. Fülle in das Becherglas 100 ml Wasser! Gib 8 Eiswürfel hinein! Lege den Deckel auf das Glas! Stecke den Tauchsieder, den Rührer und das Thermometer durch die dafür vorgesehenen Öffnungen! Klemme das Thermometer mit der Wäscheklammer so fest, daß es bis zur halben Höhe des Wasserstandes eintaucht! Warte, bis das Thermometer 0 °C anzeigt! (Bereite inzwischen Protokoll und Diagramm vor!)
2. Schließe den Tauchsieder an die Spannungsquelle!
3. Miß alle 30 Sekunden die Temperatur! Rühre ständig! Notiere!
4. Führe nach dem Schmelzen des Eises noch weitere 8 bis 10 Messungen durch! Notiere! Kreuze den Zeitpunkt des völligen Schmelzens in der Tabelle an!

Zusätzliche Aufgaben

1. Getränke werden durch Zugabe von Eiswürfeln abgekühlt! Gib den Grund für die Abkühlung an!
2. Im Winter kann man im Keller das Absinken der Temperaturen unter 0 °C durch Aufstellen großer Gefäße mit Wasser verhindern. Begründe!

Versuchsprotokoll W 3

Temperaturverlauf beim Schmelzen von Eis

Name: Klasse:

Aufgabe

Antworten zu den Vorbetrachtungen

1. Zwischen den Teilchen ...
2. Diese Kräfte können durch ...

Geräte und Hilfsmittel

Versuchsaufbau

Auswertung

1. Tabelle

Zeit in min	Temperatur in °C
0	
0,5	
1,0	
1,5	
usw. bis 10,0	

2. Stelle den Temperaturverlauf grafisch dar!
   Waagerechte Achse: Zeit in min;
   Maßstab: 0,5 min ≙ 5 mm
   Senkrechte Achse: Temperatur in °C;
   Maßstab: 1 grd ≙ 2 mm
   Bezeichne den Anfangspunkt der Kurve mit A, den Punkt, wo das Eis geschmolzen ist, mit B, den höchsten Punkt der Kurve mit C!
3. Der Tauchsieder gab innerhalb jeder Minute die gleiche Wärme ab.
   Erkläre den Temperaturverlauf zwischen A und B, zwischen B und C!

Ausbreitung der Wärme in festen Körpern

W 4

Aufgabe

Untersuche die Wärmeleitfähigkeit einiger fester Körper!

Vorbetrachtungen

Ein Metallstab wird an einem Ende erwärmt.

1. Wie ändert sich die Geschwindigkeit der Teilchen an der Stelle der Erwärmung?
2. Wie wirkt sich diese Änderung der Geschwindigkeit auf benachbarte Teilchen aus?
3. Wie äußert sich diese Wirkung?

Geräte und Hilfsmittel

1. Stahlstab 20 cm (Speiche)
2. je ein Stab aus Kupfer, Eisen, Aluminium und Glas, 10 cm lang, gleiche Durchmesser
3. Brenner
4. Becherglas 250 ml
5. 12 Eiswürfel
6. 100 g Kochsalz
7. Asbesteinsatz
8. Uhr

Versuchsaufbau

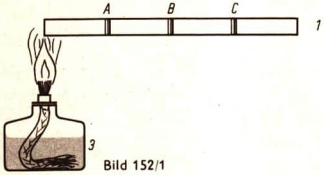


Bild 152/1

Arbeitsanweisung

1. Fasse den langen Stab an der ersten Markierung (A) mit Daumen und Zeigefinger an und halte ihn in die Flamme! Wenn du ihn wegen zu starker Erwärmung nicht mehr halten kannst, fasse ihn an der zweiten Markierung (B) und schließlich an der dritten Markierung (C)! Lege ihn anschließend auf den Asbesteinsatz! In welcher Richtung breitet sich die Wärme aus?
2. Fasse den Kupferstab am Ende an und halte ihn in die Flamme! Zähle die Sekunden bis zu dem Zeitpunkt, wo du den Stab nicht mehr halten kannst! Lege ihn anschließend auf den Asbesteinsatz! Verfahre genauso mit dem Eisenstab, dem Aluminiumstab und dem Glasstab! Wenn du den Glasstab länger als 90 s halten kannst, brich den Versuch ab! Notiere! Achtung! Falscher Ehrgeiz kann zu Verbrennungen führen!
3. Ordne die Stoffe nach der Wärmeleitfähigkeit! Notiere!
4. Stelle eine Kältemischung her! Lege dazu die Eiswürfel in das Becherglas! Schütte das Salz darüber! Gieße etwas Wasser hinein! Rühre gut um!
5. Fasse den Kupferstab und den Glasstab wie vorher an! Halte die Stäbe etwa 2 min in die Kältemischung!
6. Erkläre die Beobachtung mit Hilfe der Wärmeleitung! Notiere! (In der Physik gebraucht man den Begriff „Kälte" nicht!)

