

PHYSIK 6

Geschwindigkeiten in Natur und Technik



Fußgänger

$4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$



100-m-Läufer

$30 \frac{\text{km}}{\text{h}}$



Radfahrer

$20 \frac{\text{km}}{\text{h}}$



Radrennfahrer bis

$70 \frac{\text{km}}{\text{h}}$



Elefant

bis $30 \frac{\text{km}}{\text{h}}$



Pferd

bis $90 \frac{\text{km}}{\text{h}}$



Buchfink

bis $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$



Schwalbe

bis $120 \frac{\text{km}}{\text{h}}$



PKW auf der Autobahn bis $100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$



D-Zug

$120 \frac{\text{km}}{\text{h}}$



Segelschiff

$30 \frac{\text{km}}{\text{h}}$



Handelsschiff

$50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$



U-Boot

$60 \frac{\text{km}}{\text{h}}$



Verkehrsflugzeug

$900 \frac{\text{km}}{\text{h}}$



Überschallflugzeug

$2\,500 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

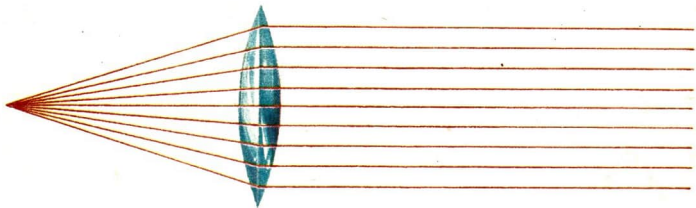


Raumschiff um die Erde

$8 \frac{\text{km}}{\text{s}}$

PHYSIK

Lehrbuch für Klasse 6



Volk und Wissen
Volkseigener Verlag Berlin
1984

Autoren:

Werner Golm, Willi Wörstenfeld (Abschnitte 1, 17 bis 22)
Dr. Lore Graumann, Helmut Holz (Abschnitte 2 bis 6 und 8)
Helmut Holz, Dr. Roland Strauß (Abschnitt 14)
Dr. Roland Strauß (Abschnitte 15 und 16)
Dr. sc. Hans-Joachim Wilke (Abschnitte 7, 9 bis 13)
Leiter des Autorenkollektivs: Helmut Holz

Redaktion: Werner Golm, Bettina Rosenkranz, Willi Wörstenfeld

Vom Ministerium für Volksbildung der Deutschen Demokratischen Republik
als Schulbuch bestätigt.

© Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1983

2. Auflage · Ausgabe 1983

Lizenz-Nr. 203 · 1000/83 (DN 02 06 07-2)

LSV 0681

Einband: Manfred Behrendt, Karl-Heinz Wieland

Typografische Gestaltung: Karl-Heinz Wieland

Illustrationen: Fritz Hampel, Karl-Heinz Wieland, Harri Förster

Technische Zeichnungen: Waltraud Schmidt

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: Grafischer Großbetrieb Völkerfreundschaft Dresden

Schrift: 10/11p Gill Monotype

Redaktionsschluß: 5. 10. 1983

Bestell-Nr. 730 943 5

Schulpreis DDR: 2,20

EINFÜHRUNG (1)	5
<hr/>	
MECHANIK	9
<hr/>	
Eigenschaften der Körper (2)	9
Bewegungen von Körpern (3)	18
Kräfte und ihre Wirkungen (4)	29
Die Masse eines Körpers (5)	38
Die Dichte eines Stoffes (6)	44
Vom Aufbau der Stoffe (7)	50
Wiederholung und Übung (8)	62
<hr/>	
WÄRMELEHRE	65
<hr/>	
Die Temperatur (9)	65
Volumenänderung der Körper bei Temperaturänderung (10)	71
Änderung des Aggregatzustandes (11)	80
Wärmeübertragung (12)	89
Wiederholung und Übung (13)	96
Vom Atom (14)	97
<hr/>	
VON DER ARBEIT DER PHYSIKER	101
<hr/>	
Arbeitsverfahren der Physiker (15)	101
Wiederholung und Übung (16)	106
<hr/>	
OPTIK	108
<hr/>	
Die Ausbreitung des Lichtes (17)	108
Die Reflexion des Lichtes (18)	116
Die Brechung des Lichtes (19)	126
Die Bildentstehung (20)	137
Optische Geräte (21)	149
Wiederholung und Übung (22)	156
<hr/>	
Schülerexperimentiergeräte	158
Register	159

Im Lehrbuch verwendete Symbole

-  Experimente
-  Schülerexperimente
-  Merksätze
-  Beispiele
-  Fragen und Aufträge
-  siehe

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! Ein Knall, und dröhnend 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 Kosmonauten. Nach einigen Minuten schon ertönt aus dem Lautsprecher deren Meldung: „Wir haben die Umlaufbahn erreicht, unser Befinden ist gut.“ – Bald melden in allen Erdteilen die Radiostationen: Kosmonauten sind unterwegs zur Raumstation.

Sicher stellst du dir beim Hören einer solchen Nachricht viele Fragen: Wie kommt es, daß die ausströmenden Gase die Rakete 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. Das Physikbuch soll dir dabei helfen.

Physikalische Vorgänge

Das Wort **Physik** stammt von dem griechischen Wort „*physis*“ (Natur) ab. Die Physik war damals die Wissenschaft von der Natur. Im Laufe der Zeit gewannen die Menschen viele Erkenntnisse, was zu einer Aufteilung in mehrere Naturwissenschaften führte, z. B. die Biologie, die Chemie, die Astronomie.

Zunächst wollen wir einige Beispiele für physikalische Vorgänge nennen. Sie sind im Bild 6/1 dargestellt.



Bild 6/1 Beispiele für physikalische Vorgänge

Diese und viele andere Vorgänge werden untersucht. Dabei benutzt man eine besondere Methode: Man führt Experimente durch. Dabei läßt man physikalische Vorgänge ablaufen, beobachtet, mißt, rechnet und überlegt erneut (Bild 6/2).

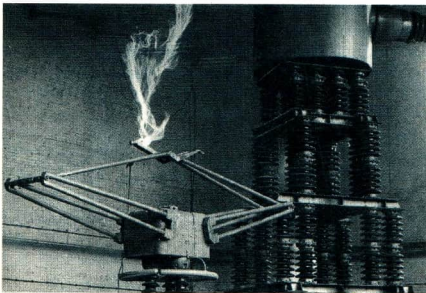


Bild 6/2 Gewitter mit Blitzen und Donner sind gewaltige Naturerscheinungen, deren Entstehung die Menschen bis ins 18. Jahrhundert hinein nicht erklären konnten. Sie schrieben die Blitze deshalb dem Wirken überirdischer Wesen zu. Wir wissen heute, daß der Blitz ein physikalischer Vorgang ist, der mit anderen physikalischen Vorgängen zusammenhängt. Wir können auch im Laboratorium Blitze erzeugen und untersuchen.

Das Experiment ist ein wichtiges Mittel, um physikalische Vorgänge zu erforschen.

Auch in unserem Physikunterricht werden wir Experimente durchführen, um physikalische Vorgänge erklären zu können. Ein einfaches physikalisches Experiment (Bild 7/1) ist das folgende:

Die Kugel paßt bei Zimmertemperatur gerade noch durch die Öffnung. Nun wird die Kugel mit einem Brenner erwärmt und danach auf die Öffnung gebracht. Die Kugel bleibt jetzt auf der Öffnung liegen. Nach einiger Zeit fällt die Kugel jedoch wieder durch die Öffnung hindurch.

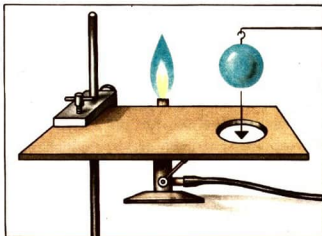


Bild 7/1 Aufbau eines Experiments

Die durch dieses Experiment gefundene Erkenntnis hilft bei der Erklärung vieler Vorgänge und bei der Lösung technischer Probleme, z. B. beim Brückenbau. Im Kapitel Wärmelehre werden wir mehr über das Verhalten der Körper bei Temperaturerhöhung erfahren und werden auch noch andere Erscheinungen kennenlernen, die mit der Wärme zusammenhängen.

Die Einteilung der Physik

Die Wissenschaft Physik ist in mehrere Teilgebiete untergliedert. In der Klasse 6 lernen wir aus folgenden Teilgebieten einige Grundlagen kennen: aus der Mechanik, aus der

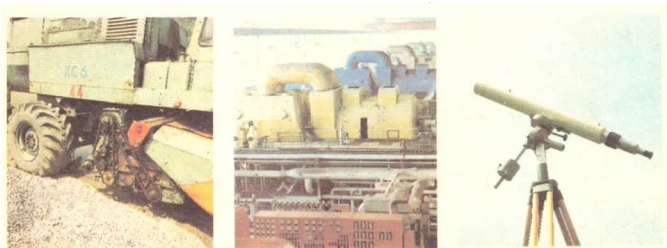


Bild 7/2 Die Anwendung der Gesetze der Mechanik, der Wärmelehre und der Optik und andere Gesetze der Physik ermöglichen die Konstruktion von Maschinen und Geräten; zum Beispiel einer Landmaschine (Bild 7/2a), einer Dampfturbine (Bild 7/2b), eines Fernrohres (Bild 7/2c).

Wärmelehre und aus der Optik (Bild 7/2). Die **Mechanik** ist die Lehre von den Eigenschaften und von der Bewegung der Körper. In der **Wärmelehre** werden Wärmeerscheinungen untersucht, z. B. die Ausbreitung der Wärme in den Stoffen. In der **Optik** – der Lehre vom Licht – untersucht man beispielsweise die Ausbreitung des Lichtes in den Stoffen. Weitere Teilgebiete der Physik sind die **Elektrizitätslehre** und die **Atomphysik**.

Die Bedeutung der Physik

Die Physik hat große Bedeutung für die Technik und für die Produktion. Mit Hilfe physikalischer Kenntnisse ist es möglich, die Naturkräfte für den Menschen nutzbar zu machen, z. B. die Kräfte des strömenden Wassers in Wasserkraftwerken zur Gewinnung elektrischer Energie. Andererseits fördert auch die Technik die Physik, denn von der Technik werden für die Physik Apparaturen und Geräte zur Verfügung gestellt, die weiteres Forschen erst ermöglichen, z. B. Mikroskope, Meßgeräte und Forschungs-satelliten.

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 Menschen angewandt werden. Ob die Erkenntnisse der Wissenschaften und damit auch die Erkenntnisse der Physik zum Schaden oder zum Nutzen der Menschen angewendet werden, hängt von der Gesellschaftsordnung ab, in der die Wissenschaftler leben und arbeiten. Ein besonders schreckliches Beispiel sind die Atombomben, durch deren Einsatz durch die Regierung der USA im zweiten Weltkrieg die zwei japanischen Städte Hiroshima und Nagasaki zerstört und das Leben von mehreren hunderttausend Menschen vernichtet wurde. Deshalb wird der Friedenskampf der sozialistischen Staaten und der Kampf der fortschrittlichen Kräfte in vielen Ländern unserer Erde auch mit dem Ziel geführt, endgültig dem Mißbrauch der Wissenschaft für verbrecherische Zwecke ein Ende zu machen.

MECHANIK

2

Eigenschaften der Körper

Im Physikunterricht werden verschiedene Vorgänge untersucht, so z. B. wie stark eine Feder gedehnt wird, wie schnell eine Kugel rollt oder ein Auto fährt, wieviel Wasser ein Stein oder ein Schiff (Bild 9/1) verdrängt. Feder, Kugel, Auto, Stein und Schiff sind Körper. Welche gemeinsamen Eigenschaften haben Körper?



Gemeinsame Eigenschaften der Körper

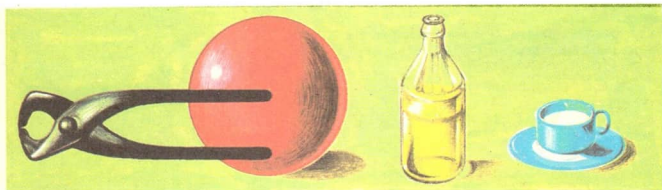


Bild 9/2

Als **Körper** bezeichnet man in der Physik alle Gegenstände der Umwelt. Von den im Bild 9/2 dargestellten Körpern ist bekannt: die Zange besteht aus Stahl, der Ball aus Gummi, die Flasche aus Glas, die Tasse aus Porzellan, im Ball ist Luft, in der Flasche ist Limonade, in der Tasse ist Milch. Stahl, Gummi, Glas, Porzellan, Luft, Limonade, Milch bezeichnet man als **Stoffe**.

Wir merken uns:

▶ **Jeder Körper besteht aus Stoff.**

Einige Stoffe kommen direkt in der Natur vor, z. B. Wasser, Luft, Holz. Andere Stoffe stellt der Mensch in der Produktion her, z. B. Papier, Plast, Porzellan. Körper müssen nicht immer nur aus einem Stoff bestehen. Körper können auch aus mehreren Stoffen bestehen. So besteht eine Flasche nur aus Glas, ein Fenster besteht aber aus Glas, Holz und Metall.

Bei den Körpern werden **feste Körper, Flüssigkeiten und Gase** unterschieden.

■ **Feste Körper:**

Zange
Schlüssel
Tisch

Flüssigkeiten:

Limonade in der Flasche
Benzin im Kanister
Milch in der Kanne

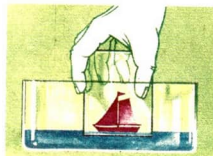
Gase:

Luft im Fußball
Sauerstoff in der Gasflasche
Luft im Reifen ②

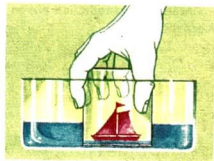
Im folgenden untersuchen wir die Frage: Gibt es noch weitere gemeinsame Eigenschaften der Körper?



2 Wir beobachten (Bild 10/1): Das Schiff zeigt, wie hoch das Wasser steht.



Der Wasserstand unter dem Becher hat sich nicht geändert.



Das Schiff befindet sich unterhalb der Wasseroberfläche im größeren Gefäß.

Wir schließen daraus: Die Luft, die im Becher ist, hat Wasser verdrängt.

3 Wir beobachten (Bild 10/2): Beim Eintauchen des Steines steigt das Wasser im Gefäß an.

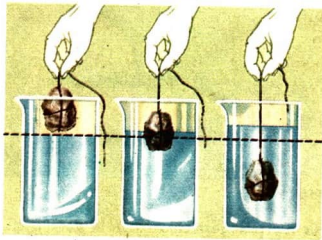


Bild 10/2

Wir schließen daraus: Der Stein hat Wasser im Gefäß verdrängt. Auch im täglichen Leben kann man ähnliche Vorgänge beobachten. Steigt man zum Baden in eine Badewanne, so wird das Wasser vom Badenden verdrängt. Wird Benzin in den Tank eines Kraftwagens gegossen, so verdrängt das Benzin die Luft aus dem Tank. Wird ein Pfahl in die Erde geschlagen, so drängt er die Erde zur Seite. ③ ④ ⑤ ⑥

Aus diesen Experimenten und Beispielen folgt: Wo ein Körper ist, kann gleichzeitig kein anderer Körper sein. Körper können einander verdrängen. Jeder Körper nimmt einen Raum ein.

Zusammenfassung

Gemeinsame Eigenschaften der Körper sind:
Jeder Körper besteht aus Stoff.
Jeder Körper nimmt einen Raum ein.

Das Volumen der Körper

Soll z. B. ein Betonsockel für eine Maschine gegossen werden, so muß der Betonfacharbeiter wissen, wie groß der Raum ist, den der Sockel einnehmen soll. Wie muß er vorgehen, damit er ausreichend, aber nicht zu viel Beton dafür mischt?

Aus dem Mathematikunterricht ist bereits bekannt:

► **Das Volumen eines Körpers gibt an, wie groß der Raum ist, den dieser Körper einnimmt.**

Die Eigenschaft jedes Körpers, einen Raum einzunehmen, ist eine **meßbare Eigenschaft**. Das Volumen ist die **physikalische Größe**, mit der diese Eigenschaft zahlenmäßig erfaßt wird. Für jede physikalische Größe ist als Abkürzung ein bestimmter Buchstabe festgelegt worden. Diesen Buchstaben bezeichnet man als **Formelzeichen** der physikalischen Größe.

► **Das Formelzeichen für das Volumen ist V .**

Außerdem ist für jede physikalische Größe eine Einheit festgelegt.

- ① Nenne je zwei feste Körper, Flüssigkeiten und Gase!
Gib an, aus welchen Stoffen diese Körper jeweils bestehen!
- ② Ordne nach Körper und Stoff!
Dederon, Stahlzylinder, Erdöl, Braunkohle, Hammer, Säge, Stahl, Erdgas, Plastrohr, Benzin im Tank, Schiene, Ofenblech.
- ③ Stülpe einen Trichter umgekehrt in eine Wanne mit Wasser und halte dabei das Rohr zu! Öffne das Rohr! Beschreibe deine Beobachtung! Erkläre die Beobachtung!
- ④ Setze einen Glasrichter auf einen Flaschenhals und schütte Wasser hinein! Warum läuft das Wasser schlecht oder gar nicht in die Flasche? Hebe den Trichter an! Warum fließt jetzt das Wasser schneller in die Flasche?
- ⑤ Bei manchen Trichtern aus Plast erkennt man am Rohr eine Rinne. Welche Aufgabe hat diese?
- ⑥ Blase vorsichtig mit einem Trinkröhrchen Luft unter die Öffnung des mit Wasser gefüllten Bechers (Bild 11/1)!
Beschreibe deine Beobachtung und erkläre diese!

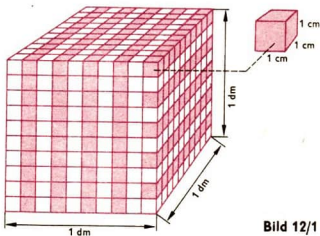
Bild 11/1



Die Einheit des Volumens ist ein Kubikmeter (1 m³).

Teile der Einheit für das Volumen sind ein Kubikdezimeter (1 dm³), ein Kubikzentimeter (1 cm³) und ein Kubikmillimeter (1 mm³) (Bild 12/1).

Volumen einiger Körper	
Körper	Volumen
Tischtennisball	10 cm ³
Tennisball	140 cm ³
Fußball	5 800 cm ³
Mauerziegel	1,4 dm ³
Sperrmüllcontainer geschlossener	6 m ³
Güterwagen	40 m ³



$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3$$

$$1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ mm}^3$$

Die Bestimmung des Volumens von festen Körpern, Flüssigkeiten und Gasen erfolgt auf unterschiedliche Weise. ①

Volumenbestimmung eines Quaders. Der Quader ist ein regelmäßiger Körper. Aus dem Mathematikunterricht ist bekannt, daß das Volumen eines Quaders berechnet wird durch das Produkt aus dessen Länge, Breite und Höhe; $V = a \cdot b \cdot c$. Es ist notwendig, Länge, Breite und Höhe des Quaders zu messen. Längenmessungen und die Regeln dafür wurden im Werkunterricht bereits behandelt. Die Einheit für die Länge ist ein Meter (1 m).

Berechnung des Volumens

Der Betonsockel einer Maschine hat die Form eines Quaders. Für die Höhe werden 0,50 m gemessen, für die Länge 3,20 m und für die Breite 1,50 m. Berechne das Volumen dieses Betonsockels!

Gesucht: V (in m³)

Gegeben: $a = 3,20 \text{ m}$

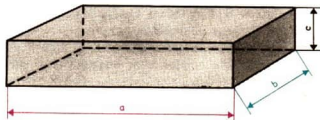
$b = 1,50 \text{ m}$

$c = 0,50 \text{ m}$

Lösung: $V = a \cdot b \cdot c$

$V = 3,20 \text{ m} \cdot 1,50 \text{ m} \cdot 0,50 \text{ m}$

$V = 2,40 \text{ m}^3$



Ergebnis: Das Volumen des Betonsockels beträgt 2,40 m³.

Volumenmessung von Flüssigkeiten. Auf dem Bild 13/1 sind Gefäße abgebildet, mit denen man das Volumen von Flüssigkeiten bestimmen kann. Eine besondere Einheit

für das Volumen von Flüssigkeiten ist ein Liter (1 l). Als Vielfaches dieser Einheit ist ein Hektoliter (1 hl), als Teil ist ein Milliliter (1 ml) gebräuchlich. Zwischen den verschiedenen Einheiten für das Volumen gelten folgende Beziehungen:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ m}^3 &= 1000 \text{ l} & \blacksquare \quad 65 \text{ m}^3 &= 65000 \text{ l} \\
 1 \text{ dm}^3 &= 1 \text{ l} & 23 \text{ dm}^3 &= 23 \text{ l} \\
 1 \text{ cm}^3 &= 1 \text{ ml} & 18 \text{ cm}^3 &= 18 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

Fassungsvermögen einiger Gefäße	
Gefäß	Volumen
Eimer	10 l
kleine Milchflasche	0,25 l
große Brauseflasche	0,5 l
Weinflasche	0,7 l
Benzinkanister	5 l, 10 l, 20 l
Milchkanne	20 l

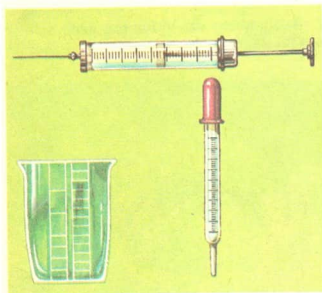


Bild 13/1 Meßgefäße: Meßbecher, medizinische Spritze, Pipette

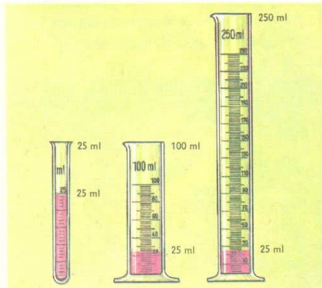


Bild 13/2 Meßbereich: 25 ml, 100 ml, 250 ml
Abstand zweier Teilstriche entspricht:
0,5 ml, 2 ml, 2 ml

Im Physikunterricht verwenden wir als Meßgerät zur Messung des Volumens von Flüssigkeiten einen Meßzylinder. Im Bild 13/2 sind Meßzylinder abgebildet. Diese unterscheiden sich im Durchmesser und in der Höhe. Sie haben verschiedene Meßbereiche und eine unterschiedliche Einteilung der Skalen. Es ist zu erkennen, daß 25 ml Wasser in jedem dieser Meßzylinder eine unterschiedliche Höhe erreichen. ④

- ① Schätze das Volumen folgender Körper! Ein Stück Butter, eine Streichholzschachtel, eine große Packung Spee.
- ② Wir wollen das Physikbuch als Quader betrachten. Miß die Länge, Breite und Höhe deines Physikbuches und berechne dessen Volumen!
- ③ Der Trog des Schiffshebewerkes Niederfinow hat die Form eines Quaders. Er ist 85 m lang und 12 m breit. Die Wassertiefe beträgt 2,50 m. Wieviel Wasser befindet sich im Trog?
- ④ Warum ist es nicht ratsam, 25 ml Wasser in einem Meßzylinder mit einem Meßbereich von 1000 ml abzumessen?

Beim Messen müssen wir in folgender Weise vorgehen:

1. Geeigneten Meßzylinder auswählen.
2. Meßzylinder auf eine waagerechte Fläche stellen bzw. senkrecht halten.
3. Volumen am tiefsten Stand der Flüssigkeitsoberfläche (nicht an der Randkrümmung) ablesen (Bild 14/1). ① ②

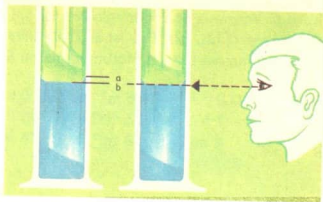


Bild 14/1 nicht bei a), sondern bei b) ablesen

4. Miß mit dem Meßzylinder oder mit dem Reagenzglas mit Maßeinteilung 60 ml, 20 ml, 4 ml und 22 ml Wasser ab!

Volumenbestimmung unregelmäßiger fester Körper. Für unregelmäßige feste Körper nutzt man die Eigenschaft der Körper aus, einander zu verdrängen. Es gibt zwei Möglichkeiten:

1. Bestimmung des Volumens im Meßzylinder durch Differenzmessung
2. Bestimmung des Volumens nach dem Überlaufverfahren

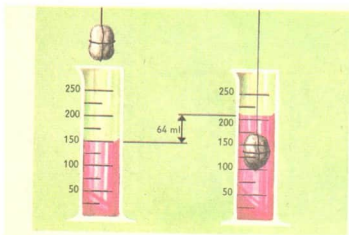


Bild 14/2

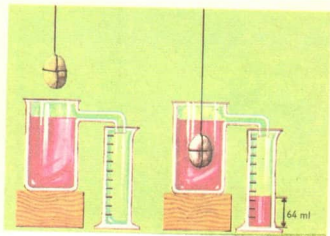


Bild 14/3

Dabei ist zu beachten: Der feste Körper darf sich nicht im Wasser auflösen. Der feste Körper muß vollständig in das Wasser eintauchen. ④ ⑤

5. Bestimme das Volumen eines unregelmäßigen festen Körpers mit Hilfe der Differenzmessung! Überlege an Hand des Bildes 14/2, wie du vorgehen willst!

Form und Volumen von festen Körpern, Flüssigkeiten und Gasen

Feste Körper. Ein Ziegelstein hat die regelmäßige Form eines Quaders, ein Feldstein hat eine unregelmäßige Form (Bild 14/4).

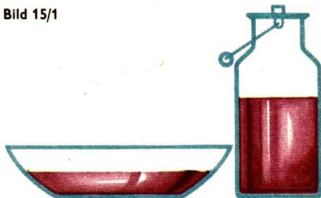


Bild 14/4

Jeder feste Körper hat eine bestimmte Form und ein bestimmtes Volumen.