Versuchsprotokoll W 4

Ausbreitung der Wärme in festen Körpern

Name: Klasse:

Aufgabe

Antworten zu den Vorbetrachtungen

1. Die Geschwindigkeit der Teilchen wird an der Stelle der Erwärmung ...
2. Die benachbarten Teilchen werden ...
3. Diese Wirkung ist äußerlich daran zu erkennen, daß ...

Geräte und Hilfsmittel

Versuchsaufbau

Auswertung

1. Die Wärme pflanzt sich immer von der ... Stelle zur ... Stelle fort.
2. Zeit bis zum Loslassen des
   Kupferstabes: ... s Aluminiumstabes: ... s
   Eisenstabes: ... s Glasstabes: ... s
3. Die beste Wärmeleitfähigkeit hat ..., dann folgen ...
4. Wird der Kupferstab in die Kältemischung gehalten, so ..., weil ...
   Wird der Glasstab in die Kältemischung gehalten, so ..., weil ...

Lichtdurchlässigkeit einiger Körper — O1

Aufgabe

Ermittle experimentell die Art der Lichtdurchlässigkeit einiger Körper!

Vorbetrachtungen

Kann man von einem Stoff (z. B. Schreibpapier, Holz) angeben, ob er durchsichtig, durchscheinend oder undurchsichtig ist?
Notiere deine Erklärung!

Geräte und Hilfsmittel

1. Experimentierleuchte
2. Stromversorgungsgerät
3. Verbindungsleiter
4. A-Fuß
5. Stativstab 25 cm
6. Kreuzmuffe
7. Blaufilter
8. Zelluloidscheibe
9. Plastscheibe
10. Flachglaskörper (rechteckig)
11. Tischchen mit Stiel
12. Streichholzschachtel (aus Holz)
13. Becherglas 250 ml
14. Becherglas 100 ml
15. Heft

Versuchsaufbau

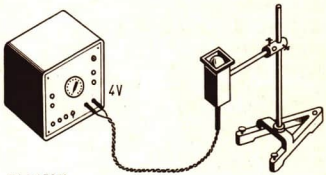


Bild 153/1

Arbeitsanweisung

1. Baue die Experimentierleuchte mit Hilfe des Stativmaterials so auf, daß sie vertikal nach oben leuchten kann (Bild 153/1)! Schiebe die Lampe am Steckerstiel ganz in die Leuchte und melde dich! Der Lehrer schaltet die Leuchte ein!
2. Lege den Kondensor (Glaskörper), den du von der Leuchte vorn abgezogen hast, das Blaufilter, die Zelluloidscheibe, die Plastscheibe, den Flachglaskörper und das Metalltischchen mit dem Stiel nacheinander einzeln auf die Leuchte und ordne sie dabei nach ihrer Lichtdurchlässigkeit in die Tabelle der Auswertung ein!

3. Lege nacheinander einzeln den Schieber und die Hülse der Streichholzschachtel flach auf die Leuchte und beobachte die Lichtdurchlässigkeit! Beobachte die Hülse von oben und von der Seite! Lege sie auch auf die andere größte Fläche und wiederhole die Beobachtungen! Notiere das Ergebnis deiner Untersuchung in die Auswertung!
4. Untersuche die Lichtdurchlässigkeit nacheinander von 1, 2, 3, 4, . . ., 10 Heftblättern! Notiere in das Protokoll!
5. Hole im großen Becherglas gefärbte Flüssigkeit vom Lehrer (nur $\frac{1}{3}$ voll)! Stelle das kleine Becherglas (100 ml) auf die Leuchte und halte es sorgfältig fest! Beobachte die Lichtdurchlässigkeit der gefärbten Flüssigkeit, die ein anderer Schüler in 5 Teilmengen in dein Becherglas gießt! Notiere die beobachteten Lichtdurchlässigkeiten der verschiedenen Flüssigkeitsschichten!

Zusätzliche Aufgaben

1. Notiere Anwendungsbeispiele für Körper, die als Lichtschutz dienen sollen! Erwähne dabei die Bedingungen, unter denen sie als durchsichtige, durchscheinende und undurchsichtige Körper gebraucht werden sollen!
2. Fülle die Tabelle zu 2. mit weiteren Beispielen! (Gib Körper- und Stoffnamen an und kennzeichne die Schichtdicke!)

Beispiel für durchsichtige Körper:
Gläser einer Sonnenbrille (dünnes, glattes, bräunliches Glas).

Versuchsprotokoll O 1

Lichtdurchlässigkeit einiger Körper

Name: Klasse:

Aufgabe

Antworten zu den Vorbetrachtungen

Geräte und Hilfsmittel

Auswertung

1.

lichtdurchlässige Körper		lichtundurchlässige Körper
durchsichtig	durchscheinend	undurchsichtig
.....	.....	.....
.....	.....	.....

2. An der Streichholzschachtel habe ich erkannt:
3. Lichtdurchlässigkeit von weißem Schreibpapier:
4. Dünne Flüssigkeitsschichten:
   Dicke Flüssigkeitsschichten:

Experimente mit der Lochkamera — O 2

Aufgabe

Untersuche Lochkamera-Bilder von hellen Gegenständen!

Vorbetrachtungen

1. Wie breitet sich Licht in der Luft aus?
2. Wie können schmale Lichtbündel geometrisch dargestellt werden?

Geräte und Hilfsmittel

1. Lochkamera
2. zwei Lampen

Arbeitsanweisung

1. Vergleiche den Abstand der Lampen mit dem Abstand der Lampenbilder, die du in der Lochkamera siehst! Notiere in das Protokoll!

2. Vergleiche die Anordnung der Lampen mit der Anordnung der Lampenbilder! Notiere in das Protokoll!
3. Beobachte, wie sich das Bild in der Lochkamera verändert, wenn du durch Zusammenschieben den Abstand des Bildschirmes von dem Kameraloch verkleinerst! Notiere in das Protokoll!
4. Zeichne von jeder Lampe (Bild 155/1) einen Strahl, der durch das Kameraloch auf den Bildschirm fällt!
5. Erkläre dir mit Hilfe der Zeichnung deine Beobachtungen (Punkt 1, 2 und 3)! Notiere deine Erklärung!

Zusätzliche Aufgaben

1. Beobachte, wie sich das Bild in der Lochkamera verändert, wenn du mit der Lochkamera auf halbe Entfernung an die Lampen herangehst!
2. Erkläre die Beobachtung durch eine zweite Zeichnung! (Gleicher Lampenabstand, halbe Entfernung Lampen–Lochkamera wie im Bild 155/1).
3. Beobachte ein Fensterkreuz gegen den Himmel! Verfahre dabei wie in den Arbeitsanweisungen 1., 2., 3.!

Versuchsprotokoll O 2

Experimente mit der Lochkamera

Name: Klasse:

Aufgabe

Geräte und Hilfsmittel

Auswertung

1. Der Abstand der Lampenbilder ist ... als der Abstand der Lampen voneinander.
2. Die hellere Lampe steht ... der dunkleren Lampe. Das Bild der helleren Lampe sieht man ... dem Bild der dunkleren Lampe.
3. Näher am Loch ist das Bild ... als in größeren Abständen.

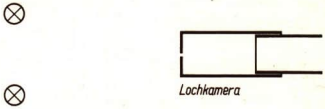


Bild 155/1

4. Erklärung:

Reflexion des Lichtes am ebenen Spiegel (Das Reflexionsgesetz) — O 3

Aufgabe

Vergleiche Einfallswinkel und Reflexionswinkel am ebenen Spiegel!