Flüssigkeiten. Eine Flüssigkeit wird von einem Gefäß in ein anderes gegossen. Man erkennt (Bild 15/1), daß die Form der Flüssigkeit sich nach der Form des Gefäßes richtet, aber das Volumen dabei unverändert bleibt.

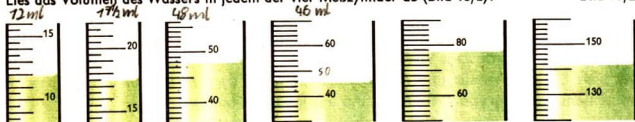
Bild 15/1



Die Form jeder Flüssigkeit richtet sich nach dem Gefäß, in dem sie sich befindet; jede Flüssigkeit hat ein bestimmtes Volumen.

- ① Lies das Volumen des Wassers in jedem der vier Meßzylinder ab (Bild 15/2)!

Bild 15/2



- ② Das Fassungsvermögen einer Tasse soll bestimmt werden. Es stehen Meßzylinder für 25 ml, 100 ml, 250 ml und 1000 ml zur Verfügung. Welcher Meßzylinder ist am besten geeignet? Begründe deine Entscheidung!
- ③ Schätze das Fassungsvermögen folgender Gefäße: eine Plastikflasche für Fit, ein mittlerer Kochtopf, eine kleine Medizinflasche!

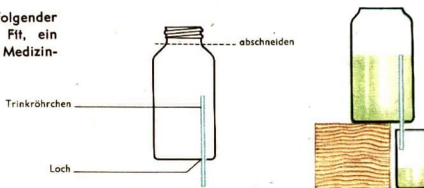
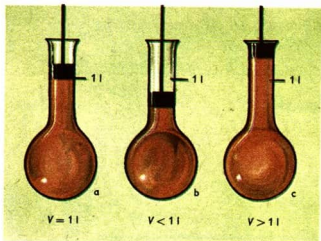


Bild 15/3

- ④ Stelle aus einer leeren Plastikflasche und einem Trinkröhrchen ein Überlaufgefäß her (Bild 15/3)! Bestimme mit den selbst hergestellten Geräten das Volumen von einem Zehnpfennigstück und einem 1-Mark-Stück!
- ⑤ Stelle aus einem kleinen Glasröhrchen (z. B. Gewürzröhrchen) einen Meßzylinder her! Verwende als Skale einen Pappstreifen, den du mit Alleskleber außen anklebst und nach dem Einteilen der Skale mit Wachs einreibst! Zum Festlegen der Skale benutze einen Teelöffel und Wasser! Ein Teelöffel faßt 5 ml Wasser. Bestimme das Volumen von 1; 2; 5 und 10 Eßlöffel Wasser! Vergleiche die Ergebnisse miteinander!



Gas. Ein Gas wird in ein Glas gefüllt, das durch einen Kolben verschlossen ist (Bild 16/1 a). Durch eine Bewegung des Kolbens kann man das Gas zusammendrücken (Bild 16/1 b). Zieht man den Kolben soweit wie möglich im Glas hoch, so nimmt das Gas den nun insgesamt vorhandenen Raum ein (Bild 16/1 c).

Bild 16/1

► **Form und Volumen jedes Gases sind von dem Gefäß abhängig, in dem sich das Gas befindet.**

Aggregatzustände der Stoffe

Die Zustände der Stoffe **fest**, **flüssig** und **gasförmig** nennt man die **Aggregatzustände**. Jeder Stoff tritt je nach der Temperatur entweder im festen, flüssigen oder gasförmigen Aggregatzustand auf. Man spricht z. B. vom flüssigen oder festen Eisen, vom gasförmigen oder flüssigen Sauerstoff. In der Natur kommen die meisten Stoffe nur in einem Aggregatzustand vor. Das Wasser kommt in der Natur in allen drei Aggregatzuständen vor; als Eis, als Wasser und als Wasserdampf. Bei den meisten Stoffen gibt es für die verschiedenen Aggregatzustände keine besonderen Namen. ①

► **Stoffe treten je nach der Temperatur im festen, flüssigen oder gasförmigen Aggregatzustand auf.**

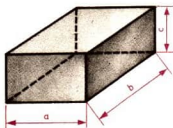
Zusammenfassung

physikalische Größe	Bedeutung	Formelzeichen	Einheit
Volumen	Das Volumen gibt an, wie groß der Raum ist, den der Körper einnimmt.	V	Kubikmeter (1 m ³), Liter (1 l)

Verfahren zur Bestimmung des Volumens

Quader als regelmäßiger
fester Körper

Messen der Länge
der Kanten und
Berechnen des Volumens



unregelmäßiger
fester Körper

Volumenbestimmung
durch Differenzmessung
im Meßzylinder
oder nach dem
Überlaufverfahren



flüssiger Körper

Volumenmessung
im Meßzylinder



- ① Nenne drei Stoffe, die dir in jeweils zwei verschiedenen Aggregatzuständen bekannt sind!
- ② Auf Arzneiflaschen, Kosmetikflaschen und Reinigungsmittelflaschen stehen oft Angaben über das Volumen der Flüssigkeit. Notiere für drei Beispiele diese Angaben!
Was bedeuten diese Angaben?
- ③ Auf einer Flasche mit Shampoo (Haarwäsche) steht $100 \text{ ml} \pm 2 \text{ ml}$.
Wie groß kann das Volumen der Flüssigkeit sein?

In der Natur und in der Technik beobachten wir vielfach, daß sich Körper in verschiedener Weise bewegen. In diesem Abschnitt wollen wir Bewegungen von Körpern untersuchen. Wann bewegt sich ein Körper? Wann ist ein Körper in Ruhe?



Ruhe und Bewegung

Ein Kilometerstein kennzeichnet an einer Landstraße einen bestimmten Ort. An dem Kilometerstein steht ein Mädchen (Bild 18/2) und beobachtet ein fahrendes Auto. In jedem Augenblick befindet sich das Auto an einem anderen Ort. Wir sagen, das Auto bewegt sich gegenüber dem feststehenden Kilometerstein.

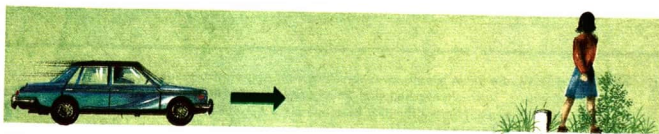


Bild 18/2

Der Fahrer bewegt sich zusammen mit dem Auto gegenüber dem Kilometerstein. Der Fahrer hat aber gegenüber dem Sitz im Auto seinen Ort nicht verändert. Wir sagen, der Fahrer befindet sich gegenüber dem Sitz im Auto in Ruhe. Bei jeder dieser beiden Aussagen über die Bewegungen des Fahrers beziehen wir uns auf einen anderen Körper, einmal auf den Kilometerstein und einmal auf den Sitz im Auto. In der Physik ist es üblich, bei Bewegungsvorgängen bestimmte Körper als **Bezugskörper** zu bezeichnen. In unserem Beispiel sind der Sitz im Auto bzw. der Kilometerstein Bezugskörper.

Ein Körper bewegt sich, wenn er seinen Ort gegenüber dem Bezugskörper ändert. Ein Körper befindet sich in Ruhe, wenn er seinen Ort gegenüber dem Bezugskörper nicht ändert.

Ist der Bezugskörper ein auf der Erde ruhender Körper, so wird häufig der Bezugskörper nicht angegeben. Für unser Beispiel können wir deshalb sagen, das Auto bewegt sich, aber der Fahrer des Autos ist gegenüber dem Sitz im Auto in Ruhe.

Vergleichen von Bewegungen verschiedener Körper

Im täglichen Leben kommen sehr unterschiedliche Bewegungen von Körpern vor. So ist z. B. der Salto sprung eines Turmspringers sehr kompliziert (Bild 19/1) und kann schwer beschrieben werden. Einige einfache Bewegungen von Körpern sind in der folgenden Tabelle beschrieben.

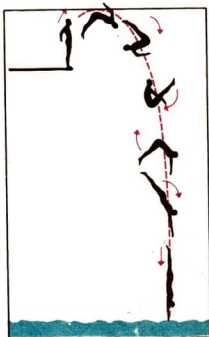


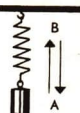
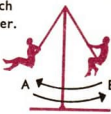


Bild 19/1
Der Turmspringer bewegt sich auf einer komplizierten Bahn

Bewegung	Kennzeichen	Beispiel
geradlinige Bewegung	Ein Körper bewegt sich auf einer Geraden.	Der Zug fährt auf einer geraden Strecke. 
Kreisbewegung	Ein Körper bewegt sich auf einem Kreis.	Das Raumschiff umkreist die Erde. 

- ① Gib drei Beispiele an, in denen sich eine Person bewegt oder in Ruhe befindet! Wähle dazu geeignete Bezugskörper aus!
- ② Nenne aus dem Bereich des Sports je 2 Beispiele für geradlinige Bewegungen, für Kreisbewegungen und für Schwingungen!
- ③ Wo kommen in der Technik Kreisbewegungen, wo Schwingungen vor? Nenne je 2 Beispiele!

Bewegung	Kennzeichen	Beispiel
Schwingung	Ein Körper bewegt sich zwischen zwei Punkten hin und her.	<p>Der Körper an der Feder bewegt sich hin und her.</p>  <p>Die Schaukel bewegt sich hin und her.</p> 

Geradlinige Bewegungen von Körpern

Wir verfolgen die Fahrt einer Straßenbahn (Bild 20/3). Welche Wege legt die Straßenbahn in gleichen Zeitabschnitten zurück? Wir untersuchen das mit einer Spielzeuglokomotive.



Bild 20/3

Anfahren
beschleunigte Bewegung

gleichmäßige Fahrt
gleichförmige Bewegung

Bremsen
verzögerte Bewegung

6

Eine Spielzeuglokomotive fährt zunächst langsam an, dann gleich schnell weiter und bremst anschließend. Mit einer Uhr wird nach gleichen Zeitabschnitten ein Signal gegeben, bei dem jeweils der Ort gekennzeichnet wird, an dem sich die Spitze der Lokomotive befindet. Die zurückgelegten Wege werden gemessen (Bild 20/4).

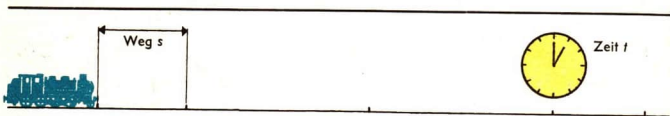
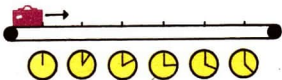
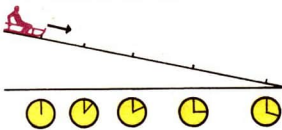
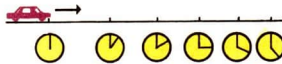


Bild 20/4

Wir stellen fest: Beim Anfahren wird die Lokomotive immer schneller. Sie legt in gleichen Zeitabschnitten oder kürzer gesagt, in gleichen Zeiten, ständig längere Wege zurück. Eine solche Bewegung nennt man eine **beschleunigte Bewegung**. Fährt die Lokomotive ständig gleich schnell, so legt sie in gleichen Zeiten gleich lange Wege zurück. Es liegt eine **gleichförmige Bewegung** vor. Bremsst die Lokomotive, so wird sie ständig langsamer. Sie legt in gleichen Zeiten kürzere Wege zurück. Diese Bewegung nennt man eine **verzögerte Bewegung**.

Bewegung	Kennzeichen	Beispiel
gleichförmige Bewegung	Ein Körper bewegt sich ständig gleich schnell. Er legt in gleichen Zeiten gleich lange Wege zurück.	Koffer auf einem Transportband 
beschleunigte Bewegung	Ein Körper wird ständig schneller.	Schlitten fährt den Berg hinab 
verzögerte Bewegung	Ein Körper wird ständig langsamer.	Auto brems 

Die gleichförmige Bewegung von Körpern



Bild 21/4
Rolltreppe im Kaufhaus



Bild 21/5
Förderband

- ① Nenne je 2 Vorgänge aus der Technik, bei denen beschleunigte und verzögerte Bewegungen auftreten!
- ② Welche Bewegungen treten bei folgenden Beispielen auf?
 - a) Bremsen eines Zuges,
 - b) Fliegen eines Flugzeuges,
 - c) Landen eines Jagdflugzeuges,
 - d) Anfahren eines Panzers,
 - e) Starten einer Luftabwehrrakete.

Gleichförmige Bewegungen können wir beobachten, wenn wir auf einer Rolltreppe abwärts fahren (Bild 21/4) und wenn Gemüse auf einem Förderband transportiert wird (Bild 21/5). Obwohl sich die Körper (der Mensch, das Gemüse) gleichförmig bewegen, kann sich der eine Körper schneller bewegen als der andere. In der Physik sagt man: Die Körper haben unterschiedliche **Geschwindigkeiten**. Wie kann man die Geschwindigkeit eines Körpers bestimmen?

Geschwindigkeit eines Körpers

Bedeutung. Die Geschwindigkeit eines Körpers gibt an, wie schnell sich dieser bewegt. Für drei Spielzeugfahrzeuge, die sich gleichförmig bewegen, wurden die jeweils zurückgelegten Wege und die dazu benötigten Zeiten gemessen (Spalten a und b). Wir fragen: Welches der drei Fahrzeuge fährt am schnellsten, welches hat die größte Geschwindigkeit?

Fahrzeug	Weg	Zeit	Weg in 1 s	Geschwindigkeit
Auto	100 cm	10 s	10 cm	$\frac{100 \text{ cm}}{10 \text{ s}} = 10 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
Lokomotive	72 cm	8 s	9 cm	$\frac{72 \text{ cm}}{8 \text{ s}} = 9 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
Traktor	96 cm	12 s	8 cm	$\frac{96 \text{ cm}}{12 \text{ s}} = 8 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
	a	b	c	d

Die Spielzeugfahrzeuge bewegen sich gleichförmig, das heißt, jedes einzelne Fahrzeug legt in gleichen Zeiten gleich lange Wege zurück. Da die Fahrzeuge unterschiedlich schnell fahren, sind die Wege verschieden lang. Um die Wege vergleichen zu können, berechnen wir für jedes Fahrzeug den Weg, den dieses in einer Sekunde zurücklegte (Spalte c).

Das Auto hat in einer Sekunde den längsten Weg zurückgelegt, es fährt am schnellsten. Der Traktor hat in einer Sekunde den kürzesten Weg zurückgelegt, er fährt am langsamsten. Die Geschwindigkeit errechnet man, indem man den Quotienten aus dem zurückgelegten Weg und der dazu benötigten Zeit bildet (Spalte d).

$$\text{Geschwindigkeit} = \frac{\text{zurückgelegter Weg}}{\text{dazu benötigte Zeit}}$$

Das Auto hat die größte Geschwindigkeit, der Traktor hat die kleinste Geschwindigkeit.

② ③

Formelzeichen. Die Geschwindigkeit, der Weg und die Zeit sind physikalische Größen. Für sie wurden folgende Formelzeichen festgelegt:

physikalische Größe	Formelzeichen
Geschwindigkeit	v
Weg	s
Zeit	t

Mit diesen Formelzeichen können wir die Gleichung für die Geschwindigkeit kürzer schreiben: $v = \frac{s}{t}$

Einheit. Die Einheit der Geschwindigkeit erhalten wir, wenn der zurückgelegte Weg in Meter und die Zeit in Sekunden angegeben werden. Die Einheit der Geschwindigkeit ist *ein Meter je Sekunde* ($1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$). Weitere Einheiten der Geschwindigkeit sind ein Kilometer je Stunde ($1 \frac{\text{km}}{\text{h}}$) und ein Kilometer je Sekunde ($1 \frac{\text{km}}{\text{s}}$).

Es gelten folgende Beziehungen:

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

$$8 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 28,8 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{10 \text{ m}}{36 \text{ s}}$$

$$72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{720 \text{ m}}{36 \text{ s}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Hat ein Körper die Geschwindigkeit $1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, so legt der Körper in jeder Sekunde einen Weg von einem Meter zurück. Diese Geschwindigkeit hat ungefähr ein langsam gehender Fußgänger.

Meßgerät. Geschwindigkeiten von Körpern können mit einem *Tachometer* gemessen werden. Das Tachometer zeigt die in jedem Augenblick vorhandene Geschwindigkeit des Körpers an. Ein Tachometer ist in jedem Auto vorhanden (Bild 23/1).



Bild 23/1 Tachometer in einem PKW

- ① Gib an, welche Teile der folgenden Bewegungsvorgänge gleichförmig verlaufen!
 - a) Sprung eines Fallschirmspringers.
 - b) Fahrt in einem Fahrstuhl.
 - c) Entladen eines Schiffes mit einem Turmdrehkran.
- ② Peter benötigt auf seinem Fahrrad zum Durchfahren einer Strecke die doppelte Zeit wie Bernd. Was kannst du über die Geschwindigkeit von Peter im Vergleich zu Bernd aussagen, wenn jeweils eine gleichförmige Bewegung angenommen wird?
- ③ Petra durchfährt auf ihrem Fahrrad die dreifache Strecke, die Katrin in der gleichen Zeit zurücklegt. Was kannst du über die Geschwindigkeit von Petra im Vergleich zu Katrin aussagen? Es wird eine gleichförmige Bewegung angenommen.

Zusammenfassung

Die Geschwindigkeit eines Körpers gibt an, wie schnell sich dieser bewegt.

Die Geschwindigkeit eines gleichförmig bewegten Körpers kann berechnet werden nach der Gleichung $v = \frac{s}{t}$.

Darin bedeutet v die Geschwindigkeit des Körpers,
 s den zurückgelegten Weg,
 t die dazu benötigte Zeit.

Die Einheit der Geschwindigkeit ist ein Meter je Sekunde $\left(1 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$.

Ein Meßgerät zur Bestimmung der Geschwindigkeit ist das Tachometer.

■ Berechnung der Geschwindigkeit

Rolltreppen bewegen sich gleichförmig.

Die Länge einer Rolltreppe in der Metro in Moskau beträgt 70 Meter. Ein Tourist stellt fest, daß er für die Fahrt auf der Rolltreppe 100 Sekunden brauchte. Wie groß war die Geschwindigkeit des Touristen, der auf der Rolltreppe stand?

Gesucht: $v \left(\text{in } \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$ Lösung: $v = \frac{s}{t}$

Gegeben: $s = 70 \text{ m}$
 $t = 100 \text{ s}$

$$v = \frac{70 \text{ m}}{100 \text{ s}}$$

$$v = 0,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ergebnis: Die Geschwindigkeit des Touristen auf der Rolltreppe betrug $0,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

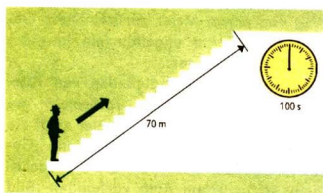


Bild 24/1

Weg-Zeit-Diagramm für die gleichförmige Bewegung

Um die Bewegung eines Körpers näher zu untersuchen, werden die jeweils zurückgelegten Wege und die dazu benötigten Zeiten gemessen. Die Meßergebnisse werden übersichtlich in einer Tabelle zusammengestellt. Für die Bewegung von Kohle auf einem Förderband im Kohle Tagebau erhält man z. B. folgende Meßwerttabelle:

Es liegt eine gleichförmige Bewegung vor.

Zeit t in s	Weg s in m
0	0
10	50
20	100
30	150
40	200
50	250
60	300

Die Geschwindigkeit der Kohle auf diesem Förderband können wir aus jedem beliebigen Meßwertpaar nach der Gleichung

$v = \frac{s}{t}$ berechnen. Die Geschwindigkeit beträgt $5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Der Zusammenhang zwischen den zurückgelegten Wegen und den dazu benötigten Zeiten kann in einem Diagramm dargestellt werden. Wir zeichnen dazu ein Koordinatensystem. Auf der waagerechten Achse tragen wir die Zeiten und auf der dazu senkrechten Achse die Wege ab. Wir tragen für die Meßwertpaare Punkte im Koordinatensystem ein. Verbinden wir diese Punkte miteinander, so erhalten wir eine Gerade, die durch den Nullpunkt geht (Bild 25/1).

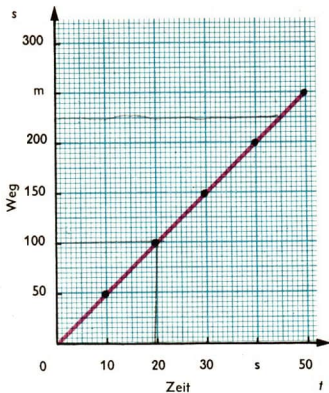


Bild 25/1 Weg-Zeit-Diagramm

Im folgenden wollen wir untersuchen, ob auch bei anderen gleichförmigen Bewegungen von Körpern das Weg-Zeit-Diagramm eine Gerade im Koordinatensystem ergibt.

7 **Untersuche**, ob sich eine Luftblase in einem mit Wasser gefüllten, verschlossenen Glasrohr gleichförmig bewegt! **Arbeite** nach den im Bild 25/2 enthaltenen Angaben! **Notiere** die Meßergebnisse! **Löse** anschließend die Aufgabe 2, S. 27!

Aus dem Schülerexperiment und aus Aufgabe 2, S. 27, erkennen wir: Die Luftblase bewegt sich in dem Glasrohr gleichförmig. Das Weg-Zeit-Diagramm gleichförmiger Bewegungen ergibt im Koordinatensystem immer eine Gerade, die durch den Nullpunkt geht.

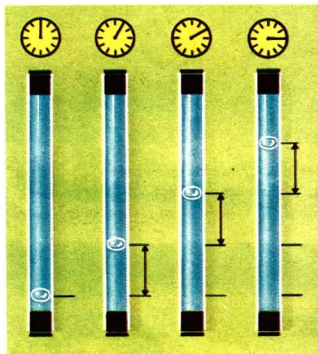


Bild 25/2 Experimentieranordnung zum Schülerexperiment

- ① Was bedeutet die Aussage, die Geschwindigkeit eines Förderbandes beträgt $0,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$?
- ② In einem Centrum-Warenhaus hat eine Rolltreppe eine Länge von 15 m. Die Fahrt dauert 30 s. Welche Geschwindigkeit hat die Rolltreppe?
- ③ Auf einem Förderband werden Strohballen in fünf Sekunden 15 Meter transportiert. Welche Geschwindigkeit hat das Förderband?

Ungleichförmige Bewegungen von Körpern

Bewegungen von Körpern, bei denen sich die Geschwindigkeit ändert, nennt man **ungleichförmige Bewegungen**. Ungleichförmige Bewegungen treten häufig auf, z. B. beim Radfahren, Schwimmen, Autofahren. Bei diesen Bewegungen interessiert oft nicht die augenblickliche Geschwindigkeit von Körpern, sondern die in einer längeren Zeit vorhandene **Durchschnittsgeschwindigkeit**. Wie kann man diese bestimmen?

Zur Berechnung der Durchschnittsgeschwindigkeit wird auch die Gleichung $v = \frac{s}{t}$ benutzt. Für s wird der *gesamte Weg* und für t wird die *gesamte Zeit* eingesetzt.

Die jeweils im Augenblick vorhandene Geschwindigkeit zeigt das Tachometer an. So sind im Bild 26/1 für eine Autofahrt von Seedorf nach Waldhausen für verschiedene Punkte die dort vorhandenen Geschwindigkeiten angegeben. Die Strecke von insgesamt 100 km wird in zwei Stunden zurückgelegt. Der Fahrer fährt also mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Diese Geschwindigkeit unterscheidet sich von den angegebenen augenblicklichen Geschwindigkeiten.

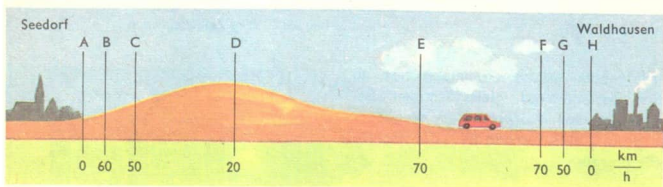
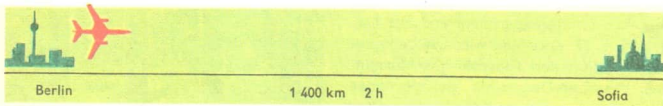


Bild 26/1

■ Lösen von Anwendungsaufgaben

1. Ein Flugzeug fliegt von Berlin nach Sofia (Entfernung rund 1400 km) etwa zwei Stunden. Wie groß ist seine Durchschnittsgeschwindigkeit?



Gesucht: v (in $\frac{\text{km}}{\text{h}}$)

Gegeben: $s = 1400 \text{ km}$
 $t = 2 \text{ h}$

Lösung: $v = \frac{s}{t}$
 $v = \frac{1400 \text{ km}}{2 \text{ h}}$
 $v = 700 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

Ergebnis: Die Durchschnittsgeschwindigkeit des Flugzeuges beträgt $700 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

2. Eine Pioniergruppe ist im Thüringer Wald drei Stunden gewandert. Jetzt möchten die Pioniere wissen, wie viele Kilometer sie gewandert sind. Von vergangenen Wanderungen ist ihnen bekannt, daß ihre Durchschnittsgeschwindigkeit beim Wandern im Gebirge $4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ beträgt.



Gesucht: s (in km) Gegeben: $v = 4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
 $t = 3 \text{ h}$

Lösung:

Wenn die Durchschnittsgeschwindigkeit $4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ beträgt, legen die Pioniere in einer Stunde 4 km zurück. In 3 Stunden legen sie dreimal so viele Kilometer zurück ($s = 3 \cdot 4 \text{ km}$). In Kurzform: $1 \text{ h} \triangleq 4 \text{ km}$
 $3 \text{ h} \triangleq 12 \text{ km}$

Ergebnis:

Die Pioniere sind 12 km gewandert.