Vorbetrachtungen

1. Übertrage die Bilder 157/1 und 157/2 in dein Protokoll, zeichne die Einfallslote ein und bezeichne sie mit L!
2. Zeichne die Einfallswinkel in die Bilder 157/1 und 157/2 ein und bezeichne sie mit α!
3. Wie müssen die reflektierten Strahlen vermutlich in den Bildern 157/1 und 157/2 verlaufen? Zeichne den vermuteten Verlauf der reflektierten Strahlen ein! Bezeichne danach die Reflexionswinkel mit α'!
   Wenn du mit dem Zeichnen fertig bist, melde dich!

Geräte und Hilfsmittel

1. Heftleuchte
2. Verbindungsleiter
3. Stromversorgungsgerät (6 V)
4. Plastscheibe mit Achsenkreuz und Winkelteilung
5. Einspaltblende mit einem langen Spalt
6. ebener Spiegel

Arbeitsanweisung

1. Stelle den Spiegel auf einen Strich der Plastscheibe auf der Seite mit den 2 gekreuzten Linien! Stelle die Heftleuchte so auf die Scheibe, daß das Licht senkrecht auf den Spiegel fällt (90° zwischen Lichtbündel und Spiegel)! Für diese Stellung gibt das Licht das Einfallslot an.

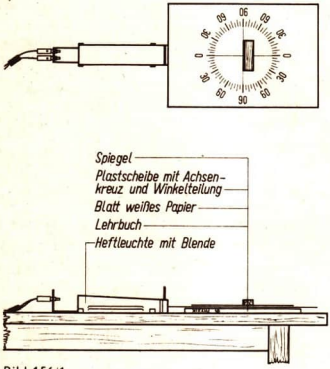


Bild 156/1

2. Jetzt benutze die andere Seite der Plastscheibe mit der Winkelteilung!
   Zeichne das Einfallslot!
   Verschiebe und drehe nun die Leuchte so, daß das Licht nicht mehr senkrecht auf den Spiegel fällt! Wenn du das Lichtbündel auf denselben Punkt des Spiegels richtest (nur dafür ist das Einfallslot im Bild 156/1 eingezeichnet), kannst du die Winkel α und α' ablesen und in die Tabelle des Protokolls eintragen. Miß und protokolliere!
3. Schiebe jetzt die Heftleuchte einmal langsam ohne anzuhalten im Viertelkreis um den Spiegel herum (Einfallswinkel 0° bis 90° und zurück) und beobachte die Veränderung des Reflexionswinkels bei der Veränderung des Einfallswinkels!
4. Notiere deine Erkenntnis aus der Meßwertetabelle zu 2. über die Größe des Reflexionswinkels in das Protokoll!
5. Kontrolliere deine Vermutungen (Bilder 157/1 und 157/2) mit dem Winkelmesser und trage den richtigen Strahlenverlauf und die richtigen Winkel mit Farbstift ein!

Zusätzliche Aufgaben

1. Wenn Licht senkrecht auf einen Spiegel auffällt, betragen Einfallswinkel α und Reflexionswinkel α' 0°. Dann gilt:
   $\alpha_1 = \alpha'_1 = 0°$.
   Nun soll der Spiegel (nicht die Leuchte wie in unserem Versuch) um den Auftreffpunkt des Lichtes um $\gamma = 10°$ gedreht werden. Skizziere den Strahlenverlauf im Heft! (Einfallslot nicht vergessen!) Wie groß sind Einfallswinkel α, Reflexionswinkel α' und der Winkel β zwischen dem einfallenden und dem reflektierten Lichtstrahl?
2. Führe den Punkt 2 der Arbeitsanweisung nicht auf der Winkelskale, sondern auf der nächsten freien Seite deines Heftes durch und zeichne
   a) die Lage des Spiegels und
   b) die Strahlenverläufe beim Versuch nach!
   Benutze verschiedene Farbstifte für verschiedene Winkel!

Versuchsprotokoll O 3

Reflexion des Lichtes am ebenen Spiegel (Das Reflexionsgesetz)

Name: Klasse:

Aufgabe

Antworten zu den Vorbetrachtungen

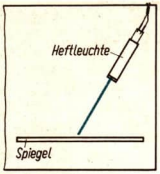


Bild 157/1

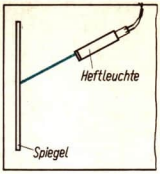


Bild 157/2

Geräte und Hilfsmittel

Versuchsaufbau

Auswertung

1.