③ ④ ⑤ ⑥

- ① In einem Experiment wurde für die gleichförmige Bewegung eines Spielzeugfahrzeuges folgende Meßwerttabelle aufgenommen:

s in cm	16	32	48	64	80	96	112	128
t in s	2	4	6	8	10	12	14	16

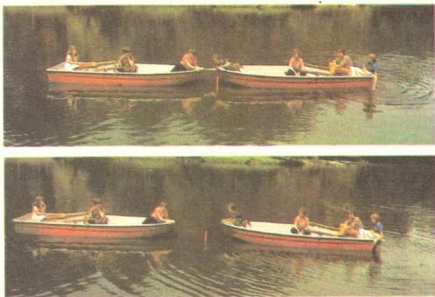
- a) Zeichne das Weg-Zeit-Diagramm!
 b) Bestimme die Wege, die in 7 s und in 11 s zurückgelegt wurden!
 c) Bestimme die Zeiten, die für 40 cm und für 120 cm benötigt wurden!
- ② Stelle die Meßergebnisse des Schülerexperimentes in einer Tabelle (↗ S. 24) zusammen! Zeichne das Weg-Zeit-Diagramm!
- ③ Welche Zeit braucht das Licht von der Sonne bis zur Erde? Die Entfernung Erde-Sonne beträgt etwa 150 000 000 km. Verwende dazu die innere Umschlagseite dieses Buches!
- ④ Wie weit ist man ungefähr von einem Berghang entfernt, wenn das Echo nach etwa vier Sekunden zu hören ist? Verwende dazu die innere Umschlagseite dieses Buches!
- ⑤ Die Durchschnittsgeschwindigkeit eines PKW beträgt $v = 60 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Sie ist dreimal so groß wie die eines schnellen Radfahrers. Vergleiche die Zeiten, die der PKW und der Radfahrer für eine Strecke von 30 km benötigen!
- ⑥ Eine Geschwindigkeitskontrolle der Volkspolizei ergab, daß ein PKW innerhalb einer geschlossenen Ortschaft die Meßstrecke von 30 m in einer Zeit von 2 s durchfuhr. Berechne die Durchschnittsgeschwindigkeit! Vergleiche die Durchschnittsgeschwindigkeit mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$! Beurteile das Verhalten des Fahrzeugführers!

Zusammenfassung

Die Bewegung eines Körpers wird mit der physikalischen Größe **Geschwindigkeit** gekennzeichnet. Um die Geschwindigkeit eines gleichförmig bewegten Körpers berechnen zu können, müssen der vom Körper zurückgelegte Weg und die benötigte Zeit gemessen werden.

physikalische Größe	Bedeutung	Formelzeichen	Einheit	Meßgerät oder Meßverfahren
Weg (Länge)	Der Weg gibt an, wie weit zwei Punkte auf einer gegebenen Bahn voneinander entfernt sind.	s	Meter (1 m)	Meterstab, Bandmaß, Lineal
Zeit	Die Zeit gibt an, wie lange ein Vorgang dauert.	t	Sekunde (1 s) Minute (1 min) Stunde (1 h)	Uhr
Geschwindigkeit	Die Geschwindigkeit gibt an, wie schnell sich ein Körper bewegt.	v	Meter je Sekunde $\left(1 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$	Tachometer; für die gleichförmige Bewegung Weg- und Zeitmessung und Berechnung nach $v = \frac{s}{t}$

Ralf im rechten Boot stößt das linke Boot zurück. Dabei stellt er zu seinem Erstaunen fest, daß er sich mit seinem Boot auch rückwärts bewegt. Wie kommt das?



Kräfte bei der Änderung der Bewegung von Körpern

Jens und Steffen hocken sich auf Rollschuhen einander gegenüber. Jens stößt mit den Händen Steffen von sich (Bild 29/2).

Beide Schüler wirken wechselseitig aufeinander ein. Auf jeden Schüler wirkt eine Kraft.

Jens	Steffen	
– wirkt mit seiner Muskelkraft auf Steffen ein, er spürt dabei eine Kraft von Steffen;	– spürt in seinen Händen die Muskelkraft von Jens, er wirkt auf Jens ein;	
– geht aus der Ruhe in die Bewegung über, er ändert seine Geschwindigkeit.	– geht aus der Ruhe in die Bewegung über, er ändert seine Geschwindigkeit.	

- ① Welche Geschwindigkeit eines Autos zeigt ein Tachometer an?
- ② Beschreibe, wie ein Volleyballspieler eine Bewegungsänderung des Balls erreicht!
- ③ Beschreibe ein Beispiel für die Bewegungsänderung eines Körpers!

Steffen bleibt auf Rollschuhen hocken und stößt einen Medizinball von sich (Bild 30/1). Steffen und der Medizinball gehen von der Ruhe in die Bewegung über, sie ändern ihre Geschwindigkeiten. Sie bewegen sich in entgegengesetzter Richtung.

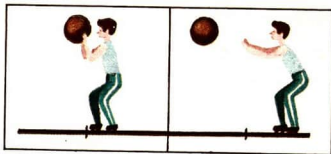


Bild 30/1

Eine Kraft wirkt von Steffen auf den Medizinball. Die andere Kraft wirkt vom Medizinball auf Steffen. Beide Kräfte haben entgegengesetzte Richtungen. Steffen bleibt auf Rollschuhen hocken und macht die gleiche Abstoßbewegung, ohne dabei auf einen anderen Körper einzuwirken. Steffen bleibt jetzt in Ruhe, weil keine zwei Körper aufeinander wirken.

Betrachten wir noch einmal das Bild 29/1. Hier wirken Ralf und das linke Boot wechselseitig aufeinander ein. Beide Körper (Ralf und das linke Boot) verändern ihre Geschwindigkeit. Auf jeden Körper wirkt eine Kraft. Beide Kräfte haben entgegengesetzte Richtungen. Die Kraft gibt an, wie stark ein Körper auf einen anderen Körper einwirkt. Ändern zwei Körper beim wechselseitigen Einwirken immer ihre Geschwindigkeit? Oder gibt es auch andere Veränderungen?

8 Wir lassen eine Kugel so auf dem Tisch rollen, daß sie schräg gegen einen Holzkörper stößt (Bild 30/2).

Wir beobachten: Die Kugel ändert ihre Geschwindigkeit und ihre Bewegungsrichtung. Der Holzklotz wird verschoben, er ändert seine Geschwindigkeit.

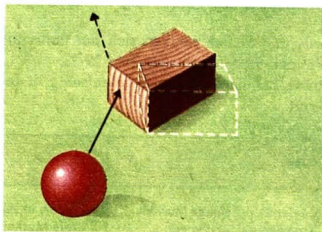


Bild 30/2

Änderungen der Geschwindigkeit und Änderungen der Bewegungsrichtung von Körpern fassen wir zusammen unter dem Begriff **Bewegungsänderungen**.

Wir schlußfolgern aus dem Experiment und aus Erfahrungen des täglichen Lebens:

► **Bewegungsänderungen von Körpern können erreicht werden, wenn zwei Körper wechselseitig aufeinander einwirken. Dabei wirkt auf jeden Körper eine Kraft. Beide Kräfte haben entgegengesetzte Richtungen.**

Bei Bewegungsänderungen im täglichen Leben ist oft nur die Bewegungsänderung eines der beteiligten Körper bedeutsam. Deshalb wird auch nur die auf diesen Körper wirkende Kraft berücksichtigt. So sagen wir z. B.: Auf den Fußball wirkt eine Kraft, er verändert seine Bewegung. Die Kraft, die dabei vom Fußball auf den Fußballspieler wirkt, wird nicht berücksichtigt. ①

Kräfte bei der Änderung der Form von Körpern

Im folgenden betrachten wir jeweils einen Körper, der z. B. auf einem Tisch liegt, an einem Haken hängt, in einem Schraubstock befestigt ist, der also an einer Bewegungsänderung gehindert wird. Welche Wirkungen sind zu beachten, wenn dieser Körper und ein anderer Körper wechselseitig aufeinander einwirken?

- 9
 Auf dem Tisch liegt ein Gummiball. Wir drücken mit der flachen Hand auf den Ball (Bild 31/1). Wir beobachten: Die Hand und der Ball wirken wechselseitig aufeinander ein. Die Kraft, die auf den Ball wirkt, verändert die Form des Balls. Die Kraft, die vom Ball auf die Hand wirkt, wird nicht berücksichtigt.

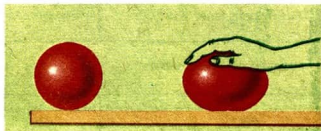


Bild 31/1

Auch beim Dehnen einer Feder, beim Biegen eines Drahtes, beim Spannen eines Bogens beobachten wir Änderungen der Form der Körper. Sind die dabei auftretenden Kräfte zu groß, so kann es zu einer Zerstörung der Feder, des Drahtes oder des Bogens führen.




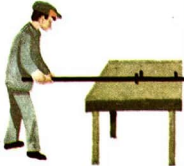

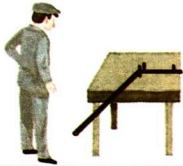



Wir folgern: Formänderungen von Körpern können erreicht werden, wenn zwei Körper wechselseitig aufeinander einwirken und wenn einer der Körper an einer Bewegungsänderung gehindert wird. Zwischen den Körpern wirken Kräfte.

Elastische und plastische Formänderungen. Bei der Formänderung von Körpern gibt es zwei Möglichkeiten.

Zustand vor der Einwirkung einer Kraft	Zustand während der Einwirkung einer Kraft	Zustand nach der Einwirkung einer Kraft
Spannen eines Bogens		

- ① Gib für folgende Vorgänge an, welche Körper wechselseitig aufeinander einwirken und welche Veränderungen bei einem der Körper oder bei beiden Körpern auftreten!
- Kugelstoßen durch eine Sportlerin,
 - Abstoßen eines Bootes vom Bootssteg durch einen Ruderer,
 - Abspringen aus dem Boot ans Ufer.

Solange die Hand des Schützen an der Bogensehne zieht, bleibt der Bogen gespannt. Läßt er die Bogensehne los, dann geht der Bogen in seine alte Form zurück (Bild 31/2). Das gleiche können wir beim Spannen einer Feder beobachten (Bild 32/1 oben). Formänderungen, bei denen der Körper nach dem Einwirken der Kraft in seine alte Form zurückgeht, nennt man *elastische Formänderungen*.

Zustand vor der Einwirkung einer Kraft	Zustand während der Einwirkung einer Kraft	Zustand nach der Einwirkung einer Kraft
Spannen eines Expanders		
		
Biegen von Rundeisen		
		
Schmieden von Flacheisen		
		

Beim Biegen von Rundeisen und beim Schmieden von Eisen behält der Körper nach der Einwirkung der Kraft seine neue Form (Bild 32/1 Mitte und unten).

Bleibende Formänderungen nennt man *plastische Formänderungen*.

①

Der Mensch nutzt diese Erkenntnisse vielseitig aus, so z. B. beim Pressen von Karosserieteilen eines Autos. Dazu ist es erforderlich, daß Kräfte auch gemessen werden.

Zusammenfassung

Bewegungs- oder Formänderungen von Körpern können erreicht werden, wenn zwei Körper wechselseitig aufeinander einwirken. Dabei wirkt auf jeden Körper eine Kraft. Oft wird nur eine dieser Kräfte berücksichtigt. Wird ein solches wechselseitiges Einwirken von Körpern unter gleichen Bedingungen wiederholt, so treten immer die gleichen Bewegungs- und Formänderungen sowie die gleichen Kräfte auf. Das gilt für alle Bewegungs- und Formänderungen von Körpern auf der Erde und im Weltall.

Die physikalische Größe Kraft

Bedeutung. Die Kraft gibt an, wie stark ein Körper auf einen anderen Körper einwirkt. Durch Kräfte können Bewegungs- oder Formänderungen von Körpern erreicht werden.

Formelzeichen. Das Formelzeichen für die Kraft ist F .

Einheit. Die Einheit der Kraft ist *ein Newton* (1 N). Sie wurde zu Ehren des englischen Physikers Isaac Newton (Bild 33/1) (gesprochen njuton) gewählt. Die Kraft 1 N ist annähernd so groß wie die Kraft, mit der ein Körper von 100 g an einer Feder zieht (Bild 33/2). Vielfache der Einheit Newton sind ein Kilonewton (1 kN) und ein Meganewton (1 MN). Es gelten folgende Beziehungen:

$$1 \text{ MN} = 1\,000\,000 \text{ N}$$

$$4,8 \text{ MN} = 4\,800\,000 \text{ N}$$

$$1 \text{ kN} = 1\,000 \text{ N}$$

$$7,2 \text{ kN} = 7\,200 \text{ N}$$

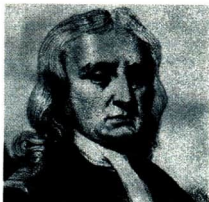


Bild 33/1
Isaac Newton (1643 bis 1727)

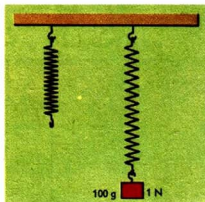
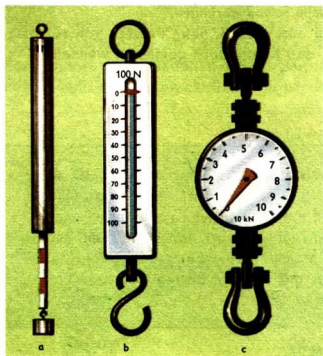


Bild 33/2

- ① Nenne drei Beispiele für plastische und drei Beispiele für elastische Formänderungen von Körpern!
- ② Weshalb kann ein Gummiband nicht straff gespannt werden, wenn man nur an einem Ende zieht, während das andere Ende frei hängt?



Meßgerät. Das Meßgerät zum Messen der Kraft heißt *Federkraftmesser*. Ein Federkraftmesser enthält außer der Feder noch eine Skala sowie Vorrichtungen zum Aufhängen (Bild 34/1). Beim Messen wird die elastische Formänderung einer Feder durch eine Kraft ausgenutzt. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der auf die Feder wirkenden Kraft und der Längenänderung der Feder?

Bild 34/1
Meßbereich a) bis 10 N, b) bis 100 N,
c) bis 10 kN

10
▼ An eine Feder werden nacheinander Körper von 100 g angehängt. Damit wirken an der Feder Kräfte von 1 N, 2 N ... Die jeweilige Längenänderung der Feder wird gemessen (Bild 34/2).

Die Ergebnisse dieses Experiments sind in einer Meßwerttabelle festgehalten und in einem Längenänderung-Kraft-Diagramm (Bild 34/3) dargestellt. Alle Meßwertpaare liegen auf einer Geraden, die durch den Nullpunkt geht. ①

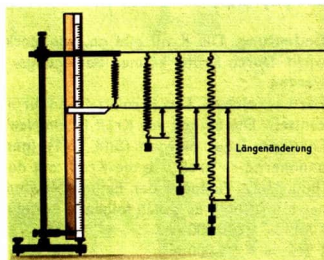
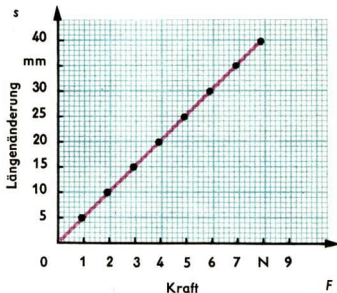


Bild 34/2
Experimentieranordnung

Meßwerttabelle

Kraft F in N	Längenänderung s in mm
1	5
2	10
3	15
4	20
8	40

Bild 34/3 Längenänderung-Kraft-Diagramm



Wiederholt man das Experiment mit der gleichen Feder, so erhält man die gleichen Ergebnisse. Führt man das Experiment mit einer anderen Feder durch, so können bei gleichen Kräften andere Längenänderungen gemessen werden. Aber bei all diesen Experimenten stellt man fest:

Verdoppelt man die auf eine Feder wirkende Kraft, so verdoppelt sich auch die Längenänderung der Feder. Verdreifacht man die Kraft, so verdreifacht sich die Längenänderung.

Wird die Feder durch eine zu große Kraft gedehnt, so verformt sie sich plastisch. Deshalb ist es notwendig, für jeden Federkraftmesser einen Meßbereich anzugeben und bei der Messung zu beachten (Bild 34/1). ② ③

- 11 ▼ Stelle einen Federkraftmesser her, indem du für eine Feder eine Skale festlegst! Bestimme die Kraft, mit der die Krampe aus Kupfer an der Feder zieht (Bild 35/1)!

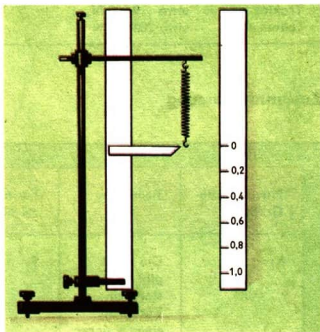


Bild 35/1

- ① Vergleiche die Längenänderungen einer Feder, wenn an dieser Feder eine dreifache, sechsfache oder achtfache Kraft wirkt!
- ② Eine Feder verändert ihre Länge um 7 mm, wenn eine Kraft von 2 N wirkt. Berechne die Veränderung der Feder für eine 2-, 4-, 6-, 8- und 10fache Kraft! Stelle den Zusammenhang in einem Diagramm dar! Lies aus dem Diagramm die Längenänderung der Feder für 10 N und 14 N ab!
- ③ Ein Körper zieht mit einer Kraft von 15 N an einer Feder und verlängert diese um 2 cm. Welche Kraft muß wirken, damit die Feder um 6 cm verlängert wird?
- ④ Bestimme aus dem Diagramm (Bild 35/2):
 - a) Welche Kraft ruft eine Verlängerung der Feder um 1,2 cm hervor?
 - b) Um wieviel Zentimeter wird die Feder verlängert, wenn eine Kraft von 220 N wirkt?

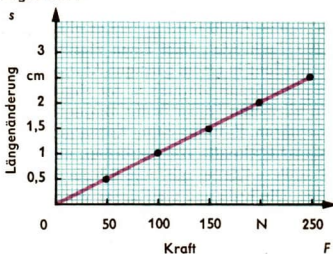


Bild 35/2
Längenänderung-Kraft-Diagramm

Kräfte in Natur und Technik	
Kräfte beim Heben	
Sportler	1 000 N bis 2 500 N
Hubschrauber bei Montagearbeiten	360 000 N bis 500 000 N
Turmdrehkran	120 000 N bis 1 200 000 N
Kräfte beim Ziehen	
Pferd	etwa 400 N bis 750 N
Traktor	etwa 9 000 N
Lokomotive	etwa 200 000 N

Zusammenfassung

Physikalische Größe	Bedeutung	Formel - zeichen	Einheit	Meßgerät
Kraft	Die Kraft gibt an, wie stark ein Körper auf einen anderen einwirkt.	F	Newton (1N)	Federkraft-messer

Kräfte zwischen sich nicht berührenden Körpern

Zunächst betrachten wir folgende Vorgänge:

Ein Maniperm-Haftplättchen nähert man einer Maniperm-Hafttafel. Von einem bestimmten Abstand an springt es allein an die Tafel. Kleine Papierstückchen legt man auf den Tisch. Man reibt einen Plaststab kräftig mit einem Tuch und bewegt diesen anschließend in einem geringen Abstand über die Papierstückchen. Diese richten sich auf. Einen Körper hält man in der Hand und läßt ihn los. Er fällt zur Erde.

In all diesen Fällen finden Bewegungsänderungen statt, obwohl sich die Körper nicht berühren. Es treten dabei Kräfte auf. ^②

Gewichtskraft. Wir betrachten nur Körper, die sich in der Nähe der Erde befinden. Für diese Körper gilt: Alle Körper fallen zur Erde, wenn sie nicht daran gehindert werden. Die Erde und die Körper wirken wechselseitig aufeinander ein. Die Kraft, mit der die Erde auf den Körper wirkt, gibt annähernd die **Gewichtskraft** an. Für sie wurde das Formelzeichen F_G festgelegt. Die Gewichtskraft ist stets zur Erde gerichtet.

Die Kraft, mit der der Körper auf die Erde wirkt, wird nicht berücksichtigt, da ihre Wirkung gering ist.

Wenn ein Körper auf einer Unterlage liegt oder an einem Haken hängt, fällt er nicht, obwohl auf den Körper die Gewichtskraft wirkt. Der Körper drückt auf seine Unterlage oder zieht an seiner Aufhängung, es treten Formänderungen auf. Beispielsweise sehen wir, daß Bücher in einem Schrank die Auflegebretter durchbiegen (Bild 37/1). Durch die Kübel werden die Tragsäule einer Seilbahnanlage verformt (Bild 37/2).

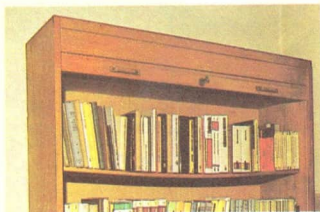


Bild 37/1

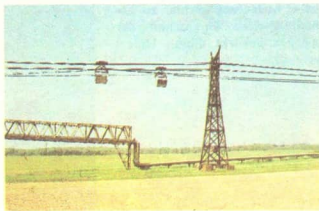


Bild 37/2

Die Gewichtskraft ist annähernd die Kraft, mit der ein Körper von der Erde angezogen wird.

Auf den gleichen Körper wirkt am gleichen Ort der Erde stets die gleiche Gewichtskraft. Die Gewichtskraft, die auf einen Körper von 1 kg wirkt, ist auf der Erdoberfläche annähernd 10 N. Entfernt man den Körper von der Erdoberfläche, so stellt man fest: die Gewichtskraft des Körpers nimmt ab, der Körper wird aber nicht gewichtslos.



Häufig lesen wir in Berichten über Raumflüge, daß die Kosmonauten während des Fluges um die Erde „schwerelos“ sind, daß losgelassene Gegenstände in der Kabine nicht auf den Boden fallen, sondern schweben. Unsere Kenntnisse reichen zur Erklärung dieses Zustandes noch nicht aus (Bild 37/3).

Bild 37/3 Sigmund Jähn, der erste Kosmonaut der DDR, beim Transport von Filmkassetten in der Schwerelosigkeit, während seines Fluges im Jahre 1978.

- ① Nenne einige Beispiele aus dem Werkunterricht für die Formänderung von Körpern!
- ② Zwischen welchen Körpern wirken Kräfte, ohne daß sich die Körper berühren?
- ③ Nenne Beispiele für Formänderungen durch die Gewichtskraft!
- ④ Ein Sportler turnt am Reck. Erkläre, warum dabei die Reckstange durchgebogen wird!

Der Arbeiter in einer Kaufhalle muß große Muskelkraft aufwenden, um den voll beladenen Wagen in Bewegung zu setzen. Wenn dieser erst einmal rollt, ist er bedeutend leichter zu ziehen. Welche Eigenschaft der Körper bewirkt diesen Unterschied?



Die Trägheit von Körpern

Um eine Bewegungsänderung eines Körpers zu erreichen, muß auf den Körper eine Kraft wirken. Der im Bild 38/1 dargestellte Wagen setzt einer Änderung seiner Bewegung einen großen Widerstand entgegen. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Bewegungsänderung und dem Widerstand des Wagens?

- 12 Auf einer Ebene befindet sich ein kleiner, unbeladener Wagen (Bild 38/2). An die Schnur wird ein Hakenkörper gehängt, der durch die Gewichtskraft den Wagen in Bewegung setzt. Es wird der Weg gemessen, den der Wagen in der ersten Sekunde zurücklegt. Nun wird der Wagen erst mit einem, dann mit drei Körpern beladen. Der Wagen wird durch das Beladen schwerer. Es werden erneut die Wege gemessen, die der Wagen jeweils in der ersten Sekunde zurücklegt.

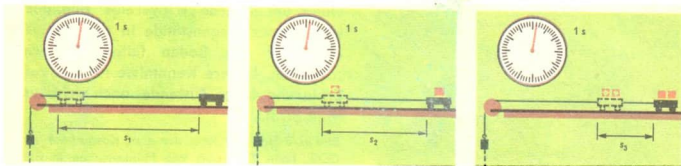


Bild 38/2

Wir stellen fest: Der noch unbeladene Wagen legt in der ersten Sekunde den größten Weg zurück. Je schwerer der Wagen ist, desto kürzer ist der in der ersten Sekunde zurückgelegte Weg.

Wir schließen daraus: Der unbeladene Wagen setzt einer Bewegungsänderung den geringsten Widerstand entgegen, der schwerste den größten. Hält man den rollenden

Wagen an, so spürt man, daß er auch dieser Bewegungsänderung einen Widerstand entgegensetzt. Diese Eigenschaft, Bewegungsänderungen einen Widerstand entgegen zu setzen, tritt bei allen Körpern auf. Sie wird als **Trägheit** der Körper bezeichnet.

Als **Trägheit** bezeichnet man die Eigenschaft eines Körpers, einer Bewegungsänderung einen Widerstand entgegenzusetzen. Die Trägheit eines Körpers ist um so größer, je schwerer dieser ist.

- Wird ein Schlitten mit einem Kind angeschoben oder gebremst, so benötigt man weniger Kraft, als wenn ein Erwachsener auf dem Schlitten sitzt. Der Schlitten mit dem Erwachsenen hat die größere Trägheit. ①

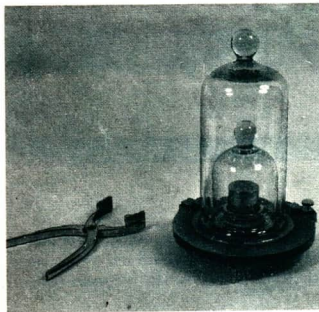
Die physikalische Größe Masse

Wir kennen bereits aus dem Mathematikunterricht die Masse und ihre Einheiten Kilogramm und Gramm. Zum Ermitteln der Masse werden Waagen benutzt. Mit ihnen werden die Massen verschiedener Körper verglichen.