Einfallswinkel α	Reflexionswinkel α'
30°	...
60°	...
0°	...
... (Winkel	...
... selbst	...
... wählen!)	...

2. Der Reflexionswinkel ist stets ...
   Es gilt die Gleichung:

Brechung des Lichtes (Das Brechungsgesetz) O 4

Aufgabe

Vergleiche Einfallswinkel und Brechungswinkel beim Übergang des Lichtes von Luft in Glas und beim Übergang von Glas in Luft!

Vorbetrachtungen

1. Unter welchen Bedingungen wird das Licht beim Übergang von einem Stoff in einen anderen gebrochen?
2. Welche Winkel heißen Einfallswinkel?
3. Wovon werden Brechungswinkel eingeschlossen?
4. Wie groß ist der Brechungswinkel, wenn keine Brechung auftritt?

Geräte und Hilfsmittel

1. Heftleuchte
2. Verbindungsleiter
3. Stromversorgungsgerät (6 V)
4. Plastscheibe mit Achsenkreuz und Winkelteilung
5. Einspaltblende
6. Flachglaskörper (halbrund)
7. Heft ohne Linien
8. Zeichenmaterial

Arbeitsanweisung

1. Zeichne eine 10 cm lange Strecke als Einfallslot auf die nächste freie Heftseite! Lege die Heftleuchte so auf das Heft, daß das Lichtbündel die Strecke etwa in der Mitte (ungefähr unter einem Winkel von 45°) schneidet! Zeichne den Lichtstrahl nach!
   Lege den Flachglaskörper mit seiner matten Fläche so auf das Heft, wie es die Skizze im Protokoll Bild 158/4 zeigt! Zeichne seinen Umriß nach!
   Streiche die falschen Formulierungen im Protokoll zu 1.!
   Zeichne den gebrochenen Strahl im Heft nach, bezeichne Einfallswinkel und Brechungswinkel! Übertrage die Skizze in das Protokoll! Ergänze den Satz im Protokoll unter 1.!
2. Untersuche die Brechung des Lichtes bei verschiedenen Einfallswinkeln! Um Einfallswinkel und Brechungswinkel messen zu können, benutze die Winkelskale auf der Plastscheibe

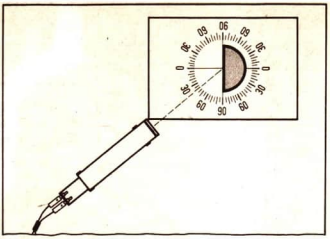


Bild 158/1

(Bild 158/1)! Fülle die Tabelle im Protokoll unter 2. aus! Vervollständige den Text unter der Tabelle zu 2.!

3. Untersuche die Brechung des Lichtes beim Übergang von Glas in Luft (Bild 158/2)! Protokolliere deine Meßergebnisse! Vervollständige den Text unter der Tabelle zu 3.!

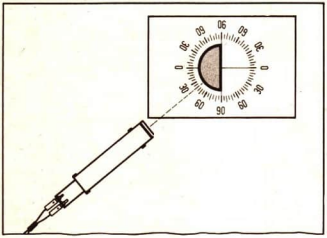


Bild 158/2

Zusätzliche Aufgaben

1. Kannst du beim Betrachten des Bildes 158/3 entscheiden, in welcher Richtung sich das Licht im dargestellten Versuch ausbreiten soll? (Wo die Leuchte stehen muß?) Begründe deine Meinung!

Bild 158/3

2. Was beobachtest du, wenn du den Einfallswinkel beim Übergang des Lichtes von Glas in Luft (z. B. im Versuch nach Arbeitsanweisung 3) über 44° vergrößerst?

Versuchsprotokoll O 4

Brechung des Lichtes (Brechungsgesetz)

Name: Klasse:

Aufgabe

Antworten zu den Vorbetrachtungen

Geräte und Hilfsmittel

Auswertung

1. Welche Zeilen in den Klammern des folgenden Satzes sind falsch?
   Beim Übergang des Lichtes von Luft in Glas (siehe Bild 158/4)

   wird das Licht { zum Einfallslot hin / vom Einfallslot weg / nicht } gebrochen

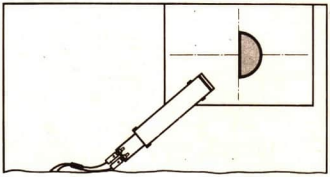


Bild 158/4

Ergänze:

Der Einfallswinkel α ist hierbei ... als der Brechungswinkel β.

α ... β

2.

Übergang des Lichtes von Luft in Glas	
Einfallswinkel α	Brechungswinkel β
30°	
40°	
65°	
0°	
	30°
	40°

Der Einfallswinkel α ist hierbei stets ... als der Brechungswinkel β. Demnach gilt für den Übergang des Lichtes aus Luft in Glas:

$\alpha \ldots \beta$

3.

Übergang des Lichtes von Glas in Luft	
Einfallswinkel α	Brechungswinkel β
0°	
10°	
30°	
40°	
	90°
	...

Der Einfallswinkel α ist hierbei stets ... als der Brechungswinkel β. Hierfür gilt also die Beziehung:

$\alpha \ldots \beta$

Quellenverzeichnis der Abbildungen

APN, Moskau: 31/2. Werner Bunschuh, Berlin: 16/1, 58/1b, c, d, e. Breitenbruch, Berlin: 58/1a. DAMW, Berlin: 34/2. Deutsche Staatsbibliothek, H. Schulze, Berlin: 43/1, 46/1. Kurt Glass, Brocken: 92/1. Peter Kalbe, Berlin: 115/2a, 115/2b. Horst Klein, Berlin: 8/2. Helmut Körner, Dresden: 113/1. Photokino Krütgen, Halle/Saale: 111/2a. VEB Landmaschinenbau, Falkensee: 21/2. Staatliche Museen zu Berlin: 75/1. Neue Deutsche Bauernzeitung, Berlin: 62/1, 67/1. Werner Scholz, Potsdam: 107/1. Heinz Schüßler, Wendisch-Rietz: 62/2. Volk und Wissen, Archiv, Berlin: 7/1, 34/1, 35/1, 35/3, 35/4, 53/1, 55/1, 59/1, 73/1, 73/2, 76/1, 90/1, 92/1, 95/2, 95/3, 102/2, 103/2, 111/2b, 112/2a, 112/2b, 116/1, 116/3. VWV, M. Seifert, Berlin: 30/1, 35/2, 40/1, 44/1, 47/1, 69/1, 73/4, 79/2, 83/1, 95/1, 102/1, 106/A, 106/B, 111/1. Willi Wörstenfeld, Berlin: 10/1, 67/2, 103/1. VEB Zeiss, Jena: 115/1a, 115/1b. Zentralbild, Berlin: 8/1, 8/3, 9/1, 14/1, 19/1, 27/1, 37/1, 54/1, 73/3, 86/1, 86/2, 88/1, 89/1, 111/2c, 114/2, 117/1.

Register

Adhäsion 44
Aggregatzustände 13, 41
Anomalie des Wassers 52
Atom 76
Atomkern 77
Atomphysik 84
Ausdehnung beim Erwärmen 47
Ausbreitung des Lichtes 90
Auge 113

Beobachtung 84
Bewegung 19 ff.
—, geradlinig gleichförmige 21
—, ungleichförmige 25
—, beschleunigte 25
—, verzögerte 25
Bildentstehung 99, 109
Bildpunkt 97, 110
Bildweite 101
Bildwerfer 112
Bimetallstreifen 48, 58
Brechung 103
Brechungswinkel 104
Brennpunkt 99, 108
Brennpunktstrahlen 99, 108
Brennweite 99, 108
Brownsche Bewegung 43

Dampf 63
Diaskop 112
Dichte 38
Dichtetabelle 39
Differenzmessung 17
Diffusion 42
Durchschnittsgeschwindigkeit 26

Eigenbewegung der Teilchen 42
Einfallslot 96, 104
Einfallswinkel 96, 104
elastisches Verhalten 29
Elektron 77
Elektrizitätslehre 84
Elektronenaustausch 79
Elektronenhülle 77
Elektroskop 79
Episkop 112
Erstarren 60
Experiment 87