Bedeutung. Im vorangegangenen Abschnitt haben wir die Trägheit als eine Eigenschaft der Körper kennengelernt.

Die Masse eines Körpers gibt an, wie träge dieser ist.

Je schwerer ein Körper ist, desto größer ist seine Trägheit.



Formelzeichen. Das Formelzeichen für die Masse ist m .

Einheit. Die Einheit der Masse ist ein Kilogramm (1 kg).

Ein Kilogramm ist festgelegt als die Masse eines Platin-Iridium-Zylinders, der in Paris aufbewahrt wird (Bild 39/1). Jedes Land hat eine Nachbildung dieses Körpers, damit in jedem Land Wägestücke hergestellt werden können.

Bild 39/1
Zylinder aus Platin-Iridium mit der Masse 1 kg.
Die Glasglocken schützen ihn vor Feuchtigkeit.

- ① Nenne drei Beispiele, bei denen du die Trägheit der Körper beobachten kannst!

Masse eines Körpers			
Körper	Masse	Körper	Masse
Tischtennisball	2 g	Mauerziegel	2,250 kg
Tennisball	60 g	10-l-Eimer mit Wasser	etwa 10 kg
Fußball	430 g		
große, gefüllte Brauseflasche	880 g		

Eine weitere Einheit für die Masse ist eine Tonne (1 t).

Teile der Einheiten sind eine Dezitonne, ein Gramm und ein-Milligramm.

Es gelten folgende Beziehungen:

1 t = 10 dt	12 t = 120 dt
1 dt = 100 kg	3,4 dt = 340 kg
1 kg = 1 000 g	0,7 kg = 700 g
1 g = 1 000 mg	0,05 g = 50 mg

Meßgerät. Als Meßgerät zur Bestimmung der Masse eines Körpers werden *Waagen* benutzt.

Zusammenfassung

Physikalische Größe	Bedeutung	Formelzeichen	Einheit	Meßgerät
Masse	Die Masse eines Körpers gibt an, wie träge dieser ist.	<i>m</i>	Kilogramm (1 kg)	Waage

Das Messen der Masse von Körpern

Das Messen der Masse eines Körpers erfolgt bei den verschiedenen Waagen auf unterschiedliche Weise. Bei den *Balkenwaagen* (Bild 41/1) wird ein Vergleich der Masse eines Körpers mit der Masse von Wägestücken durchgeführt. Dazu ist ein *Wägesatz* (Bilder 41/2 und 41/3) erforderlich.

Bei anderen Waagen, z. B. bei der *Briefwaage* (Bild 41/4), entfällt der Wägesatz. Die Masse des Körpers wird an einer Skale abgelesen.

In den verschiedenen Bereichen des täglichen Lebens werden unterschiedliche Waagen benutzt. Einige sind auf den Bildern 42/1 und 42/2 dargestellt.

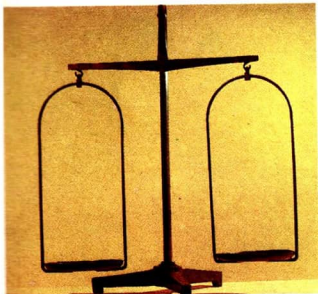


Bild 41/1
Balkenwaage



Bild 41/2
Wägesatz

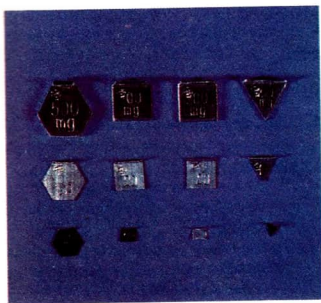


Bild 41/3
Bruchgrammwägestücke

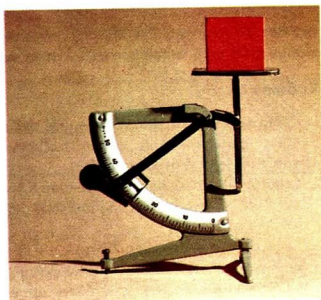


Bild 41/4
Briefwaage (Meßbereich bis 50 g)

Jede Waage hat einen bestimmten Meßbereich, der bei der Auswahl der Waage beachtet werden muß.

- ① Ordne in einer Tabelle die auf den Seiten 41 und 42 abgebildeten Waagen nach ihrem Meßbereich! Beginne mit dem kleinsten Meßbereich! Ergänze diese Übersicht durch Waagen, die dir außerdem bekannt sind!
- ② Du sollst die Masse einer Schraube, eines Sackes Kartoffeln, eines Brotes, eines Briefes, einer Tüte Mehl und eines Apfels bestimmen! Schätze zunächst die Masse der Körper! Gib an, welche Waagen du jeweils benutzen würdest!
- ③ Bei einigen abgepackten Waren sind auf den Packungen besondere Angaben über die Masse der Ware vorhanden.
So steht z. B. auf einer Packung Knäckebrot $257 \text{ g} \pm 10 \text{ g}$.
Was bedeutet diese Angabe?



Bild 42/1 Moderne Waage für Lebensmittel
(Meßbereich bis 3 kg)



Bild 42/2 Personenwaage beim Schularzt
(Meßbereich bis 125 kg)

Bei der Bestimmung der Masse eines Körpers mit der Balkenwaage und mit der Briefwaage muß man in folgenden Schritten vorgehen:

Balkenwaage

1. Prüfe die Nulllage der Waage und stelle diese gegebenenfalls durch Auflegen von Ausgleichkörpern her!
2. Schätze die Masse des zu wägenden Körpers und prüfe, ob der Meßbereich der Waage ausreicht!
3. Lege den zu wägenden Körper auf die eine Seite der Waage und so viele Wägestücke auf die andere Seite der Waage, bis der Zeiger wieder die Nulllage anzeigt!
4. Bilde die Summe der Massen der Wägestücke! Sie ist ebenso groß wie die Masse des Körpers.

Briefwaage

1. Prüfe die Nulllage der Waage und stelle diese gegebenenfalls mittels der Stell-schraube her!
2. Schätze die Masse des zu wägenden Körpers und stelle den entsprechenden Meßbereich ein!
3. Lege den zu wägenden Körper auf die Waagschale und lies auf der Skale die Masse des Körpers ab!

- 13  Bestimme jeweils die Masse der Krampe aus Stahl, aus Aluminium und aus Kupfer mit einer Briefwaage oder mit einer Balkenwaage!

Masse eines Körpers und Gewichtskraft

Masse und Gewichtskraft sind zwei verschiedene physikalische Größen. Zwischen der Masse eines Körpers und der auf ihn wirkenden Gewichtskraft besteht folgender Zusammenhang: Auf einen Körper mit einer Masse von 100 g wirkt auf der Erdoberfläche eine Gewichtskraft von etwa 1 N. Auf Körper mit der doppelten, dreifachen oder vierfachen Masse wirkt eine doppelte, dreifache oder vierfache Gewichtskraft. Diesen

Zusammenhang haben wir bereits bei Experimenten mit einer Schraubenfeder (↗ S. 34) ausgenutzt.

Zwischen der Masse eines Körpers und der auf ihn wirkenden Gewichtskraft bestehen folgende Unterschiede:

Physikalische Größe	Masse	Gewichtskraft
Bedeutung	Die Masse ist eine Eigenschaft aller Körper. Sie gibt an, wie träge der Körper ist. Die Masse eines Körpers ist an allen Orten der Erde gleich.	Die Gewichtskraft ist annähernd die Kraft, mit der ein Körper von der Erde angezogen wird. Die Gewichtskraft ist abhängig von dem Ort, an dem sich der Körper befindet.
Formelzeichen	m	F_G
Einheit	Kilogramm (1 kg)	Newton (1 N)
Meßgerät	Waage	Federkraftmesser

- ① Welche Wägestücke hast du auf die Waagschale gelegt, wenn du die Masse des zu wägenden Körpers mit 125 g, 380 g, 430 g bestimmt hast?
- ② Beschreibe, wie du die Masse von 100 ml Wasser mit der Briefwaage bestimmen kannst!
- ③ Auf dem Tisch liegen drei äußerlich gleiche Kugeln, von denen bekannt ist, daß zwei die gleiche Masse haben, die dritte Kugel aber eine kleinere Masse als eine der beiden anderen hat. 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 43/1

- ④ Stelle nach Bild 43/1 eine einfache Schalenwaage her! Benutze dazu eine Holzleiste, dicken und dünnen Draht, zwei Dosendeckel und Schnur!
- ⑤ Bestimme mit der selbsthergestellten Waage aus Aufgabe 4 die Masse von einem Nagel und einer Schraube!
Benutze als Wägestück 10-Pfennig-Stücke, die jeweils eine Masse von 1,5 g haben!
- ⑥ Notiere die Angaben über die Masse der Ware, die auf folgenden abgepackten Waren stehen: Tüte Zucker, Glas Marmelade, Stück Seife!
Überlege, was jeweils durch die Angabe über die Masse der Ware ausgesagt wird!

Gebäude werden auf Fundamenten gebaut. Die Art und Größe der Fundamente richtet sich unter anderem nach der Masse des Gebäudes und dem Untergrund. Wie kann man die Masse von Gebäuden vor deren Bau annähernd bestimmen, obwohl eine Wägung nicht möglich ist?



Zusammenhang zwischen der Masse und dem Volumen von Körpern

Wir vergleichen Körper aus verschiedenen Stoffen.

Aus unserer Erfahrung (Bild 44/2) und aus den im Bild 44/3 dargestellten Wägungen schließen wir:

- Körper mit gleicher Masse können unterschiedliche Volumina haben.
- Körper mit gleichem Volumen können unterschiedliche Massen haben.

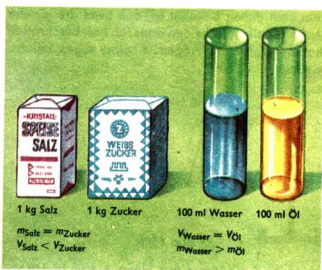


Bild 44/2

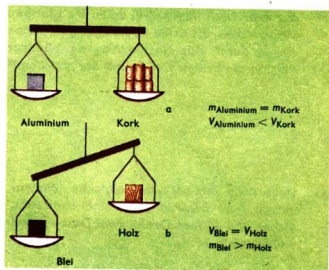


Bild 44/3

Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem Volumen und der Masse von Körpern aus gleichen Stoffen?

In einem Experiment wurden Volumen und Masse einiger Körper aus Stahl und aus Aluminium bestimmt.

Meßwerttabelle

Stoff	V in cm ³	m in g
Aluminium	20	54
	40	108
	60	162
	80	216
	100	270

Stoff	V in cm ³	m in g
Stahl	20	157
	40	314
	60	471
	80	628
	100	785

Wir stellen fest: Bestehen Körper aus *gleichem* Stoff, so haben Körper mit einem doppelten Volumen auch die doppelte Masse, Körper mit einem dreifachen Volumen auch die dreifache Masse.

Haben die Körper aus Aluminium und aus Stahl gleiches Volumen, so ist die Masse der Körper aus Stahl immer größer als die Masse der Körper aus Aluminium.

Die Masse von 1 cm³ Aluminium beträgt 270 g : 100 = 2,70 g und die Masse von 1 cm³ Stahl beträgt 785 g : 100 = 7,85 g. Für jeweils 1 cm³ eines jeden Stoffes erhält man für die Masse einen bestimmten Zahlenwert. Das ist eine Angabe, die den Stoff kennzeichnet.

Die physikalische Größe Dichte

Bedeutung. Die Dichte kennzeichnet den Stoff, aus dem der Körper besteht. Man berechnet die Dichte als Quotient aus Masse und Volumen eines Körpers.

$$\text{Dichte eines Stoffes} = \frac{\text{Masse des Körpers}}{\text{Volumen des Körpers}}$$

Formelzeichen. Das Formelzeichen der Dichte ist der griechische Buchstabe ρ (gesprochen rho). Damit lautet die Gleichung $\rho = \frac{m}{V}$.

Einheit. Die Einheit der Dichte erhält man, wenn die Masse in Kilogramm (kg) und das Volumen in Kubikmeter (m³) angegeben werden. Die Einheit der Dichte ist *ein Kilogramm je Kubikmeter* $\left(1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$.

-
- ① Ein Körper aus Blei hat ein doppelt so großes Volumen wie ein anderer Körper aus Blei. Was kannst du über die Masse beider Körper aussagen?
 - ② Von zwei Körpern mit gleichem Volumen besteht der eine aus Holz und der andere aus Stein. Welcher Körper hat die größere Masse?
 - ③ Die Massen von drei Körpern aus Eisen betragen $m_1 = 500 \text{ g}$, $m_2 = 250 \text{ g}$, $m_3 = 1000 \text{ g}$.
 - a) Vergleiche die Massen der drei Körper!
 - b) Das Volumen des ersten Körpers ist $V_1 = 64 \text{ cm}^3$. Wie groß ist dann das Volumen des zweiten Körpers?

Eine andere gebräuchliche Einheit ist ein Gramm je Kubikzentimeter $\left(1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)$.

Es gelten folgende Beziehungen:

$$1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,001 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$9500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 9,500 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$7,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 7900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Die Angabe „Die Dichte von Glas beträgt $2,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ “ bedeutet:

1 cm^3 Glas hat eine Masse von 2,5 g (Bild 46/1).






	Holz	Aluminium	Stahl	Platin	Glas
1 cm^3					
hat die Masse	0,7 g	2,7 g	7,8 g	21,4 g	2,5 g
Dichte	$0,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	$2,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	$7,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	$21,4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	$2,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

Bild 46/1

Die Dichten der verschiedenen Stoffe wurden experimentell bestimmt und in Tabellen zusammengestellt.

Dichte einiger Stoffe

Stoff	Dichte in $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	Stoff	Dichte in $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
Metalle		Baustoffe	
Aluminium	2,7	Beton	1,9 bis 2,8
Blei	11,3	Glas	2,4 bis 2,6
Gold	19,3	Hartholz	1,2 bis 1,4
Messing	8,2 bis 8,7	Sand	1,6 bis 2,1
Stahl	<u>7,8</u>	Schaumstoff	0,015
Flüssigkeiten		Gase	
Benzin	0,7	Erdgas	0,0007 bis 0,0013
Quecksilber	13,6	Kohlendioxid	0,00198
Schmieröl	0,9	Luft	0,00129
Wasser	1	Sauerstoff	0,00143

Für Stoffe mit veränderlichem Mischungsverhältnis, z. B. Beton (Kies – Zement), und für manche Gruppen von Stoffen, z. B. Holz, ist nicht nur ein Zahlenwert für die Dichte angegeben, sondern eine Angabe von ... bis.

Zusammenfassung

Physikalische Größe	Bedeutung	Formelzeichen	Einheit	Meßverfahren
Dichte	Die Dichte kennzeichnet den Stoff, aus dem der Körper besteht. Die Dichte wird berechnet als Quotient aus der Masse und dem Volumen des Körpers.	ρ	Kilogramm je Kubikmeter $\left(1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$ Gramm je Kubikzentimeter $\left(1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)$	Bestimmung der Masse und des Volumens des Körpers; Berechnung der Dichte nach $\rho = \frac{m}{V}$

Anwendungen zur Dichte

Die Art des Stoffes wird heute kaum noch mit Hilfe der Dichte bestimmt. Dafür gibt es andere Verfahren. Soll aber z. B. entschieden werden, ob ein Körper vollständig aus einem bekannten Stoff besteht, so kann man durch Berechnung der Dichte und einem Vergleich mit dem Tabellenwert schnell eine Entscheidung treffen.

- 30 cm³ Kupfer haben eine Masse von 267 g. Berechne die Masse von 10 cm³, 15 cm³, 40 cm³ und 60 cm³ Kupfer!
- Gegeben sind drei Körper A, B, C unterschiedlicher Form und verschiedener Stoffe, die aber alle das gleiche Volumen besitzen (Bild 47/1). Es soll festgestellt werden, welcher Körper aus dem Stoff mit der größten und welcher aus dem Stoff mit der kleinsten Dichte besteht. Als Hilfsmittel steht nur eine Schalenwaage ohne Wägesatz zur Verfügung. Beschreibe, wie du vorgehen würdest!



Bild 47/1

- Warum sind beim Wägesatz die größeren Wägestücke aus Messing oder Stahl, die kleineren aber aus Aluminium?

■ Berechnung der Dichte

Es wird erzählt, daß Archimedes von König Hieron den Auftrag erhielt festzustellen, ob die für den König angefertigte Krone aus reinem Gold besteht. Die Krone hatte eine Masse von 9000 g und ein Volumen von 500 cm³. Löse mit Hilfe deiner Kenntnisse über die Dichte den Auftrag!



Gesucht: Dichte des Stoffes,
aus dem die Krone besteht.

Gegeben: $m = 9000 \text{ g}$
 $V = 500 \text{ cm}^3$

Lösung: Es muß die Dichte des Stoffes berechnet werden, aus dem die Krone besteht, und mit der Dichte von Gold verglichen werden.

$$\rho_{\text{Krone}} = \frac{m}{V}$$

$$\rho_{\text{Krone}} = \frac{9000 \text{ g}}{500 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_{\text{Krone}} = 18 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho_{\text{Gold}} = 19,3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$18 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} < 19,3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\underline{\underline{\rho_{\text{Krone}} < \rho_{\text{Gold}}}}$$

Ergebnis: Die Krone kann nicht aus reinem Gold bestehen.

Die Kenntnis der Dichte eines Stoffes ist für die Praxis oft wichtig. Aus dem Volumen eines Körpers und der Dichte des Stoffes kann die Masse des Körpers ermittelt werden. Damit können wir auch die Frage, die beim Bild 44/1 gestellt wurde, beantworten: Die Architekten können anhand der Bauzeichnungen das Volumen einzelner Bauelemente (Wände, Stahlträger u. a.) berechnen.

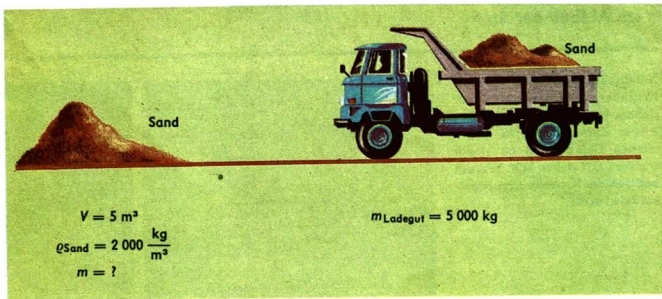
Die Masse wird nun aus dem errechneten Volumen und der Dichte der jeweiligen Baustoffe berechnet.

Ähnlich kann man beim Beladen eines LKW vorgehen, wenn die höchste zulässige Gesamtmasse des Ladegutes vorgegeben ist. Der LKW-Fahrer weiß beim Beladen des LKW, ob er den LKW vollständig beladen darf oder ob schon bei einer Teilladung die zulässige Gesamtmasse erreicht wird.

■ Berechnung der Masse

Die zulässige Masse des Ladegutes eines LKW W50 beträgt 5000 kg. Es müssen 5 m³ Sand abgefahren werden. Wie oft muß der LKW fahren? Die Dichte des Sandes be-

trägt $2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.



Gesucht: m_{Sand} (in kg)

Gegeben: $V_{\text{Sand}} = 5 \text{ m}^3$

$$\rho_{\text{Sand}} = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_{\text{Ladegut}} = 5000 \text{ kg}$$

Lösung: Es muß die Masse von 5 m^3 Sand bestimmt und mit der zulässigen Masse des Ladegutes des LKW verglichen werden.

1 m^3 Sand hat eine Masse von 2000 kg .

5 m^3 Sand haben dann die fünffache Masse, also $5 \cdot 2000 \text{ kg} = 10000 \text{ kg}$.

Die Masse des Sandes ist doppelt so groß wie die zulässige Masse des Ladegutes des LKW.

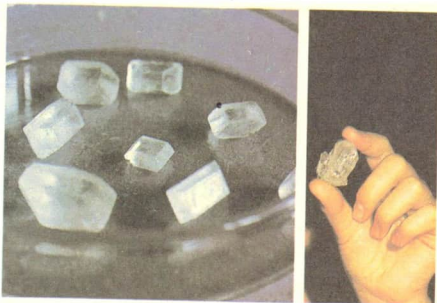
Ergebnis: Der LKW muß zweimal fahren, um 5 m^3 Sand zu transportieren. ① ② ③ ④

- Die Masse eines Werkstückes aus Stahl beträgt 300 g . Sein Volumen wurde zu 40 cm^3 bestimmt. Besteht das Werkstück vollständig aus Stahl oder befindet sich in ihm ein nicht beabsichtigter Hohlraum?
- ② Wie groß ist die Masse des Benzins, das in einem Tankfahrzeug mit einem Fassungsvermögen von 8000 l ($1 \text{ l} = 1000 \text{ cm}^3$) transportiert wird?
- ③ Ein Fundament von 32 m^3 soll mit Beton ausgegossen werden.

Wie groß ist die Masse des erforderlichen Betons? Nimm als Dichte des Betons $2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$!

- ④ Gib in je ein Glas mit Wasser folgende Körper: einen Nagel, einen Korken, ein Stück Holz, ein Stück Papier, einen Tropfen Öl!
Beobachte das Verhalten der Körper im Wasser!
Vergleiche die Dichte der Stoffe, aus denen die Körper bestehen, mit der Dichte des Wassers!
Welche Schlußfolgerung kannst du ziehen?

Kandiszucker besteht aus großen Kristallen. Solche Kristalle entstehen, wenn man eine konzentrierte Zuckerlösung in einem offenen Gefäß ruhig an einem warmen Ort stehen läßt. Warum besitzen die Kristalle eine regelmäßige Form?



Auf den Seiten 9 und 10 wurden wichtige Eigenschaften von festen Körpern, Flüssigkeiten und Gasen beschrieben. Für das zum Teil gleiche und zum Teil unterschiedliche Verhalten der Körper muß es Ursachen geben. Wir wollen herausfinden, warum sich die Körper in bestimmter Weise verhalten. Dazu ist es notwendig, den Aufbau der Stoffe zu untersuchen.

Teilbarkeit der Stoffe



Bild 50/2
Gas (Luft in der Flasche). Es läßt sich nichts über den Aufbau der Luft erkennen.

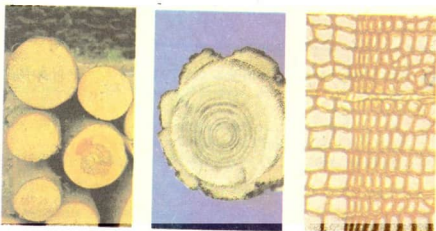


Bild 50/3
Fester Körper (Holz). a) Betrachtet aus größerer Entfernung, b) aus der Nähe, c) unter einem Mikroskop

Wir wollen zunächst einige Stoffe betrachten. Dazu wählen wir ein Gas, eine Flüssigkeit und einen festen Körper aus. Wir betrachten die Luft in einer durchsichtigen Flasche (Bild 50/2), Wasser in einem Topf und ein Stück Holz. Beim Holz sind einzelne Fasern

zu unterscheiden (Bild 50/3). Das Wasser erscheint uns als einheitlicher Stoff. Die Luft ist überhaupt nicht zu sehen. ①

Bisher haben wir nur festgestellt, daß Holz einen anderen Aufbau als Wasser und Luft besitzt. Das bloße Betrachten reicht offenbar nicht aus. Man kann mehr über den Aufbau eines Körpers erfahren, wenn man ihn zerteilt! Wir haben schon bei vielen Vorgängen beobachtet, daß sich feste Körper zerteilen lassen.

Getreidekörner werden in Mühlen zu Mehl zermahlen. Im Haushalt werden Kaffeebohnen in Schlagmühlen zerkleinert (Bild 51/1). In der Land- und Forstwirtschaft versprüht man flüssige Dünge- und Schädlingsbekämpfungsmittel (Bild 51/2). Gemeinsam ist all diesen Vorgängen, daß dabei immer kleinere Teile entstehen. ② ③

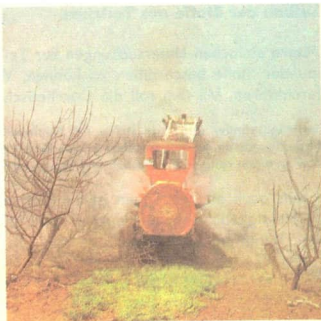


Bild 51/1
Zerteilen von Kaffeebohnen in einer Schlagmühle

Bild 51/2
Versprühen von flüssigen Schädlingsbekämpfungsmitteln

► Feste Körper, Flüssigkeiten und Gase sind zerteilbar.

Außer diesen Verfahren gibt es noch andere Möglichkeiten, Körper zu zerteilen. Man kann z. B. ein Stück Würfelzucker in Tee lösen. Dann verteilt sich der Zucker in der gesamten Flüssigkeit. Man merkt das daran, daß jeder Teetropfen süß schmeckt.

14
▼ Einige Tropfen Ammoniakwasser werden in eine flache Schale gegossen. Nach kurzer Zeit nimmt man im ganzen Klassenraum den stechenden Ammoniakgeruch wahr.

Der Zucker und der Ammoniak wurden in so kleine Teile zerlegt, daß diese überall im Tee bzw. in der Zimmerluft vorhanden sind.

-
- ① Nenne Beispiele für Stoffe, bei denen man durch Betrachten Einzelheiten ihres Aufbaues erkennt!
 - ② Nenne Beispiele für Vorgänge, bei denen Körper in kleinere Teile zerlegt werden!
 - ③ Beschreibe Vorgänge, bei denen Flüssigkeiten zerstäubt werden!

Die zuletzt beschriebenen Verfahren (Lösen, Verdunsten) machen es möglich, die Stoffe in viel feinere Teile zu zerlegen, als das durch Zermahlen, Zerstäuben oder ähnliches möglich ist.

Man könnte annehmen, daß sich die Zerteilung eines Stoffes immer weiter fortsetzen läßt. Doch diese Annahme, so haben die Wissenschaftler festgestellt, ist falsch.

► **Stoffe sind nicht unbegrenzt zerteilbar.**

Aufbau der Stoffe aus Teilchen

Unsere einfachen Untersuchungen zur Teilbarkeit reichen noch nicht aus, um den Aufbau der Stoffe beschreiben zu können. Wir wollen deshalb ein weiteres Experiment durchführen. Mit ihm soll die Durchmischung zweier Flüssigkeiten untersucht werden.

15

▼ Ein Standzylinder wird zur Hälfte mit Kupfersulfatlösung gefüllt. Auf diese Lösung wird vorsichtig Wasser gegossen, so daß zwischen beiden Flüssigkeiten eine scharfe Grenzfläche entsteht. Der Zylinder wird an einen ruhigen Ort gestellt und täglich betrachtet.

Bereits nach einigen Tagen ist die Grenzschicht unscharf. Nach einigen Wochen sind die Flüssigkeiten teilweise durchmischt. Diese Durchmischung, die sich von selbst vollzieht, nennt man **Diffusion**.

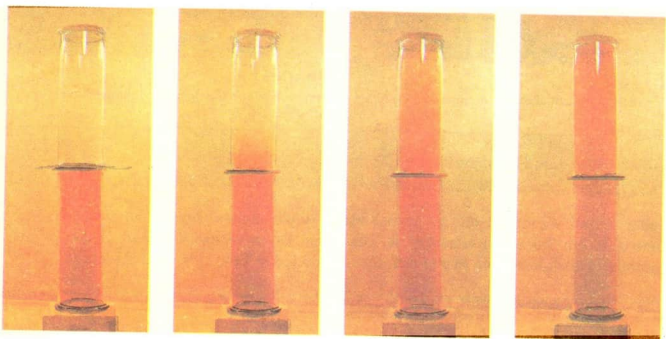


Bild 52/1

Diffusion von Bromdampf und Luft:

- a) zum Versuchsbeginn,
- b) 5 Minuten nach Entfernen der Glasplatte zwischen den Zylindern,
- c) 15 Minuten danach,
- d) 30 Minuten nach Versuchsbeginn.

In Gasen erfolgt diese Durchmischung wesentlich schneller als in Flüssigkeiten. Bild 52/1 zeigt die Diffusion von Bromdampf, einem braunen Gas, und Luft. Bereits nach 30 min

liegt eine weitgehende Durchmischung beider Gase vor. Im Physikunterricht kann dieses Experiment aus Sicherheitsgründen nicht durchgeführt werden. ①

Wie kommt die Diffusion zustande? Man kann diesen Vorgang leicht erklären, wenn man zwei Annahmen macht:

1. Brom und Luft bestehen aus Teilchen.
2. Diese Teilchen bewegen sich ständig.

Als Vergleich sei an eine Rinderherde erinnert, die aus einzelnen Rindern besteht. In ähnlicher Weise besteht ein Gas aus einzelnen Teilchen, die sich bewegen.

Bei einigen Stoffen nennt man diese Teilchen **Atome**, bei anderen **Moleküle**.

Der Vergleich mit der Rinderherde ist nützlich, wenn wir uns den Vorgang der Diffusion vorstellen wollen: Eine Herde brauner und eine Herde gefleckter Rinder weiden auf zwei benachbarten Wiesen. Jetzt wird der sie trennende Weidezaun entfernt. Nach und nach geraten die Tiere beider Herden immer mehr durcheinander. In ähnlicher Weise erfolgt eine Durchmischung der beiden Gase, wenn die trennende Glasplatte herausgezogen wird.

Auch die im vorangegangenen Experiment beobachtete Ausbreitung des Ammoniakgeruches ist auf die Diffusion zurückzuführen.

Die Diffusion spielt sowohl in der Natur als auch in der Technik eine große Rolle. Bei vielen Prozessen erfolgt eine allmähliche, selbständige Durchmischung von verschiedenen Flüssigkeiten bzw. Gasen. ②

Die Richtigkeit unserer Annahmen wollen wir in einem weiteren Experiment überprüfen.

16
Um besser beobachten zu können, verwenden wir ein Mikroskop. Da aber die Atome und Moleküle auch im Mikroskop nicht einzeln sichtbar sind, gehen wir folgendermaßen vor: Wir bringen winzige feste Körper in ein Gefäß mit Luft. Sie sind sehr klein, aber noch so groß, daß wir sie im Mikroskop sehen können.

Um das Prinzip des Experiments besser zu verstehen, stellen wir uns folgendes vor: Wir stehen vor einem großen Ameisenhügel. Wie das wimmelt! Jede Ameise bewegt sich. Treten wir einige Meter zurück, so können wir die einzelnen Ameisen nicht mehr sehen. Wir erkennen nur noch eine braune Masse. Sind die Ameisen noch da? Bewegen sie

-
- ① Beschreibe Durchführung und Ergebnis des Experimentes zur Diffusion anhand der Lehrbuchabbildung!
 - ② Nenne, beschreibe und erkläre Vorgänge, bei denen eine Durchmischung infolge der Diffusion erfolgt!

Denke dabei z. B. an die Atmung und Ernährung von Tieren und Pflanzen!

- ③ Fülle ein Marmeladenglas zur Hälfte mit Wasser, dem du Fruchtsirup beigemischt hast! Schichte darüber vorsichtig Wasser, so daß eine möglichst scharfe Trennfläche entsteht (Bild 53/1)! Bewahre das Gefäß an einem ruhigen Ort auf!
Notiere nach jeweils einer Woche die aufgetretenen Veränderungen!
Erkläre die beobachteten Erscheinungen!



Bild 53/1

sich noch? Um das auf einfache Weise nachprüfen zu können, brauchen wir nicht wieder zum Ameisenhügel hinzugehen. Es ist nur nötig, daß ein Schüler einige kleine Pflanzenblätter vorsichtig auf den Hügel legt. Diese Blätter bleiben nicht ruhig liegen. Sie werden von den Ameisen hin- und herbewegt. Aus der Bewegung dieser Blätter können wir auf das Vorhandensein der Ameisen und ihre Bewegung schließen, obwohl wir die Ameisen selbst nicht sehen (Bild 54/1).



Bild 54/1

Blätter auf einem Ameisenhügel a) Aus geringer Entfernung sieht man sowohl die Ameisen als auch das Blatt. b) Aus 5 Metern Entfernung ist nur noch das Blatt zu erkennen.

In unserem Experiment entsprechen die Moleküle der Luft den Ameisen und die kleinen festen Körper den Blättern.

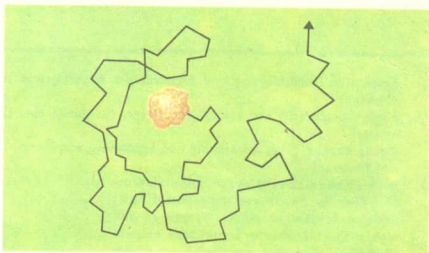
17

Wir bringen in ein kleines Gefäß, in dem sich Luft befindet, etwas Rauch. Rauch besteht aus kleinen Aschekörnchen. Diese beobachten wir im Mikroskop.

Die Aschekörnchen kann man gut sehen, denn sie sind viel größer als die Moleküle der Luft. Sie ruhen nicht! Sie führen ständig unregelmäßige Bewegungen aus, bewegen sich zickzackförmig hin und her (Bild 54/2). Diese Bewegung heißt **Brownsche Bewegung**.

Bild 54/2

Bahn eines Aschekörnchens in Luft bei 500facher Vergrößerung



wegung. Sie wurde zum ersten Male 1827 vom englischen Botaniker Brown beobachtet. Die Aschekörnchen werden ständig von den Luftmolekülen angestoßen. Dadurch bewegen sie sich.

Die Brownsche Bewegung tritt nicht nur in Gasen, sondern auch in Flüssigkeiten auf. Sie bestätigt die Richtigkeit unserer Annahmen vom Aufbau der Stoffe aus Teilchen.

Diffusion und Brownsche Bewegung sind wichtige experimentelle Beweise für den Aufbau der Stoffe aus Teilchen und deren ständiger Bewegung.

Die Auffassung, daß Stoffe aus Atomen bestehen, ist schon sehr alt. Sie wurde bereits vor 2000 Jahren von griechischen Gelehrten vertreten. Diese waren jedoch nicht durch Beobachtungen und Experimente zu dieser Annahme gelangt. Dadurch war sie nicht sicher. In den letzten 100 Jahren haben die Naturwissenschaftler viele Beweise für die Richtigkeit dieser Annahme erbracht.

Alle Stoffe bestehen aus Teilchen. Die Teilchen befinden sich in ständiger Bewegung.

Das gilt nicht nur für flüssige und gasförmige Stoffe, bei denen man sich leicht vorstellen kann, daß die Atome oder Moleküle beweglich sind. Auch in festen Stoffen bewegen sie sich heftig.

Die Teilchen ein und desselben Stoffes sind gleich. So besteht Ammoniak nur aus Ammoniakteilchen. Alle besitzen die gleiche Größe und die gleichen Eigenschaften. Bromdampf besteht aus Bromteilchen. Auch diese gleichen alle einander.

Die Teilchen verschiedener Stoffe unterscheiden sich voneinander. So besitzen z. B. die Ammoniakteilchen und die Bromteilchen unterschiedliche Größe und unterschiedliche Eigenschaften.

Vereinfachte Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe

Die Atome und Moleküle der Stoffe besitzen einen komplizierten Aufbau. Er ist von Stoff zu Stoff verschieden. Für unsere Untersuchungen reicht es aus, wenn wir sie uns ganz einfach aufgebaut vorstellen. Wir können vereinfacht annehmen, daß die Atome

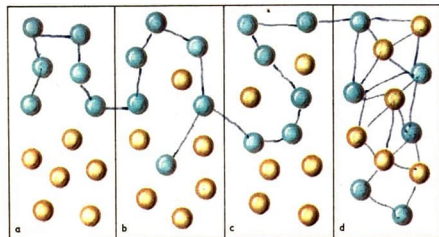


Bild 55/1

Vereinfachte Nachbildung der Vorgänge bei der Diffusion

a) Lage der Brom- und der Luftteilchen zu Versuchsbeginn (entsprechend Bild 52/1)

b) Veränderte Lage nach 5 Minuten

c) Anordnung nach 15 Minuten (teilweise Durchmischung)

d) Verteilung nach 30 Minuten (weitgehend vollständige Durchmischung)

und Moleküle sehr kleine Kugeln sind. Wenn der Physiker das Wort „Teilchen“ benutzt, so will er damit in vielen Fällen an diese Vereinfachung erinnern.

Der Vorzug dieser vereinfachten Annahme soll am Beispiel der Diffusion gezeigt werden. Bild 55/1 zeigt die Anordnung der Teilchen beim Diffusionsexperiment (Bild 52/1). Dabei ist zu erkennen, wie die Bromteilchen infolge ihrer Bewegung in den oberen und die Luftteilchen in den unteren Teil der Experimentieranordnung eindringen.

Die vereinfachte Annahme hat noch einen weiteren Vorteil. Man kann mit Hilfe von Kugeln Experimente durchführen und dadurch verschiedene Zustände und Vorgänge vereinfacht nachbilden, z. B. die Brownsche Bewegung.

18
In einem Pappkarton befinden sich Murmeln und eine Holzscheibe (Bild 56/1). Durch Schütteln des Kartons werden die Murmeln in ständiger Bewegung gehalten. Die Murmeln stoßen auf die Holzscheibe. Dadurch bewegt sich diese zickzackförmig.

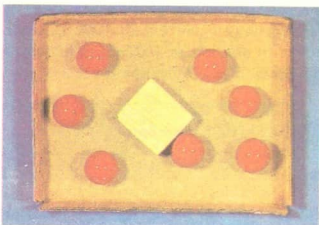


Bild 56/1
Vereinfachte Nachbildung der Brownschen Bewegung. Die Murmeln stellen die Teilchen der Luft dar, das Holzklötzchen ein Aschekörnchen.

Die Bewegung der Holzscheibe entspricht der Brownschen Bewegung der Aschekörnchen in der Luft.

Aufbau der Gase

Gase besitzen kein bestimmtes Volumen (Bild 56/2) und keine bestimmte Form. Diese Besonderheiten werden durch die Anordnung und die Eigenschaften der Teilchen in Gasen bedingt. Wie kann man sich die Anordnung und die Bewegung der Teilchen in einem Gas vorstellen? Gase besitzen eine geringe Dichte. Daraus folgt, daß in einem Gas viel weniger Teilchen als in einer Flüssigkeit oder in einem festen Körper vorhanden sind, die ein gleich großes Volumen besitzen.



Bild 56/2
Hält man den Ventilanschluß der Luftpumpe zu, so läßt sich der Kolben hineindrücken. Je mehr die Luft zusammengedrückt ist, um so mehr Kraft wird dafür benötigt.

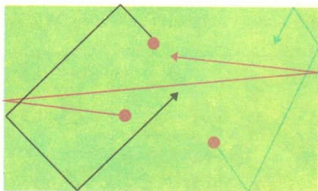


Bild 56/3
Vereinfachte Vorstellung von der Bewegung der Teilchen in einem Gas

Wir nehmen zunächst stark vereinfacht an, daß sich nur wenige Teilchen in dem Gas befinden (Bild 56/3). Verfolgen wir die Bewegung eines Teilchens! Da es durch die wenigen übrigen Teilchen nicht behindert wird, bewegt es sich geradlinig. Irgendwann trifft es dann auf die Wand des Gefäßes, in dem sich das Gas befindet. Dort wirken auf das Teilchen Abstoßungskräfte, durch die es von der Wand zurückgestoßen wird. Vereinfacht kann man sich vorstellen, daß es sich wie ein Ball verhält, der gegen eine Wand geworfen wird. Danach bewegt es sich wieder geradlinig. Schließlich trifft es auf die nächste Wand usw. (Bild 56/3).

Ab und zu treffen auch zwei Teilchen aufeinander. Dabei treten ebenfalls abstoßende Kräfte auf. Dadurch werden sie wieder voneinander weggeschleudert. Sie ändern ihre Richtung und ihre Geschwindigkeit. Das entspricht dem Vorgang beim Aufeinander-schießen zweier Bälle. Da auch die Gefäßwand aus Teilchen besteht, tritt dort derselbe Vorgang auf, wenn sich ein Gasteilchen nähert.

In einem Gas ist die Anzahl der Teilchen wesentlich größer, als das in Bild 56/3 dargestellt ist. Deshalb treten die Stöße zwischen den Teilchen viel öfter auf. Die Teilchen bewegen sich immer nur um sehr kleine Stücke vorwärts. Darauf ist es zurückzuführen, daß die Durchmischung von Brom und Luft im Bild 52/1 so lange dauert.

In Gasen bewegen sich die Teilchen völlig unregelmäßig. Bei der Bewegung stoßen sie mit anderen Gasteilchen und mit den Teilchen der Wand des Gefäßes zusammen.

Diese Bewegung der Teilchen ermöglicht es, das Form- und Volumenverhalten von Gasen zu erklären. Da die Teilchen in Gasen keinen festen Platz haben und sich bewegen können, besitzen Gase keine bestimmte Form. Die Teilchen bewegen sich jeweils bis zur Gefäßwand. Vergrößert man das Gefäß, so bewegen sich die Teilchen weiter. Dadurch läßt sich auch das Volumen der Gase leicht verändern. Dabei verkleinert oder vergrößert sich der Abstand zwischen den Teilchen. ③

Aufbau fester Stoffe

Feste Körper besitzen ein bestimmtes Volumen und eine bestimmte Form. Dadurch unterscheiden sie sich sehr stark von Gasen.

Feste Stoffe besitzen auch eine viel größere Dichte als Gase. Welche Schlußfolgerungen müssen wir daraus bezüglich des Aufbaues der festen Stoffe ziehen?

In festen Stoffen liegen die Teilchen dicht beieinander. Sie sind regelmäßig angeordnet.

-
- ① Lies nochmals den vorangegangenen Text und erläutere die wichtigsten Aussagen über den Aufbau der Stoffe!
 - ② Benutze Murmeln, um die Vorgänge bei der Diffusion zu veranschaulichen! Beschreibe die Vorgänge!
 - ③ Nenne Beispiele, bei denen sich Form oder Volumen eines Gases ändert! Denke z. B. an die Bereifung von Fahrzeugen!

Deshalb haben Kristalle eine bestimmte Form (Bild 50/1). Jedes Teilchen besitzt einen festen Platz. Diese regelmäßige Anordnung ist im Bild 58/1 deutlich zu erkennen. Zwischen den Teilchen bestehen Anziehungskräfte. Man spürt diese Kräfte, wenn man versucht, einen festen Körper, z. B. einen Stahlstab, zu verbiegen. Die anziehenden Kräfte bedingen, daß die Teilchen so eng beieinanderbleiben.

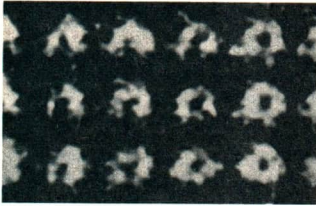


Bild 58/1
Goldatome in einer sehr dünnen Goldschicht
(Vergrößerung mit dem Elektronenmikroskop)

Wenn aber so starke Anziehungskräfte zwischen den Teilchen bestehen, warum nähern sich dann die Teilchen nicht noch weiter? Zwischen den Teilchen bestehen außerdem Abstoßungskräfte. Sie verhindern, daß die Abstände kleiner werden. Infolge der starken Anziehungs- und Abstoßungskräfte können sich die Teilchen nur wenig von ihrem jeweiligen Platz entfernen.

Auch in einem festen Körper befinden sich die Teilchen in ständiger Bewegung. Sie führen um ihren jeweiligen Platz Schwingungen aus. Eine vereinfachte Vorstellung von dieser Bewegung erhalten wir auf folgende Weise: Wir stoßen in einem Modell für einen festen Körper (Bild 58/2) einige Kugeln an. Infolge der anziehenden und abstoßenden Kräfte bewegt sich jede Kugel um ihren Platz (Bild 58/3). ①

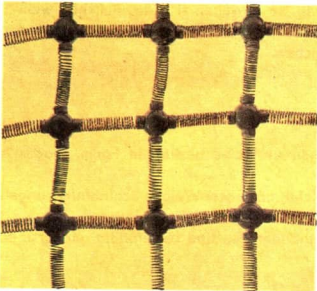


Bild 58/2
Veranschaulichung der Anordnung der Teilchen in einem festen Stoff. Die Schraubenfedern bedingen die Kräfte zwischen den Kugeln. Werden sie auseinandergezogen, so treten „Anziehungskräfte“ auf, werden sie zusammengedrückt, „Abstoßungskräfte“.

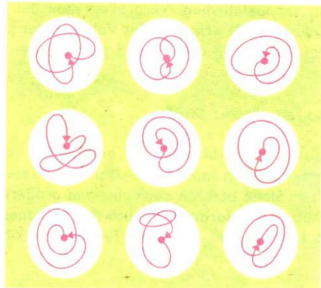


Bild 58/3
Anordnung und Bewegung der Teilchen in einem festen Stoff. Die roten Linien stellen die Bahnen der Teilchen dar.

Kohäsion und Adhäsion

Versucht man, das Volumen eines festen Körpers, z. B. eines Steins, durch kräftiges Drücken zu verkleinern, so gelingt das nicht. Die Ursache hierfür sind die starken Abstoßungskräfte zwischen den Teilchen.



Bild 59/1
Hängebrücke in Bratislava. Die Fahrbahn hängt an Stahlseilen.



Bild 59/2
Ausnutzen der Adhäsionskräfte beim Lötén

Die Anziehungskräfte bemerkt man bereits, wenn man ein Stück Pappe zerreißt. Noch schwieriger ist es, einen dicken Holzstab durchzubrechen. Einen Stativstab aus Stahl können wir schließlich ohne besondere Hilfsmittel überhaupt nicht in zwei Teile trennen. Dieses Wirken von Anziehungskräften zwischen den Teilchen eines Stoffes nennt man **Kohäsion**. Die Kohäsion ist für die Natur und die Technik von grundlegender Bedeutung. Sie bedingt die Festigkeit der Körper (Bild 59/1). Auch zwischen den Teilchen verschiedener Stoffe treten an den Berührungsfächen Anziehungskräfte auf. Man kann das aus dem Aneinanderhaften verschiedener Stoffe schließen. Diese Erscheinung nennt man **Adhäsion**. Sie ist z. B. beim Kleben und Lötén besonders groß (Bild 59/2). Auch beim Schreiben, Malen und Drucken haften die Farbstoffteilchen infolge der Adhäsion auf ihrer Unterlage. ② ③ ④

-
- ① Beschreibe und vergleiche ausgehend von den Bildern 56/3 und 58/3 den Aufbau fester und gasförmiger Stoffe!
 - ② Erläutere Beispiele, bei denen die Adhäsion in der Technik Anwendung findet! Denke dabei auch an die Färbung und den Schutz von Oberflächen!
 - ③ Worauf beruht die Klebewirkung von Alleskleber, Büroleim und anderen Klebmitteln?
 - ④ Beschreibe das Form- und Volumenverhalten von festen Stoffen, und erkläre es auf der Grundlage des Teilchenaufbaus!
 - ⑤ Worin bestehen die Gemeinsamkeit und der Unterschied zwischen Kohäsion und Adhäsion?

Aufbau der Flüssigkeiten

Flüssigkeiten besitzen ein bestimmtes Volumen (Bild 60/1). In dieser Hinsicht unterscheiden sie sich nicht von festen Körpern. Wie bei festen Stoffen ist auch die Dichte der Flüssigkeiten groß (gegenüber der von Gasen). Flüssigkeiten besitzen aber keine bestimmte Form. Flüssigkeiten und feste Stoffe müssen also einige Gemeinsamkeiten im Aufbau besitzen, aber auch Unterschiede. Auch in Flüssigkeiten liegen die Teilchen dicht beieinander. Wie in festen Stoffen bedingen die Abstoßungskräfte, daß sich die Teil-



Bild 60/1

Die Luftpumpe ist vollständig mit Wasser gefüllt. Beim Zuhalten des Ventilanschlusses gelingt es nicht, den Kolben hineinzudrücken.

chen einander nicht noch weiter nähern können. Die Anziehungskräfte bewirken, daß die Teilchen dicht beieinander bleiben. Wie in einem festen Stoff, so schwingen auch in einer Flüssigkeit die Teilchen um die jeweilige Stelle, an der sie sich gerade befinden. Bei den Diffusionsversuchen haben wir festgestellt, daß die Teilchen in einer Flüssigkeit nicht an derselben Stelle bleiben. Die Teilchen verändern in ruhenden Flüssigkeiten ihren Aufenthaltsort nur sehr langsam, so daß eine zickzackförmige Bewegung entsteht (Bild 60/2).

① ②



Bild 60/2

Vereinfachte Vorstellung von der Anordnung und Bewegung der Teilchen in einer Flüssigkeit.

Kapillarität

In einem Stück Würfelzucker steigt die Flüssigkeit auf, wenn man ihn z. B. nur mit einer Ecke in den Tee eintaucht. Wie ist das möglich?

- ▼ Mehrere beiderseits geöffnete Glasrohre von verschiedenem Durchmesser werden in ein Gefäß mit Wasser gestellt (Bild 61/1). In den Glasröhren ist der Flüssigkeitsstand höher als der im Gefäß. Das Wasser steigt um so höher auf, je geringer der Durchmesser des Rohres ist.

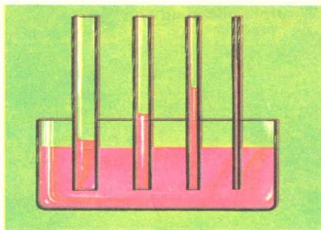


Bild 61/1
Nachweis der Kapillarität

Das Aufsteigen der Flüssigkeit in einem engen Gefäß nennt man **Kapillarität**. Diese Erscheinung kann man mit der Adhäsion zwischen den Teilchen der Gefäßwand und den Wasserteilchen erklären. Die Kapillarität ist vor allem für das Wachstum von Pflanzen von grundlegender Bedeutung (Bild 61/2). In den Pflanzen unterstützt die Kapillarität das Aufsteigen der Säfte von den Wurzeln zu den Blättern. ③ ④ ⑤ ⑥

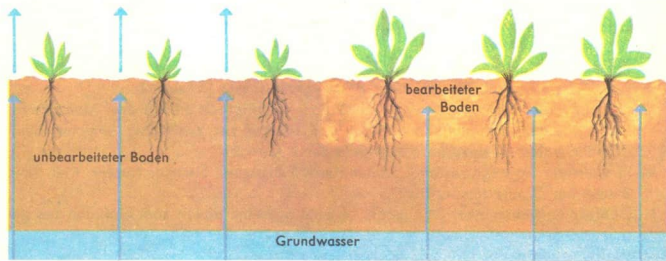


Bild 61/2
Durch die Kapillarität gelangt das Wasser aus tiefen Schichten an die Erdoberfläche.

- ① Fertige eine Übersicht an, aus der hervorgeht, wie die Teilchen in festen und flüssigen Stoffen angeordnet sind!
- ② Beschreibe die Bewegung der Teilchen in festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen und vergleiche die Bewegung miteinander!
- ③ Schreibe mit Tinte auf ein Löschblatt, eine Zeitung und Schreibpapier! Leite daraus Anforderungen an die Qualität von Schreibpapier her!
- ④ Auf welche Weise wird beim Bau eines Gebäudes verhindert, daß die Feuchtigkeit des Erdbodens in den Mauern infolge der Kapillarität nach oben steigt? Begründe die Notwendigkeit dieser Maßnahme und erkläre ihre Wirkungsweise!
- ⑤ Warum ist es zweckmäßig, nasse Schuhe mit Zeitungspapier auszustopfen?
- ⑥ Warum behandelt man Holzpfosten, die in die Erde eingebracht werden sollen, mit wasserabweisenden Mitteln?
- ⑦ Fülle einen Blumentopf mit trockener Erde! Stelle ihn in einen Untersetzer mit Wasser! Untersuche nach einigen Stunden die Feuchtigkeit der obersten Erdschicht! Erkläre!