Federkraftmesser 32
Fernrohr 115
Formänderung von Körpern 29

Galilei 116
gegenseitige Verdrängung von Körpern 11
Gegenstandspunkt 97,110
Gegenstandsweite 101
Geschwindigkeit 22
Geschwindigkeitsänderung 28, 30
Gewicht 30

Halbschatten 94
Hohlspiegel 98

Isolator 81

Kamera 113
Kapillarität 44
Kepler 116
Kernschatten 94
Kilogramm 34
Kilopond 31
Körper 10
Kohäsion 43
Kondensieren 64
Kopernikus 116
Kraft 27

Ladung, elektrische 77
Leiter, elektrischer 81
Lichtausbreitung 92
Lichtbündel 92
Lichtdurchlässigkeit 91
Lichtgeschwindigkeit 93
Lichtquellen 90
Lichtstrahl 92
Linsen 107
Lupe 111

Masse 34
Masse-Volumen-Diagramm 38
Mechanik 83
Meßfehler 15, 18
Mikroskop 116, 139
Mittelpunktstrahl 98, 108
Mittelwert 15
Modelle 45

Optische Achse 98, 108

Parallelstrahl 99, 108
Physikalische Vorgänge 6
plastisches Verhalten 29
Prisma 106

Reelles Bild 101
Reflexion 95
Reflexionsgesetz 96
Reflexionswinkel 96
Richtung von Kräften 33

Sammellinse 107
Schatten 93
Scheitelpunkt 98
Schmelzen 59
Schmelztemperatur 60
Sieden 62
Siedetemperatur 64
Spiegel, ebener 97
Stoff 10

Teilchen 40, 76, 82
Temperatur 54
Temperaturskale 56
Thermometer 55
Thermometerarten 57

Umkehrbarkeit des Lichtweges 96
Ursache 86

Verdunsten 65
virtuelles Bild 101
Volumen 11
Vorsätze für Einheiten 15

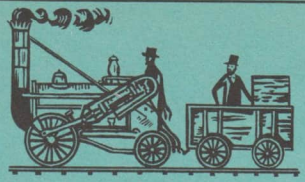
Waagen 35
Wägung 36
Wärmeausbreitung 72
Wärmedämmung 72
Wärmelehre 84
Wärmeleitfähigkeit 68
Wärmeleitung 67
Wärmestrahlung 70
Wärmeströmung 68
Weg-Zeit-Diagramm 24
Wirkung 86

Zerstreuungslinse 107

Schienenfahrzeuge

1829
Lokomotive
„Rocket"

38 $\frac{km}{h}$

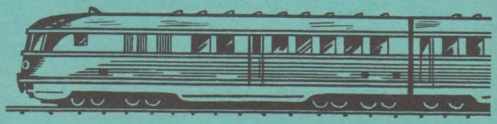


1912
Schnellzug

70 $\frac{km}{h}$

1936
Schnellzug

205 $\frac{km}{h}$



1963
Schnellzug

250 $\frac{km}{h}$

1964
Einschienenbahn

400 $\frac{km}{h}$

Luftfahrzeuge

1905
Motorflugzeug
v. Wright

70 $\frac{km}{h}$

1919
Verkehrsflugzeug
F 13

160 $\frac{km}{h}$

1950
Verkehrsflugzeug
Il 14

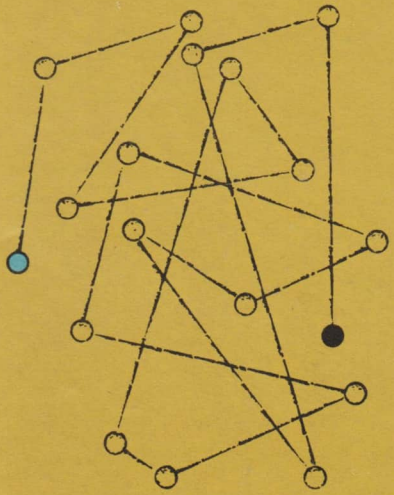
350 $\frac{km}{h}$

1955
Verkehrsflugzeug
Tu 104

800 $\frac{km}{h}$

Überschallflugzeug
Tu 144 (Projekt)

2500 $\frac{km}{h}$



020605-3 · 2,20