Zusammenfassung

Alle Stoffe sind aus Teilchen aufgebaut. Diese kann man sich vereinfacht als kleine Kugeln vorstellen. Die Teilchen befinden sich in ständiger Bewegung. Zwischen den Teilchen bestehen anziehende und abstoßende Kräfte.

In festen und flüssigen Stoffen liegen die Teilchen dicht beieinander. Aber nur in festen Stoffen besitzt jedes Teilchen einen bestimmten Platz. In Gasen sind die Abstände zwischen den Teilchen wesentlich größer.

Wiederholung und Übung

8

1. Welche gemeinsamen und welche unterschiedlichen Eigenschaften haben folgende Körper: Holzkugel, Milch in der Kanne, Gas in der Gasflasche, Teller, Löffel?
2. Beschreibe, wie du das Volumen eines Steines bestimmen kannst!
Skizziere die Meßanordnung!
3. Ein Behälter hat die Form eines Quaders. Er hat eine Länge von 80 cm, eine Breite von 50 cm und eine Höhe von 20 cm. Wie groß ist sein Volumen?
4. Für ein Experiment werden 180 ml Wasser benötigt. Es stehen drei Meßzylinder mit den Meßbereichen 100 ml, 250 ml und 1000 ml zur Verfügung. Welchen Meßzylinder wählst du dazu aus? Begründe deine Antwort!
5. In welchem Aggregatzustand befinden sich Petroleum, Stearin, Kupfer, Luft, Blei, Benzin bei Zimmertemperatur?
6. Gußformen haben zwei Öffnungen, obwohl nur eine davon zum Einfüllen des geschmolzenen Metalls dient!
Wofür ist die zweite Öffnung erforderlich?

7. Ein Auto fährt mit einer Geschwindigkeit von $55 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Der Fahrer sieht die im Bild 62/1 dargestellten Verkehrszeichen.

Was muß der Fahrer tun? Was folgt daraus für die Bewegung des Autos in der geschilderten Situation?

8. Berechne die Durchschnittsgeschwindigkeit eines D-Zuges, der die Strecke von Berlin nach Dresden (170 km) in 2 Stunden zurücklegt!



Bild 62/1

9. Vergleiche die Geschwindigkeiten eines Verkehrsflugzeuges, eines PKW auf der Autobahn, eines D-Zuges und eines Handelsschiffes miteinander!
Benutze dazu die Tabelle auf der inneren Umschlagseite des Lehrbuches!

10. Was bedeutet die Angabe „Die Geschwindigkeit eines Radfahrers beträgt $23 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ “?
11. Berechne die in der folgenden Tabelle fehlenden physikalischen Größen! Übertrage die Tabelle in dein Heft!

Weg	Zeit	Durchschnittsgeschwindigkeit
	3 h	$18 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
240 km	3 h	
12 m		$60 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$

Welche Körper könnten sich mit diesen Durchschnittsgeschwindigkeiten bewegen?

12. Im Bild 63/1 ist von einem Förderband das Weg-Zeit-Diagramm dargestellt.
- Welchen Weg legt ein Körper auf dem Förderband in 20 Sekunden zurück!
 - Welche Zeit braucht ein Körper auf dem Förderband für 40 m?
 - Berechne die Geschwindigkeit, mit der sich der Körper auf dem Förderband bewegt!

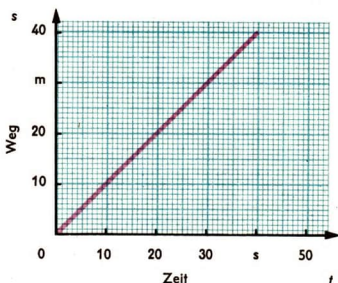


Bild 63/1 Weg-Zeit-Diagramm

13. Suche für folgende Bewegungsänderungen je ein Beispiel aus dem Gebiet des Sports:
- Ruhe \rightarrow Bewegung;
 - Bewegung \rightarrow Ruhe;
 - gleichförmige Bewegung \rightarrow beschleunigte Bewegung;
 - gleichförmige Bewegung \rightarrow verzögerte Bewegung!
14. Erläutere an je einem selbstgewählten Beispiel, wann eine Formänderung plastisch und wann eine Formänderung elastisch ist!
15. Ein Wasserspringer betritt ein Sprungbrett.
Begründe, warum sich das Sprungbrett biegt!
16. Beschreibe drei Beispiele aus der Technik, bei denen durch eine Kraft eine Bewegungsänderung hervorgerufen wird!
17. Beschreibe ein Beispiel, bei dem ein Körper verformt wird!
18. Beschreibe einen Vorgang, bei dem du die Trägheit eines Körpers gespürt hast!
19. Ein mit leeren Flaschen und Gläsern beladener Handwagen soll zunächst in Bewegung versetzt und dann weiter gezogen werden. Vergleiche die für beide Vorgänge erforderlichen Kräfte!
20. Du sollst die ungefähre Masse einer Erbse feststellen.

Wie gehst du vor, wenn dir nur eine Schalenwaage, ein Wägesatz 1 g bis 250 g und eine Tüte mit Erbsen zur Verfügung stehen?

21. Nenne vier verschiedene Waagen und gib an, wozu diese benutzt werden!
22. Ein Beutel Blumenerde hat eine Masse von 2000 g. Die Dichte der Blumenerde beträgt $2,0 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Für einen Blumentopf werden 250 cm^3 Blumenerde benötigt. Wieviel Blumentöpfe können mit einem Beutel Blumenerde gefüllt werden?
23. Ordne folgende Stoffe nach ihrer Dichte! Wasser, Gold, Stahl, Blei, Erdgas, Quecksilber, Alkohol. Beginne mit dem Stoff, der die größte Dichte hat! Verwende dazu die Tabelle auf Seite 46!
24. In drei gleiche Flaschen werden je 100 g Benzin, 100 g Schmieröl bzw. 100 g Wasser gefüllt. Warum sind in den Flaschen unterschiedliche Flüssigkeitshöhen vorhanden? In welcher Flasche wird die größte Flüssigkeitshöhe erreicht?
25. Vervollständige folgende Tabelle! Übertrage dazu die Tabelle in dein Heft!

Physikalische Größe	Formelzeichen	Einheit	Einheitenzeichen
Masse			
		1 Kubikmeter	
			$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
Zeit			
		1 Newton	

26. Betrachtet man einen Tropfen Milch bei 500facher Vergrößerung im Mikroskop, so erkennt man kleine Fettröpfchen. Diese befinden sich in ständiger Bewegung. Wodurch wird diese Bewegung verursacht?
27. Woher wissen wir, daß die Stoffe aus Teilchen aufgebaut sind?
28. Nenne die Vorteile unserer vereinfachten Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe!
29. Fertige je eine Skizze vom Aufbau eines Gases, einer Flüssigkeit und eines festen Körpers an! Beschreibe in allen drei Fällen die Bewegung der Teilchen!
30. Nenne einige Beispiele, aus denen man die Bedeutung der Kapillarität erkennt! Ordne in erwünschte und unerwünschte Vorgänge!
31. Welche Rolle spielt die Kapillarität bei der Ernährung der Pflanzen?
32. Baue nach Bild 64/1 eine Blumen tränke, und erkläre deren Wirkungsweise!



Bild 64/1

WÄRMELEHRE

Die Temperatur

9

In einer Wetterstation werden regelmäßig Temperaturmessungen durchgeführt. Sie sind eine wichtige Voraussetzung für die Wettervorhersage. Wettervorhersagen und besonders die Vorhersage von Temperaturen sind für die Landwirtschaft und Industrie von großer Bedeutung. So erfordern z. B. besonders hohe und tiefe Temperaturen gewisse Schutzmaßnahmen (Brandschutz, Frostschutz).



Die Temperatur ist für das Wachstum der Pflanzen von großer Bedeutung (Bild 65/2). Bestimmte Temperaturen sind Voraussetzung für die gesunde Entwicklung von Tieren (Bild 65/3) und für das Wohlbefinden der Menschen. Viele Vorgänge in der Natur und der Technik laufen nur bei ganz bestimmten Temperaturen ab. Es ist deshalb in vielen Fällen notwendig, die Temperatur festzustellen. Reicht es dazu aus, die Körper zu befühlen?



Bild 65/2 Bei bestimmten Temperaturen wachsen die Pflanzen besonders gut.

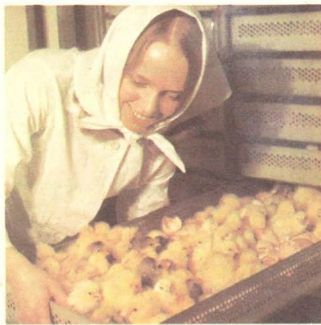


Bild 65/3 Nur bei einer bestimmten Temperatur entwickeln sich aus den Eiern Küken.

Unsere Wärmeempfindung

Wenn man vom Winter und vom Eis spricht, gebraucht man oft das Wort „kalt“. Spricht man dagegen vom Sommer und vom Baden, so verwendet man häufig das Wort „warm“. Eine Gasflamme oder eine glühende Herdplatte sind „heiß“. Diese Zustände werden durch die physikalische Größe **Temperatur** gekennzeichnet.

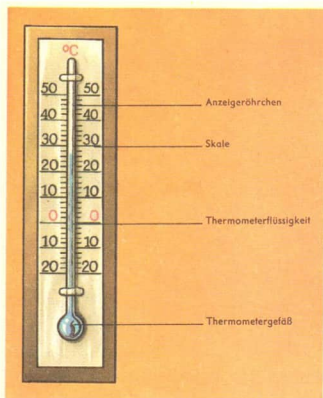
Die Temperatur gibt an, wie kalt oder wie heiß ein Körper ist. Das Formelzeichen für die Temperatur ist ϑ (sprich „Theta“).

Mit Hilfe unserer Wärmeempfindung können wir die Temperatur von Körpern unterscheiden. Können wir uns auf diese Wärmeempfindung verlassen? Ein Metallkörper von Zimmertemperatur, z. B. eine Schere, fühlt sich kalt an, ein Stück Schaumstoff der gleichen Temperatur demgegenüber warm. Betritt man im Sommer einen Keller oder eine Höhle, so empfindet man es dort als kalt. Betritt man den gleichen Ort im Winter, so hält man ihn für warm. Wir können uns nicht auf unsere Wärmeempfindung verlassen.

In vielen Fällen ist es erforderlich, die Temperatur genau zu ermitteln. So muß die Temperatur in einem Brutschrank (Bild 65/3) über mehrere Wochen unverändert bleiben, damit sich aus den Eiern Kücken entwickeln können. Zur Messung der Temperatur benutzt man ein *Thermometer*. ①

Das Thermometer

Aufbau des Thermometers. Es besteht aus 4 wichtigen Bestandteilen (Bild 66/1):



- dem Thermometergefäß,
- dem Anzeigeröhrchen,
- der Thermometerflüssigkeit und
- der Skale.

Das Anzeigeröhrchen ist am Thermometergefäß angeschmolzen. Das Thermometergefäß ist vollständig mit der Thermometerflüssigkeit gefüllt, ein Teil der Flüssigkeit befindet sich auch noch im Anzeigeröhrchen. Dieses ist am anderen Ende zugeschmolzen.

Als Thermometerflüssigkeit wird meistens gefärbter Alkohol oder Quecksilber verwendet. Oberhalb der Thermometerflüssigkeit befindet sich ein luftleerer Raum.

Bild 66/1 Bestandteile eines Thermometers

Wirkungsweise des Thermometers. Wenn die Thermometerflüssigkeit erwärmt wird, so dehnt sie sich aus. Je mehr sie erwärmt wird, um so mehr dehnt sie sich aus und um so mehr Flüssigkeit gelangt in das Anzeigeröhrchen. Dadurch kann man am Flüssigkeitsstand in dem Röhrchen die jeweilige Temperatur erkennen. Ist die Flüssigkeitssäule lang, so liegt eine höhere Temperatur vor. Ist sie kurz, so ist die Temperatur geringer. Die Temperaturmessung erfolgt somit durch eine Längenmessung. ②

Die Celsiusskale

Wie ist man zur Einteilung und Beschriftung der Temperaturskale gekommen?

20

Ein Laborthermometer wird in einen Becher mit schmelzendem Eis gebracht (Bild 67/1). Nach kurzer Zeit ändert sich der Stand der Thermometerflüssigkeit nicht mehr. Sie ist bei der Zahl 0 stehengeblieben. Danach bringt man das Thermometer in einen Becher mit Wasser. Das Wasser wird bis zum Sieden erwärmt (Bild 67/2). Während des Siedens ändert sich der Stand der Thermometerflüssigkeit nicht mehr. Sie bleibt bei der Zahl 100 stehen.

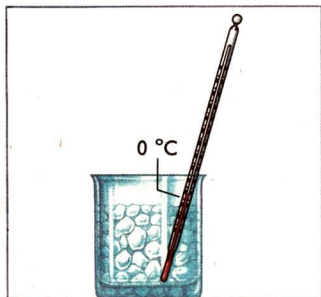


Bild 67/1 Bestimmen des 1. Festpunktes der Celsiusskale (Temperatur des schmelzenden Eises)

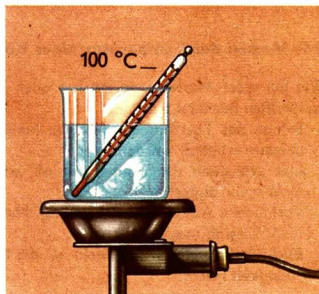


Bild 67/2 Bestimmen des 2. Festpunktes der Celsiusskale (Temperatur des siedenden Wassers)

Die Temperaturen des schmelzenden Eises und des siedenden Wassers sind die Festpunkte der Temperaturskale. Sie sind überall leicht herzustellen. Der Abstand zwischen den Festpunkten der Temperaturskale ist in 100 gleiche Skalenteile geteilt. Auf diese Weise gehört zu jedem Stand der Thermometerflüssigkeit eine bestimmte Temperatur. Die von uns verwendete Temperaturskale wird nach dem schwedischen Naturforscher Anders Celsius **Celsiuskale** genannt.

- ① Nenne weitere Beispiele, bei denen eine genaue Temperaturangabe erforderlich ist! Begründe jedes Beispiel!
- ② Zeige auf dem Bild 69/1 wichtige Bestandteile des Thermometers!
- ③ Beschreibe, wie du aus einem Thermometergefäß mit Anzeigeröhrchen, in dem sich die Thermometerflüssigkeit befindet, ein Thermometer herstellen kannst! Benutze bei deiner Beschreibung die Bilder 67/1 und 67/2!

Die Schmelztemperatur des Eises und die Siedetemperatur des Wassers sind die Festpunkte der Temperaturskala. Die Einheit der Temperatur ist ein Grad Celsius (1°C). Die Festpunkte werden mit 0°C und 100°C bezeichnet.

Temperaturen über 0°C können durch ein vorgesetztes Pluszeichen gekennzeichnet werden. Temperaturen unter 0°C müssen durch ein vorgesetztes Minuszeichen gekennzeichnet werden.

- 28°C oder $+28^{\circ}\text{C}$, aber -12°C .

Das Wasser in der Warmwasserheizung hat z. B. eine Temperatur von $+50^{\circ}\text{C}$, das Leitungswasser eine Temperatur von $+15^{\circ}\text{C}$ und das Eis im Tiefkühlfach eines Kühlschranks eine Temperatur von -8°C . Um den Unterschied bezüglich der Temperatur zweier Körper zu kennzeichnen, gibt man die **Temperaturdifferenz** an.

Zwischen den beiden ersten Körpern besteht eine Temperaturdifferenz von 35°C , zwischen dem Leitungswasser und dem Eis eine Temperaturdifferenz von 23°C . ⑥ ⑦

Das Messen der Temperatur eines Körpers

Wie bei jeder Messung, so müssen auch bei der Temperaturmessung bestimmte *Meßvorschriften* beachtet werden.

- Bringe das Thermometergefäß in innige Berührung mit dem Körper, dessen Temperatur ermittelt werden soll!
- Lies erst dann die Temperatur ab, wenn die Thermometerflüssigkeit ihren Stand nicht mehr ändert!
- Verhindere während der Messung störende Einflüsse wie z. B. starke Sonnenstrahlung, Zugluft usw.!
- Blicke beim Ablesen senkrecht auf die Stelle der Skale, bis zu der die Thermometerflüssigkeit reicht!

Für eine genaue Temperaturmessung ist weiterhin wichtig, daß die Masse des Thermometergefäßes gegenüber der Masse des zu untersuchenden Körpers sehr klein ist.

Einige Thermometerarten

Je nach dem Verwendungszweck gibt es verschiedene Arten von Thermometern. Äußerlich unterscheiden sie sich vor allem in der Form und der Größe (Bild 69/1). Beim Betrachten der Skale stellt man weiterhin fest, daß sie für verschiedene Temperaturbereiche und für unterschiedliche Genauigkeiten hergestellt sind.

- So muß der Arzt die Körpertemperatur des Kranken genauer messen als der Gärtner die Lufttemperatur im Gewächshaus.

In der Deutschen Demokratischen Republik werden die Thermometer vorwiegend in Thüringen hergestellt. Unsere hochentwickelte Glasindustrie liefert u. a. Glassorten, die für die Thermometer besonders geeignet sind. Thermometer aus unserer Republik sind ein begehrter Exportartikel. ⑧

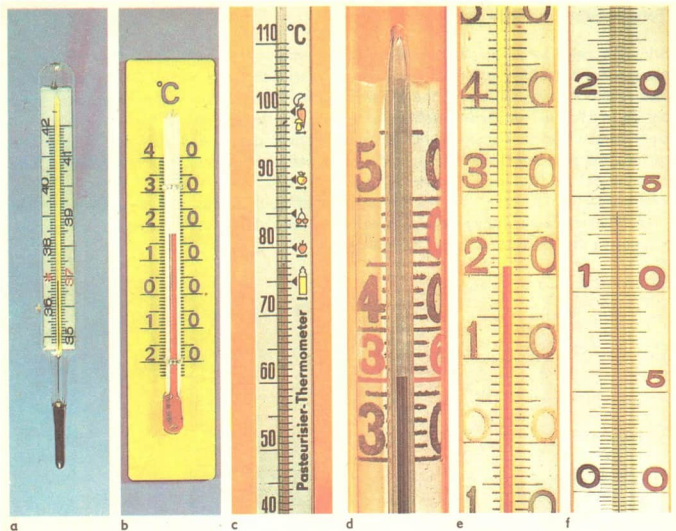


Bild 69/1 Einige Thermometerarten: a) Fieberthermometer, b) Zimmerthermometer, c) Teil eines Einkochthermometers, d), e), f) Laborthermometer für verschiedene Temperaturbereiche

- ① Betrachte ein Außenthermometer! Vergleiche die Skalenteilung zwischen $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ mit der zwischen $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$! Überlege, wie man die Skale für Temperaturen unter $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ und über $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ erhält!
- ② Nenne Beispiele für Vorgänge in der Natur und im Haushalt, die bei bestimmten Temperaturen auftreten!
- ③ Nenne einige Temperaturen, z. B. die Temperatur eines Zimmers!
- ④ Gib an, welche Temperaturen die im Bild 69/1 abgebildeten Thermometer anzeigen!
- ⑤ Betrachte die Skalen der Laborthermometer (Bild 69/1 e und f)!
Warum ist der Abstand zwischen $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ auf dem rechten Laborthermometer größer als auf dem linken?
- ⑥ Berechne die Differenz der Temperaturen, die von je 2 benachbarten Thermometern im Bild 69/1 angezeigt werden!
- ⑦ Beschreibe den Unterschied der beiden Aufträge:
a) Erwärme 1 l Wasser von $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ auf $50\text{ }^{\circ}\text{C}$!
b) Erwärme 1 l Wasser von $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ um $50\text{ }^{\circ}\text{C}$!
- ⑧ Wie läßt sich beim Bau eines Thermometers erreichen, daß die Skalenteile für $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ besonders groß werden?
- ⑨ Miß eine Woche lang täglich zur gleichen Zeit die Außentemperatur! Fertige ein Temperatur-Zeit-Diagramm an! Berechne die mittlere Temperatur der Woche zu dieser Zeit! Gib die größten Abweichungen von dieser mittleren Temperatur an!

Temperatur und Bewegung der Teilchen

Bild 70/1 zeigt zwei Körper aus Metall. Sie bestehen aus demselben Stoff, haben die gleiche Form und die gleiche Masse. Sie unterscheiden sich nur in ihrer Temperatur. Der rechte Körper hat eine höhere Temperatur als der linke. Welche Veränderungen hat diese höhere Temperatur bewirkt?

Der Unterschied zwischen beiden Körpern besteht darin, daß sich die Teilchen des rechten Körpers mit der höheren Temperatur heftiger bewegen als die des linken Körpers mit der niedrigeren Temperatur.

Wenn man die Temperatur eines Körpers erhöht, so heißt das, daß man seine Teilchen zu heftigeren Bewegungen anregt. Kühlt man ihn ab, so verlangsamen sich die Bewegungen der Teilchen. Die Temperatur sinkt.

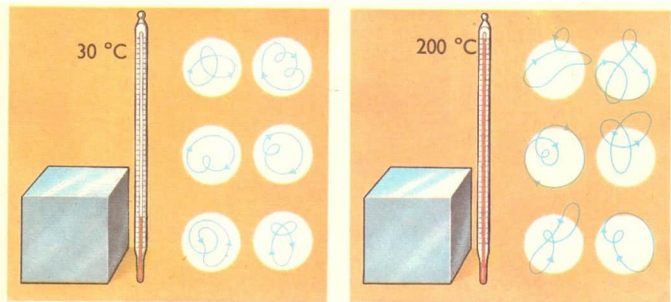


Bild 70/1 Zwei gleichartige Metallwürfel unterschiedlicher Temperatur: gleiches äußeres Aussehen, unterschiedlich heftige Teilchenbewegung

Zusammenfassung

Physikalische Größe	Bedeutung	Formelzeichen	Einheit	Meßgerät
Temperatur	Die Temperatur gibt an, wie kalt bzw. wie heiß ein Körper ist.	ϑ	Grad Celsius (1°C)	Thermometer

In freiliegenden Rohrleitungen befinden sich in gewissen Abständen „Dehnungsausgleicher“. Wenn sich die Rohre in ihrer Länge ausdehnen, dann drücken sie das U-förmige Rohrstück zusammen. Ohne Dehnungsausgleicher würden die Rohrleitungen zerstört, wenn sich die Länge der Rohre ändert. Unter welchen Bedingungen treten Längenänderungen auf?



Die Wärme

Bisher haben wir Temperaturen nur gemessen. Wir haben uns nicht damit beschäftigt, wie man die Temperatur eines Körpers verändern kann. Wenn wir z. B. die Temperatur eines Topfes mit Wasser erhöhen wollen, müssen wir ihm Wärme zuführen. Dazu können wir ihn z. B. auf die Kochplatte eines Elektroherdes setzen. Wir nehmen an, daß sie schon ausgeschaltet, aber noch sehr heiß ist. Auf diese Weise bringen wir den Körper mit der niedrigen Temperatur (Topf) mit dem Körper der hohen Temperatur (Platte) in Berührung. Die Wärme geht vom Körper der höheren Temperatur auf den der niedrigeren Temperatur über. Die Kochplatte gibt Wärme ab, der Topf nimmt Wärme auf. Infolge der Wärmeabgabe verringert sich die Temperatur der Kochplatte. Durch die Wärmeaufnahme nimmt die Temperatur des Topfes zu. ⑤

Soll sich die Temperatur der Kochplatte nicht verringern, so muß auch ihr immer neue Wärme zugeführt werden. Das geschieht nach dem Einschalten der Kochplatte mittels Elektrizität.

- ① Welche Schwierigkeit ergibt sich beim Messen der Temperatur fester Körper? Wie läßt sich diese Schwierigkeit beseitigen?
- ② Warum muß das Thermometergefäß in enge Berührung mit dem Körper gebracht werden, dessen Temperatur ermittelt werden soll?
- ③ Warum zeigt das Thermometer erst nach einiger Zeit die Temperatur des zu untersuchenden Körpers an?
- ④ Berechne mit Hilfe der Tabelle auf Seite 81 die Temperaturdifferenzen zwischen den Schmelztemperaturen der Stoffe Quecksilber und Eis, Quecksilber und Zinn sowie Zinn und Blei!
- ⑤ Nenne Beispiele für das Erwärmen von Körpern! Nenne den Körper mit der höheren Temperatur! Nenne den Körper mit der niedrigeren Temperatur!

Volumenänderung fester Körper bei Temperaturänderung

Bild 72/1 zeigt eine Eisenkugel und eine Eisenplatte mit Bohrung. Diese Öffnung ist so groß, daß die Kugel gerade hindurchpaßt. Paßt sie auch dann noch hindurch, wenn man sie erwärmt?

21

Die Temperatur der Kugel wird durch Zufuhr von Wärme erhöht. Danach legt man die Kugel auf die Öffnung.

Wir beobachten: Die Kugel paßt nicht mehr durch die Öffnung. Erst nachdem sich die Kugel wieder abgekühlt hat, fällt sie hindurch.

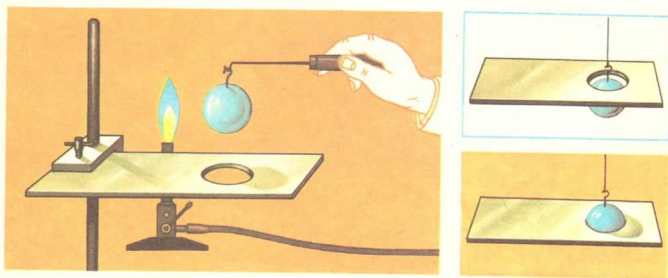


Bild 72/1 · Die Kugel paßt nach der Temperaturerhöhung nicht mehr durch den Ring.

Die Eisenkugel hat sich bei Temperaturerhöhung ausgedehnt und beim Erniedrigen der Temperatur wieder zusammengezogen. Ihr Volumen hat sich bei **Temperaturänderung** verändert.

Die Ausdehnung fester Körper bei Temperaturerhöhung läßt sich besonders gut bei langgestreckten Körpern untersuchen. Bild 72/2 zeigt ein dafür geeignetes Gerät. ①

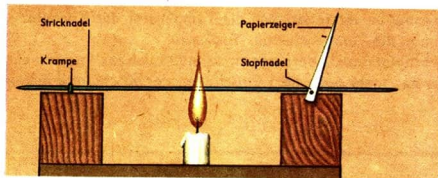


Bild 72/2 Einfache Anordnung zum Nachweis der Ausdehnung fester Körper bei Temperaturerhöhung ②

22

Stäbe aus Stahl, Aluminium usw. werden mit einem solchen Gerät auf ihr Verhalten bei Temperaturerhöhung und -erniedrigung untersucht.

Wir beobachten: In allen Fällen bewegt sich der Zeiger bei Erhöhung der Temperatur nach rechts, bei Erniedrigung nach links.

Die untersuchten Körper dehnen sich bei Temperaturerhöhung aus und ziehen sich beim Erniedrigen der Temperatur zusammen. Wir haben zwar nur eine **Langenanderung** nachgewiesen, es hat sich aber das Volumen verändert.

Ausgehend von diesen Experimenten können wir vermuten, daß sich feste Körper aus anderen Metallen ebenso verhalten. Unsere Zeit reicht aber nicht aus, um viele andere feste Körper selbst zu untersuchen. In solchen Fällen nutzt man die Meßergebnisse anderer Forscher, die in Lehrbüchern, Fachzeitschriften und Tabellenbüchern enthalten sind. Die Forscher haben aber auch Stoffe gefunden (z. B. Gummi), die sich bei Temperaturerhöhung zusammenziehen. Deshalb müssen wir formulieren:

Fast alle festen Körper dehnen sich bei Temperaturerhöhung aus und ziehen sich bei Temperaturerniedrigung zusammen.

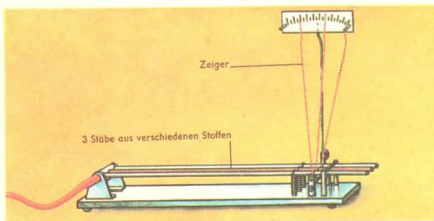


Bild 73/1 Nachweis der unterschiedlichen Ausdehnung verschiedener fester Körper bei Temperaturerhöhung

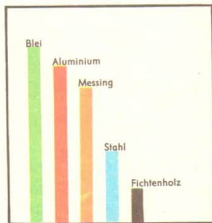


Bild 73/2

Mit dem Gerät im Bild 73/1 läßt sich feststellen, wie sich die Körper bei Temperaturerhöhung verhalten und ob sich die untersuchten Körper gleich stark ausdehnen. Man muß dazu die Bewegung der Zeiger verfolgen und darauf achten, wie weit sich der Zeiger bei jedem Stoff nach rechts bewegt. Diese Untersuchung führt zu folgenden Ergebnissen:

Je größer die Temperaturerhöhung ist, um so größer ist die Längenänderung und damit auch die Volumenänderung. Die Volumenänderung fester Körper bei Temperaturänderung hängt vom Stoff ab.

Bild 73/2 zeigt für verschiedene Stoffe bei gleicher Ausgangslänge und gleicher Temperaturerhöhung die unterschiedliche Längenänderung. Die Ausgangslänge beträgt 12 m, die Temperaturerhöhung 100 °C.

- ① Warum lassen sich festsitzende Glasstopfen lösen, wenn man den Flaschenhals z. B. durch Reiben vorsichtig erwärmt?
- ② Stelle die in Bild 72/2 dargestellte Anordnung her und weise die Ausdehnung fester Körper bei Temperaturerhöhung nach!

Kräfte bei der Volumenänderung fester Körper

Zusammen mit der Volumenänderung fester Körper bei Temperaturänderung treten große Kräfte auf. Sie können mit dem „Bolzensprenger“ nachgewiesen werden (Bild 74/1). Ein dicker Aluminiumstab zerbricht bei Temperaturerhöhung den innen eingesetzten Eisenbolzen, bei Temperaturniedrigung den äußeren.

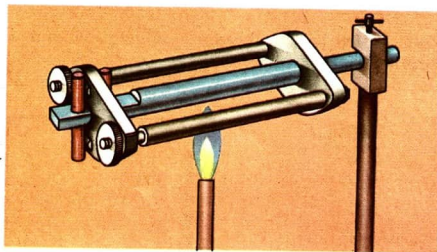


Bild 74/1 Nachweis der großen Kräfte, die bei Erhöhung und Erniedrigung der Temperatur von festen Körpern auftreten

- Weil die Volumenänderung fester Körper mit großen Kräften verbunden ist, muß ihr in der Technik besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. So dürfen z. B. die Freileitungen für die Elektroenergieversorgung und die Fernsprechverbindung nicht zu straff gespannt werden. Wegen der niedrigen Lufttemperaturen ziehen sie sich im Winter zusammen. Sie würden reißen, wenn man sie im Sommer zu straff gespannt hätte. Freiliegende Rohrleitungen würden zerstört, wenn nicht in gewissen Abständen Dehnungsausgleicher eingebaut wären (Bild 71/1).

② ③

Der Bimetallstreifen

Weil die gewonnenen Erkenntnisse über die Volumenänderung fester Körper immer gelten, kann man sie auch nutzen. Eine solche Anwendung ist der Bimetallstreifen (Bild 74/2). Dieser besteht aus zwei Blechstreifen, z. B. einem Eisen- und einem Zinkstreifen.

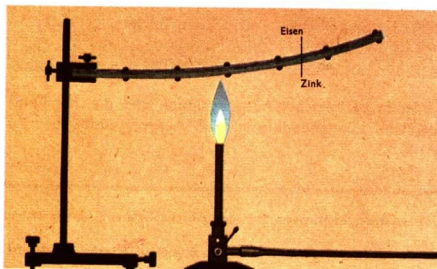


Bild 74/3 Verwendung des Bimetallstreifens zur Temperaturmessung

Bild 74/2 Nachweis der unterschiedlichen Ausdehnung zweier Metalle mit dem Bimetallstreifen

Sie sind miteinander vernietet oder aufeinandergeschweißt. Bei Temperaturerhöhung krümmt sich der Bimetallstreifen. Das wird dadurch bedingt, daß sich der Zinkstreifen stärker als der Eisenstreifen ausdehnt.

Mit einem Bimetallstreifen kann man ein Thermometer herstellen. Um schon geringe Temperaturänderungen meßbar zu machen, findet ein langer Bimetallstreifen Verwendung, der zu einer Spirale gebogen ist. Er bewegt einen Zeiger, der auf einer Skale die Temperatur anzeigt (Bild 74/3).

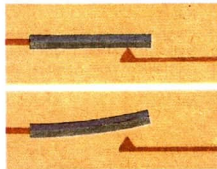
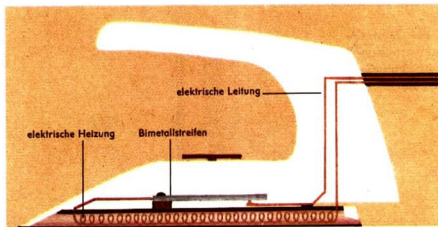


Bild 75/1 Bimetallstreifen zur Temperaturregelung

Eine große Bedeutung besitzt der Bimetallstreifen als *Schalter*. Ein solcher Schalter befindet sich z. B. im Reglerbügeleisen (Bild 75/1). Mit steigender Temperatur des Bügeleisens krümmt sich auch der Bimetallstreifen immer stärker. Bei einer bestimmten Temperatur schaltet er die elektrische Heizung aus. Dadurch nimmt die Temperatur des Bügeleisens allmählich wieder ab, und die Krümmung des Streifens wird geringer. Dann schaltet er die Heizung wieder ein. Diese Vorgänge wiederholen sich.

Auch in automatischen Feuermeldern befinden sich Bimetallschalter.

④ ⑤ ⑥ ⑦

Volumenänderung von Flüssigkeiten bei Temperaturänderung

Die Thermometerflüssigkeit dehnt sich mit steigender Temperatur aus. Gilt das auch für andere Flüssigkeiten?

- ① Ein Maßband aus Stahl zeigt dann die richtige Länge an, wenn es die Temperatur 20 °C besitzt. Welche Abweichungen vom richtigen Wert treten bei höheren und welche bei tieferen Temperaturen auf?
- ② Erkläre, warum sich in den Fahrbahnen von Betonstraßen in bestimmten Abständen mit Teerpech ausgefüllte Quertugen befinden!
- ③ Die Räder der Eisenbahnwagen sind mit stählernen Reifen umgeben. Wie kann man beim Herstellen erreichen, daß die Reifen fest auf den Rädern sitzen?
- ④ Was geschieht, wenn man einen geraden Bimetallstreifen stark abkühlt? Begründe deine Aussage!
- ⑤ Wie kann man vorgehen, um für das in Bild 74/3 dargestellte Bimetallthermometer eine Skale herzustellen, so daß es zur Temperaturmessung benutzt werden kann?
- ⑥ Welche Vorteile besitzt das Reglerbügeleisen?
- ⑦ Der automatische Feuermelder arbeitet nach demselben Prinzip wie das Reglerbügeleisen. Nutze deine Kenntnisse aus dem Werkunterricht, um mit Stromquelle, Draht, Bimetallstreifen und Klingel die Wirkungsweise eines Feuermelders zu demonstrieren! Zeichne die Anordnung der Teile!

Aufgabe

Untersuche die Volumenänderung von Wasser bei Temperaturerhöhung!

Durchführung

1. Fülle den Erlenmeyerkolben entsprechend Bild 76/1 vollständig mit Wasser!
2. Kennzeichne den Flüssigkeitsstand im Glasrohr!
3. Stelle den Kolben danach in heißes Wasser!
4. Markiere den Wasserstand im Glasrohr, wenn er sich nicht mehr verändert! Miß die Temperatur!
5. Vergleiche den Flüssigkeitsstand bei Zimmertemperatur mit dem nach Temperaturerhöhung!
6. Formuliere eine Aussage über die Volumenänderung! Gib dabei den Temperaturbereich an!

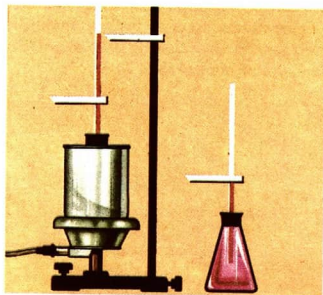


Bild 76/1 Untersuchung der Volumenänderung von Wasser bei Temperaturänderung

Auswertung

Bei Temperaturerhöhung dehnt sich das Wasser aus. Bei Temperaturniedrigung verringert sich das Volumen des Wassers.

Fast alle anderen Flüssigkeiten verhalten sich ebenso (z. B. Öl, Petroleum).

Daraus schließen wir:

Die meisten Flüssigkeiten dehnen sich bei Temperaturerhöhung aus und ziehen sich bei Temperaturniedrigung zusammen.

Dehnen sich unterschiedliche Flüssigkeiten, die das gleiche Volumen besitzen, alle in gleichem Maße aus?

Mit Hilfe eines Experiments wollen wir diese Frage beantworten.

Drei gleich große Gefäße mit gleich weiten Glasrohren sind gleich hoch mit Wasser, Öl und Petroleum gefüllt. Sie werden in ein Gefäß mit heißem Wasser gestellt. Die Petroleum- und die Ölsäule steigen höher als die Wassersäule (Bild 76/2).

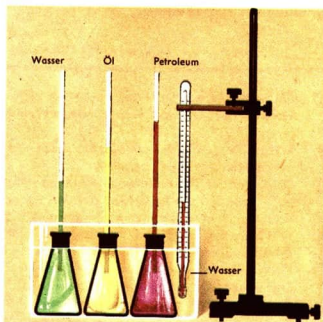


Bild 76/2 Untersuchung der Abhängigkeit der Volumenänderung von Flüssigkeiten vom Stoff

Die Ausdehnung der Flüssigkeiten hängt von der Temperaturerhöhung und vom Stoff ab.

In der Technik muß man an vielen Stellen berücksichtigen, daß sich Flüssigkeiten bei Temperaturerhöhung ausdehnen. Deshalb sind bei Öl- und Wasserkühlungen und bei Wasserheizungen „Ausdehnungsgefäße“ erforderlich (Bild 77/1). ①



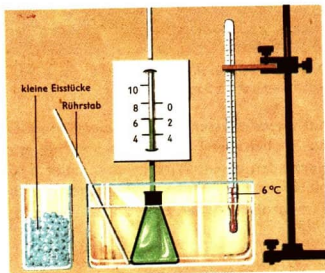
Bild 77/1 Ausdehnungsgefäß für das Kühlmittel beim PKW Wartburg 353

Wasser macht eine Ausnahme

Nicht alle Flüssigkeiten dehnen sich bei Temperaturerhöhung stets aus und ziehen sich bei Temperaturerniedrigung stets zusammen. Eine solche Ausnahme macht Wasser. Bei Zimmertemperatur und höheren Temperaturen verhält es sich wie die meisten anderen Flüssigkeiten (Experiment 24). Doch welches Verhalten zeigt das Wasser bei tieferen Temperaturen?

Bild 77/2 Nachweis des anomalen Verhaltens von Wasser bei Temperaturänderung

Wir verwenden zur Untersuchung die in Bild 77/2 dargestellte Anordnung. Immer wenn die Temperatur um 1°C gesunken ist, wird der Wasserstand auf dem Kartonstreifen eingezeichnet. Auf jeden Strich wird die dazugehörige Temperatur geschrieben. Wir beobachten: Zunächst nimmt das Volumen ab, dann wieder zu (Bild 77/2).



Daraus schließen wir:

Beim Erniedrigen der Temperatur auf 4°C zieht sich Wasser zusammen. Beim weiteren Absinken der Temperatur dehnt es sich wieder aus.

① Warum ist an der höchsten Stelle einer Warmwasserheizung ein oben offenes Gefäß (Bild 92/1)?

Man kann dieses Ergebnis auch unter Verwendung der physikalischen Größe Dichte beschreiben.

Beim Erniedrigen der Temperatur des Wassers nimmt seine Dichte zunächst zu. Sinkt jedoch die Temperatur unter $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, so nimmt seine Dichte wieder ab. Wasser hat bei $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ seine größte Dichte. Dieses besondere Verhalten nennt man **Anomalie des Wassers**. Die Anomalie ist für das Leben der Tiere und Pflanzen in unseren Gewässern sehr wichtig.

- Im Sommer befindet sich das Wasser mit der höchsten Temperatur an der Oberfläche (Bild 78/1). Wird nämlich Wasser von der Sonne erwärmt, dehnt es sich aus. Deshalb

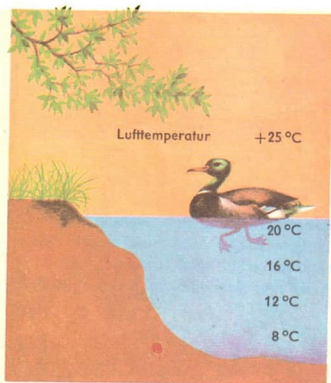


Bild 78/1 Temperaturverteilung in einem stehenden Gewässer im Sommer

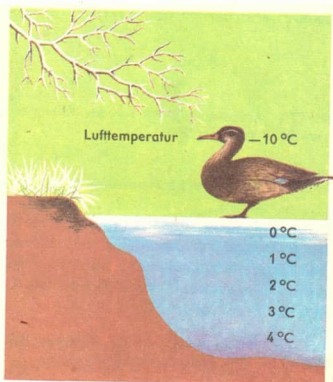


Bild 78/2 Temperaturverteilung in einem stehenden Gewässer im Winter

hat dieses Wasser eine etwas geringere Dichte als Wasser niedrigerer Temperatur. Es bleibt oben. Bei Temperaturenniedrigung zieht sich das Wasser zunächst zusammen und sinkt nach unten. Wird es aber unter $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ abgekühlt, so dehnt es sich wieder aus und bleibt deshalb an der Oberfläche. Jetzt befindet sich das Wasser mit der niedrigsten Temperatur an der Oberfläche. Deshalb friert das Gewässer von oben her zu (Bild 78/2).

①

Volumenänderung von Gasen bei Temperaturänderung

Geht man von dem Verhalten von festen Körpern und Flüssigkeiten aus, so liegt die Vermutung nahe, daß sich auch Gase bei Temperaturerhöhung ausdehnen. Bei der experimentellen Untersuchung müssen wir aber die besonderen Eigenschaften der Gase berücksichtigen. Gase lassen sich leicht zusammendrücken. Deshalb müssen wir darauf achten, daß dadurch nicht das experimentelle Ergebnis verfälscht wird. Die Experimentieranordnung (Bild 79/1) ermöglicht eine ungehinderte Ausdehnung eines Gases. Mit ihr kann untersucht werden, ob sich unsere Vermutung bestätigt.

Die Temperatur des Reagenzglas im Bild 79/1 wird durch Umfassen mit der Hand erhöht. Aus dem Glasrohr entweichen Luftblasen. Das Reagenzglas wird mit kaltem Wasser übergossen. In das Glasrohr dringt Wasser ein.

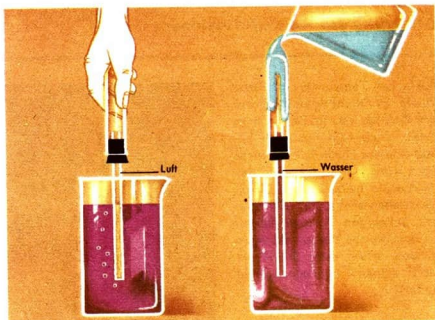


Bild 79/1 Untersuchung der Volumenänderung eines Gases bei Temperaturänderung

Wir erkennen: Luft dehnt sich bei Temperaturerhöhung aus. Wiederholen wir das Experiment mit anderen Gasen, so führt es zum gleichen Ergebnis. Wird die Temperatur verschiedener Gase in gleicher Weise erhöht, so entweicht das gleiche Gasvolumen aus dem Glasrohr. ②

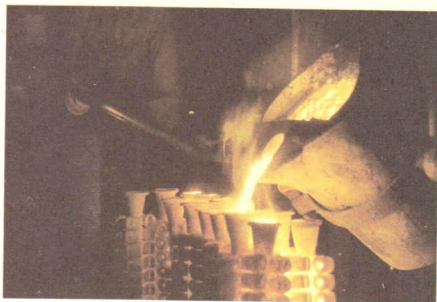
Alle Gase dehnen sich bei Temperaturerhöhung aus und ziehen sich beim Erniedrigen der Temperatur zusammen, wenn es das Gefäß zuläßt. Unter gleichen Bedingungen verändern alle Gase ihr Volumen in gleichem Maße.

Zusammenfassung

Fast alle festen Körper und Flüssigkeiten dehnen sich bei Temperaturerhöhung aus und ziehen sich bei Temperaturniedrigung zusammen. Die Ausdehnung hängt unter gleichen Bedingungen vom Stoff ab. Einige Stoffe, z. B. Wasser, verhalten sich in einem bestimmten Temperaturbereich anders (Anomalie). Alle Gase dehnen sich unter gleichen Bedingungen beim Erhöhen der Temperatur in gleichem Maße aus und ziehen sich beim Erniedrigen der Temperatur in gleichem Maße zusammen. Je größer die Temperaturänderung eines Körpers ist, um so größer ist die Volumenänderung.

- ① Beschreibe die Vorgänge in den Bildern 78/1 und 78/2 unter Verwendung des Begriffes Dichte!
 ② Streife über die Öffnung einer Flasche das Mundstück eines Luftballons, der nicht aufgeblasen ist! Lasse über die Flasche zunächst heißes, dann wieder kaltes Wasser laufen! Beobachte und erkläre!

Bei hoher Temperatur ist Eisen flüssig. Es nimmt dann die Form des Gefäßes an, in das man es gießt. Nach dem Erstarren behält es diese Form. Diesen wichtigen Vorgang nutzt man in der Produktion beim Gießen. Durch das Gießen ist es möglich, Körper mit beliebigen Formen herzustellen. Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit ein Stoff seinen Aggregatzustand ändert?

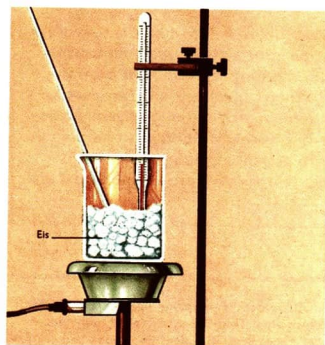


Das Schmelzen

Wenn es im Frühling wärmer wird, schmilzt das Eis auf den Flüssen und Teichen. Zünden wir eine Kerze, so schmilzt die Kerzenmasse (Stearin) in der Nähe der Flamme. Den Übergang eines Stoffes von dem festen in den flüssigen Aggregatzustand nennt man **Schmelzen**. Soll ein Körper schmelzen, so muß ihm Wärme zugeführt werden. Wie verändert sich die Temperatur, wenn man einem festen Körper Wärme zuführt?

Bild 80/2 Untersuchung des Temperaturverlaufs beim Schmelzen von Eis

Temperaturverlauf beim Schmelzen von Eis



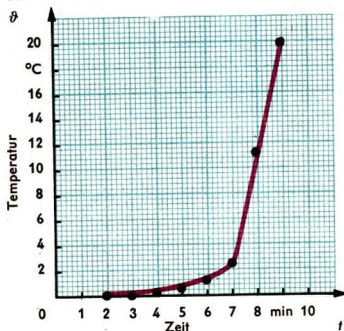
Zeit t in min	Temperatur ϑ in $^{\circ}\text{C}$	Beobachtung
0	-10	viel Eis vorhanden
1	-2	
2	0	
3	0	
4	0,3	wenig Eis vorhanden
5	0,6	
6	1,2	
7	2,5	alles Eis geschmolzen
8	11,3	
9	20,0	

27 In einen Becher werden kleine Eisstückchen gefüllt (Bild 80/2). Durch eine Heizplatte wird gleichmäßig Wärme zugeführt. Dabei wird ständig umgerührt. Nach jeweils einer Minute wird die Temperatur gemessen.

Die Tabelle auf Seite 80 unten zeigt die Meßergebnisse.

Der Temperaturverlauf ist in Bild 81/1 grafisch dargestellt. Aus dem Diagramm ist zu erkennen, daß Wärme zum Schmelzen erforderlich war. Das zeigt der zeitliche Verlauf der Temperatur. Vor dem Schmelzen steigt die Temperatur ständig an. Während des Schmelzens bleibt dann die Temperatur unverändert. Erst nachdem alles Eis geschmolzen ist, nimmt die Temperatur wieder zu.

Bild 81/1 Temperatur-Zeit-Diagramm beim Schmelzen von Eis



Schmelztemperaturen einiger Stoffe

Stoff	Schmelztemperatur in °C
Quecksilber	-39
Eis	0
Zinn	232
Blei	327
Zink	419
Aluminium	659
Silber	961
Kupfer	1 083
Eisen	1 537
Wolfram	3 380
Graphit	3 600

Bei der Temperatur 0 °C sind Eis und Wasser über längere Zeit gleichzeitig vorhanden. Diese Temperatur ist die **Schmelztemperatur** des Eises. Sie ist ein Fixpunkt der Celsiusskala. Untersucht man das Schmelzen anderer Stoffe, so erhält man gleichartige Ergebnisse. Jeder Stoff besitzt jedoch eine andere Schmelztemperatur.

Ein Stoff geht bei der Schmelztemperatur von dem festen in den flüssigen Aggregatzustand über. Dazu muß Wärme zugeführt werden. Während des Schmelzens ändert sich die Temperatur nicht.

Das Erstarren

Den Übergang eines Stoffes von dem flüssigen in den festen Aggregatzustand nennt man **Erstarren**.

Die Temperatur, bei der sich dieser Vorgang vollzieht, heißt **Erstarrungstemperatur**. Beim Erstarren muß der Flüssigkeit Wärme entzogen werden, d. h. die Umgebung muß eine niedrigere Temperatur als die Flüssigkeit besitzen. Deshalb dauert es z. B.

mehrere Tage, bis sich im Winter auf unseren Gewässern eine dicke Eisschicht gebildet hat, auch wenn es sehr kalt ist. Nach einer einzigen kalten Nacht kann man das Eis noch nicht betreten.

Im folgenden Experiment wollen wir die Beziehung zwischen Schmelz- und Erstarrungstemperatur untersuchen.

28

Ein Reagenzglas wird mit Stearin gefüllt und im Wasserbad erwärmt. Nach dem Schmelzen des Stearins wird das Reagenzglas wieder abgekühlt. Nach jeweils einer Minute wird die Temperatur gemessen. Außerdem wird beobachtet, wann das Stearin schmilzt und wann es erstarrt.

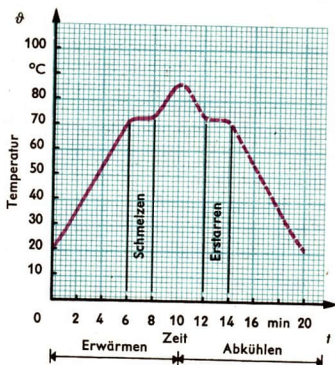


Bild 82/1 Temperatur-Zeit-Diagramm beim Erwärmen und Abkühlen von Stearin

Bild 82/1 zeigt das Ergebnis. Stearin schmilzt bei 71,5 °C und erstarrt bei 71,5 °C wieder. Während des Schmelzens und des Erstarrens ändert sich die Temperatur nicht.

Ein Stoff geht bei der Erstarrungstemperatur von dem flüssigen in den festen Aggregatzustand über. Dazu muß Wärme abgeführt werden. Schmelztemperatur und Erstarrungstemperatur stimmen überein.

Volumenänderung beim Schmelzen und Erstarren

Bei einer brennenden Kerze besitzt das geschmolzene Stearin eine waagerechte Oberfläche. Nach dem Erstarren befindet sich in der Mitte eine Mulde (Bild 82/2). Das Stearin hat sich beim Erstarren zusammengezogen.

①

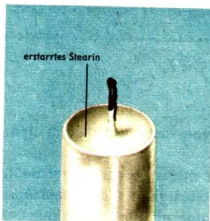


Bild 82/2 Volumenabnahme des Stearins beim Erstarren

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

Auch hierbei macht das Wasser eine Ausnahme. Das zeigt folgendes Experiment:

29 Ein Tablettenröhrchen wird 50 mm hoch mit Wasser gefüllt und in das Tiefkühlfach eines Kühlschranks gestellt. Nach dem Erstarren ist die Eissäule 55 mm lang (Bild 83/1).

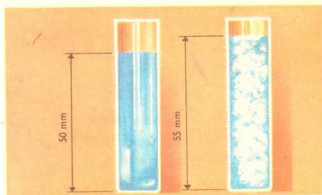


Bild 83/1 Volumenzunahme des Wassers beim Erstarren

Wasser dehnt sich beim Erstarren aus.

Dieses besondere Verhalten von Wasser führt zu einer Erscheinung, die wir aus der Natur kennen. Eisschollen schwimmen auf dem Wasser. Daran erkennt man, daß Eis eine geringere Dichte als Wasser hat.

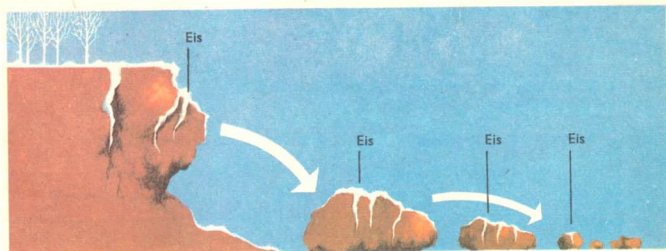


Bild 83/2 Absprengung von Felsstücken infolge der Ausdehnung des Wassers beim Erstarren

- Auch dieses besondere Verhalten von Wasser spielt in der Natur eine große Rolle. So dringt Regenwasser in Felspalten ein. Beim Erstarren im Winter dehnt es sich aus. Es verbreitert die Spalten (Bild 83/2). Diese Vorgänge wiederholen sich Jahr für Jahr, so daß die Felsstücke nach und nach zerkleinert werden. Dieser Vorgang trägt wesentlich zur Entstehung von fruchtbarem Boden bei.

① Begründe, warum eine Gießform etwas größere Abmessungen als das Gußstück besitzen muß!

In der Landwirtschaft wird die *Herbstfurche* gezogen. Im Winter erstarbt das Wasser in den großen Erdschollen. Dadurch vergrößern sich die mit Wasser gefüllten Hohlräume. Nach dem Schmelzen des Eises zerfallen die Schollen in lockere Erde, die viel Feuchtigkeit aufnehmen kann.

Den Technikern bereitet das Ausdehnen von Wasser beim Erstarren viele Schwierigkeiten. Gefriert Wasser in einer Rohrleitung, so kann sie zerplatzen. Deshalb müssen *Wasserleitungen* so tief in die Erde verlegt werden, daß das Wasser im Winter nicht darin erstarren kann.

③ ④ ⑤

Das Sieden

Im Experiment 27 haben wir das Schmelzen von Eis untersucht. Durch Zuführen von Wärme wandelte sich das Eis in Wasser um. Was geschieht nun, wenn wir dem Wasser immer weiter Wärme zuführen?

30

Aufgabe

Untersuche den Temperaturverlauf beim Erwärmen von Wasser!

Durchführung

1. Führe dem Gefäß mit Wasser gleichmäßige Wärme zu (Bild 84/1)!
2. Miß nach jeweils 2 min die Temperatur des Wassers und notiere die Meßwerte!
3. Zeichne das Temperatur-Zeit-Diagramm!

Auswertung

Erläutere die Vorgänge anhand des Temperatur-Zeit-Diagramms!

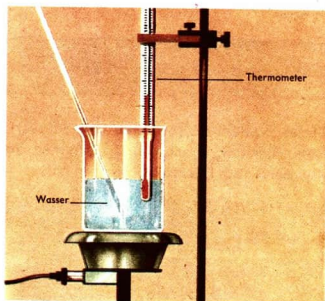
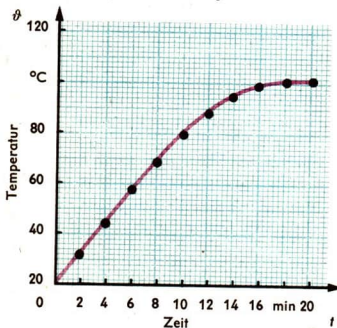


Bild 84/1 Untersuchen des Temperaturverlaufs beim Erwärmen von Wasser

Bild 84/2 Temperatur-Zeit-Diagramm



Siedetemperaturen einiger Stoffe

Stoff	Siedetemperatur in °C
Äther	35
Äthanol (Alkohol)	78
Wasser	100
Meerwasser	104
Quecksilber	357
Blei	1 752
Kupfer	2 350
Aluminium	2 497
Gold	2 700

Wir haben im Experiment beobachtet, daß sich das Wasser in Dampf umgewandelt hat.

Den Übergang eines Stoffes von dem flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand nennt man **Sieden**. Die dazu erforderliche Temperatur heißt **Siedetemperatur**. Während des Siedens ändert sich die Temperatur nicht (Bild 84/2). Die Siedetemperatur des Wassers ist ein Fixpunkt der Celsiusskale. Andere Flüssigkeiten zeigen beim Erwärmen das gleiche Verhalten. Ihre Siedetemperaturen unterscheiden sich jedoch voneinander. ⑥

Ein Stoff geht bei der Siedetemperatur von dem flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand über. Dazu muß Wärme zugeführt werden. Während des Siedens ändert sich die Temperatur nicht.

Das Kondensieren

Im letzten Teil des Experiments haben wir beobachtet, daß sich der Dampf oberhalb des Bechers wieder in kleine Wassertröpfchen umwandelte.

Den Übergang eines Stoffes von dem gasförmigen in den flüssigen Aggregatzustand nennt man **Kondensieren**.

Im folgenden Experiment kann das Kondensieren gut beobachtet werden.

31

In einem Becher befindet sich siedendes Wasser. Dicht darüber wird eine kalte Glasplatte gehalten. An dieser Platte scheiden sich Wassertröpfchen ab, die immer größer werden, schließlich herablaufen und abtropfen. Dabei nimmt die Temperatur der Platte zu (Bild 85/1).

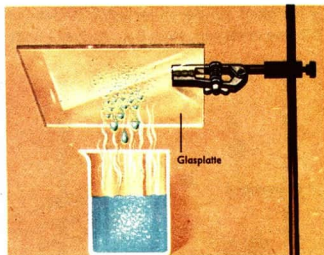


Bild 85/1 Kondensieren von Wasserdampf beim Abkühlen

- 1 Welche Schmelzvorgänge hast du schon beobachtet?
- 2 Welches ist die niedrigste Temperatur, die man mit einem Quecksilberthermometer messen kann? Beachte die Tabelle auf Seite 81!
- 3 Welche Gefahr besteht beim Einfrieren von Wasserleitungen? Wie wird ihr vorgebeugt? Begründe deine Aussage!
- 4 Laß einen gut durchfeuchteten Erdklumpen gefrieren und anschließend bei Zimmertemperatur auftauen! Was beobachtest du? Erkläre!
- 5 Welche Arbeiten sind im Herbst im Garten erforderlich, um Schäden durch erstarrendes Wasser zu vermeiden? Warum ist es vorteilhaft, im Herbst umzugraben und die Schollen nicht zu zerschlagen?
- 6 Begründe, weshalb ein feuchtes Tuch beim Bügeln Bekleidungsstücke vor zu starker Erwärmung schützt!

Wenn man dem Wasserdampf Wärme entzieht, so entsteht aus dem gasförmigen Wasserdampf wieder Wasser. Das erfolgt ebenfalls bei einer Temperatur von 100 °C. Diese Temperatur nennt man **Kondensationstemperatur**. Für andere Stoffe gilt das in entsprechender Weise.

Ein Stoff geht bei der Kondensationstemperatur vom gasförmigen in den flüssigen Aggregatzustand über. Dabei muß ihm Wärme entzogen werden. Siedetemperatur und Kondensationstemperatur stimmen überein.

Das Sieden des Wassers ist für die menschliche Ernährung, für die Industrie und die Landwirtschaft von großer Bedeutung. Dampf läßt sich in Rohrleitungen über viele Kilometer transportieren. In den einzelnen Häusern gibt er dann beim Kondensieren wieder Wärme ab. Die Wärme findet bei der Heizung und der Bereitstellung von warmem Wasser Verwendung. In den Wärmekraftwerken treibt heißer Wasserdampf die Turbinen an. Dampf ist in unserer Republik ein wichtiges Hilfsmittel für die Gewinnung von Elektroenergie.

Durch Verdampfen ist es weiterhin möglich, vermischte Flüssigkeiten, die eine unterschiedliche Siedetemperatur besitzen, voneinander zu trennen. Man nennt diesen Vorgang *Destillation*. Er wird in der chemischen Industrie vielfältig genutzt. Dazu wird das Flüssigkeitsgemisch erhitzt (Bild 86/1). Ist die Siedetemperatur eines der Stoffe erreicht (Flüssigkeit mit der niedrigsten Siedetemperatur), so verdampft er. Im Kühler wird ihm Wärme entzogen, so daß er wieder kondensiert. Er wird in einem Gefäß aufgefangen. ①

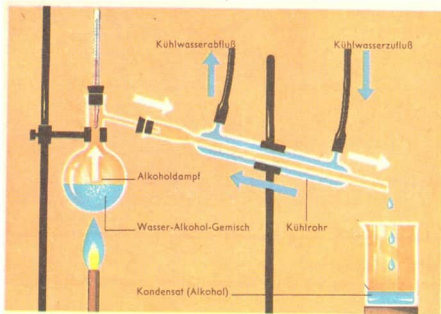


Bild 86/1
Destillieren eines Gemisches aus
Wasser und Äthanol (Alkohol)

Das Verdunsten

Nach einem Regen trocknet z. B. eine Asphaltstraße im Sommer schnell wieder ab. Selbst kleine Pfützen sind in wenigen Stunden verschwunden, auch wenn das Wasser nicht abfließen oder versickern kann. Beim Entfernen eines Fettflecks aus einem Klei-

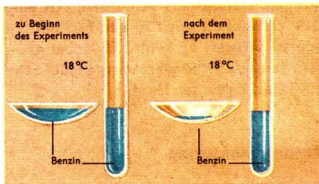
dingsstück verdunstet das Lösungsmittel in wenigen Sekunden. Warum steigen in all diesen Fällen keine Blasen auf?

Stoffe können auch dann vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand übergehen, wenn ihre Temperatur weit unter der Siedetemperatur liegt. Diesen Vorgang nennt man Verdunsten.

Von welchen Bedingungen hängt es ab, wie schnell eine Flüssigkeit verdunstet?

- 32 In ein Glasschälchen und ein Reagenzglas werden je 3 ml Benzin gegossen (Bild 87/1). Wir beobachten: In dem Glasschälchen verdunstet das Benzin schneller.

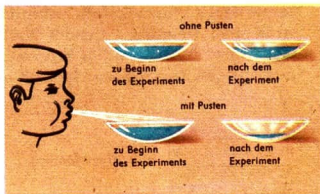
Bild 87/1
Abhängigkeit des Verdunstens von der Flüssigkeitsoberfläche



Wir schließen: Die Verdunstung hängt von der Größe der Flüssigkeitsoberfläche ab.

- 33 In zwei Uhrglasschalen werden je 3 ml Benzin gegossen (Bild 87/2). Über die zweite Schale wird ständig hinweggepuset. Wir beobachten: In der zweiten Schale verdunstet das Benzin schneller.

Bild 87/2
Abhängigkeit des Verdunstens vom Wegblasen des Dampfes



Wir schließen: Die Verdunstung hängt vom Abführen des Dampfes ab.

- 34 Zwei Lösschblätter werden mit Wasser angefeuchtet. Eines der beiden wird erwärmt. Wir beobachten: Das erwärmte Blatt trocknet schneller.

Wir schließen: Die Verdunstung hängt von der Temperatur ab.

④

- ① An der Unterseite eines Kochtopfdeckels scheiden sich Tropfen ab. Warum bestehen diese unabhängig von der Speise im heißen Topf immer aus Wasser?
- ② Bringe auf eine Glasplatte einige Tropfen Salzwasser! Was beobachtest du nach einigen Stunden?
- ③ In welchen Zusammenhängen hast du schon Verdunstungsvorgänge beobachtet?
- ④ Welche Bedingungen haben Einfluß auf das Trocknen der Wäsche? Begründe deine Aussagen ausgehend von den beschriebenen Experimenten! Unter welchen Bedingungen trocknet die Wäsche besonders schnell?

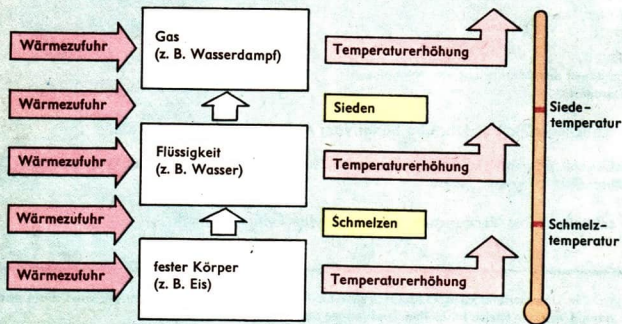
Die Verdunstung einer Flüssigkeit erfolgt um so schneller, je größer die Oberfläche und je höher die Temperatur der Flüssigkeit ist und je stärker der entstehende Dampf fortgeführt wird.

Beim Sieden muß Wärme zugeführt werden. Sie wird gebraucht, um die Flüssigkeit in ein Gas umzuwandeln. Beim Verdunsten wird die benötigte Wärme der Flüssigkeit entzogen. Wir erkennen das daran, daß sich die Flüssigkeit abkühlt. Das läßt sich leicht nachweisen. Wir brauchen dazu nur einige Tropfen Brennspritus auf unsere Hand zu bringen. Der Spiritus verdunstet. Wir empfinden eine Abkühlung.

Das Verdunsten spielt in der Technik und Natur eine große Rolle. In *Kühltürmen* verdunstet Wasser. Es kühlt sich dabei ab. Wenn die Temperatur des menschlichen Körpers zu hoch ist, sondert unsere Haut Schweiß ab. Wir schwitzen. Beim Verdunsten sinkt die Temperatur der Haut. ①

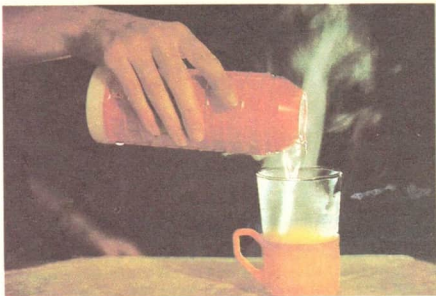
Zusammenfassung

Führt man einem Stoff im festen Aggregatzustand Wärme zu, so erhöht sich seine Temperatur so lange, bis die Schmelztemperatur erreicht ist. Bei weiterer Wärmezufuhr schmilzt er. Dabei ändert sich seine Temperatur nicht. In entsprechender Weise geht ein Stoff vom flüssigen Aggregatzustand durch ständige Wärmezufuhr bei der Siedetemperatur in den gasförmigen Aggregatzustand über.



Eine Flüssigkeit kann aber auch bei Temperaturen unterhalb der Siedetemperatur in ein Gas umgewandelt werden. Man nennt diesen Vorgang Verdunsten. Dabei wird der Flüssigkeit Wärme entzogen.

Im Thermosgefäß bleibt der Tee über viele Stunden heiß. Im Teeglas hat er sich in wenigen Minuten abgekühlt. Das Thermosgefäß ist außen kalt, das Teeglas heiß. Wie kann man erreichen, daß nur sehr wenig Wärme nach außen gelangt? Um die Frage zu beantworten, muß man untersuchen, wie die Wärme übertragen wird.



Die Wärmeleitung

Wir haben festgestellt, daß die Wärme immer vom Körper höherer Temperatur auf den Körper niedrigerer Temperatur übergeht. Deshalb wird durch den heißen Tee auch die Außenwand des Glases heiß. Ebenso wird der metallene Henkel eines Kochtopfes schnell heiß. Man muß sich sehr vorsehen, daß man sich nicht an einer Herdplatte oder an einem Ofenrohr verbrennt, obwohl sich das Feuer im Innern des Ofens befindet.

Alle diese Körper leiten die Wärme weiter.

In festen Körpern wird die Wärme durch Wärmeleitung übertragen.

Die Übertragung der Wärme erfolgt in den verschiedenen festen Stoffen unterschiedlich schnell (Bild 90/1). ⑤

- ① Wie verschaffen sich Hunde bei heißem Wetter Abkühlung?
- ② In einigen tropischen Ländern werden poröse Tongefäße zum Kühlen von Wasser verwendet. Erkläre die Kühlwirkung!
- ③ Weshalb ist das Anzeigeröhrchen eines Thermometers oben zugeschmolzen?
- ④ Bei welcher Gelegenheit hast du schon einmal das Abkühlen einer Flüssigkeit beim Verdunsten beobachtet?
- ⑤ Fasse ein Zehnpennigstück möglichst weit am Rande mit Daumen und Zeigefinger an! Halte es in die Flamme eines Streichholzes, das dein Vater oder deine Mutter angezündet hat! Wer kann den von ihm gehaltenen Gegenstand länger in der Hand behalten? Begründe deine Antwort!

Welche festen Stoffe leiten die Wärme gut, welche nicht so gut?

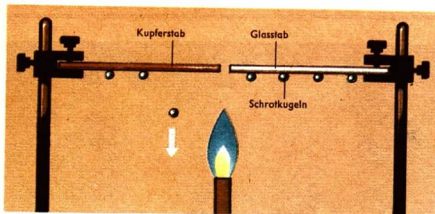


Bild 90/1 Nachweis, daß ein Kupferstab die Wärme besser leitet als ein Glasstab. Die Schrotkugeln sind mit Stearin an den Stäben befestigt. Beim Erwärmen schmilzt das Stearin, und die Kugeln fallen ab. Beim Kupferstab erfolgt das schneller als beim Glasstab.

35 Aufgabe
 Untersuche die Wärmeleitfähigkeit einiger fester Stoffe!

Durchführung

1. Fasse einen aus Eisen bestehenden Körper an einem Ende an!
2. Tauche sein anderes Ende etwa 2 cm tief in siedendes Wasser ein!
3. Miß die Zeit, die vom Eintauchen bis zu dem Zeitpunkt vergeht, in dem du den Körper wegen der zu hohen Temperatur nicht mehr halten kannst!
4. Verfahre mit den übrigen Körpern ebenso!
5. Ordne die untersuchten Stoffe nach ihrer Wärmeleitfähigkeit!

Je nach dem Verwendungszweck wählt man gute oder schlechte Wärmeleiter aus. ②

Gute und schlechte Wärmeleiter

gut	schlecht
alle Metalle (besonders Kupfer und Silber)	Holz Glas Porzellan Plast Wasser Luft

■ Eine Herdplatte besteht aus Stahl. Man nimmt einen Topflappen, um einen heißen Topf vom Herd zu nehmen. Bei vielen Töpfen sind die Henkel aus Plast, damit sie sich nicht zu stark erhitzen.

Flüssigkeiten und Gase sind schlechte Wärmeleiter. Das zeigt für Wasser das folgende Experiment:

36 Ein Reagenzglas wird mit kaltem Wasser gefüllt (Bild 90/2). In seinen unteren Teil bringt man außerdem ein Stück Eis, das dort von einem Draht gehalten wird. Der obere Teil des Reagenzglases wird in einer Flamme erwärmt. Nach kurzer Zeit siedet dort das Wasser, obwohl sich im unteren Teil Eis befindet.

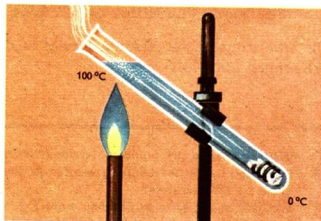


Bild 90/2 Wasser als schlechter Wärmeleiter

Metalle sind gute Wärmeleiter.

Die Wärmeströmung

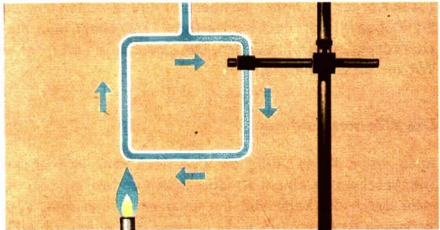
Die Wärmeleitung kann nicht die einzige Form der Wärmeübertragung sein. Wie sollte sonst z. B. die Wärme vom Fernheizwerk in unsere Wohnungen gelangen? Wie ist es möglich, daß manchmal im Winter der Schnee über Nacht weggeschmolzen ist? In diesen Fällen wird die Wärme durch strömende Flüssigkeiten oder Gase transportiert. Heißes Wasser oder Dampf transportieren sie vom Fernheizwerk in die Häuser. Mit dem heißen Wasser gelangt die Wärme in unsere Wohnungen. Die zum Schmelzen des Schnees erforderliche Wärme wird mit der Luft (Wind) aus wärmeren Gegenden herangeführt.

Strömende Flüssigkeiten und Gase können Wärme transportieren. Die Mitführung von Wärme durch Flüssigkeiten und Gase wird Wärmeströmung genannt.

Wärmeströmungen entstehen auf unterschiedliche Weise. In vielen Fällen werden sie durch Dichteunterschiede in Flüssigkeiten und Gasen hervorgerufen. Die Ursache für die Dichteunterschiede sind unterschiedliche Temperaturen. Eine solche Wärmeströmung kann mit dem folgenden Experiment untersucht werden.

³⁷ Ein rahmenförmig gebogenes Glasrohr wird mit Wasser gefüllt (Bild 91/1). In das Wasser streut man Sägespäne. An der einen unteren Krümmung wird erwärmt. Das Wasser beginnt zu strömen.

Bild 91/1 Nachweis der Wärmeströmung im Wasser



An der erwärmten Stelle nimmt die Temperatur des Wassers zu. Dabei dehnt es sich aus. Deshalb steigt das Wasser mit der höheren Temperatur auf, während Wasser geringerer Temperatur von der Seite her nachströmt. Dieser Vorgang wiederholt sich ständig. Die zugeführte Wärme wird von dem strömenden Wasser wegtransportiert.

- ① Nenne Stoffe, die die Wärme schlecht leiten. Bei welchen Gelegenheiten hast du das schon beobachtet?
- ② Nenne und erläutere Beispiele, bei denen gute und schlechte Wärmeleiter Verwendung finden!
- ③ Was würde geschehen, wenn das Eisstück im Bild 90/2 nicht von dem Draht gehalten würde?
- ④ Begründe, warum gerade dann eine gute Wärmeleitung auftritt, wenn Herdplatte und Boden des Kochtopfes aus Metall und beide ganz eben sind!

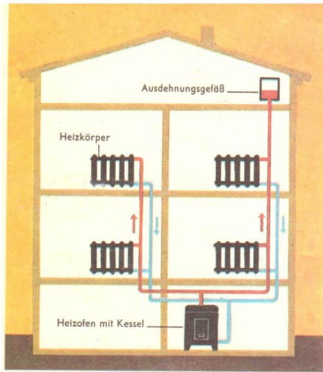


Bild 92/1 Warmwasserheizung

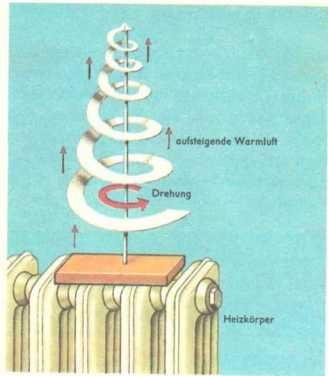


Bild 92/2 Papierschlange zum Nachweis der Wärmeströmung in Luft

- In derselben Weise vollzieht sich die Wärmeströmung in einer Warmwasserheizung (Bild 92/1). Durch Umwälzpumpen wird die Strömungsgeschwindigkeit in den meisten Fällen weiter vergrößert.

Jeder Körper mit hoher Temperatur ruft in seiner Umgebung eine Luftströmung hervor. Sie läßt sich leicht nachweisen (Bild 92/2). Stellt man die Papierschlange z. B. auf einen Heizkörper, so dreht sie sich. Die strömende Luft trägt wesentlich zur Übertragung der Wärme im Zimmer bei. ①

Die Wärmestrahlung

Auch wenn im Frühling die Luft noch sehr kalt ist, kann man sich bei strahlendem Sonnenschein an einem windgeschützten Platz sonnen. In diesem Falle kann die Wärme nicht durch die kalte Luft übertragen worden sein. Weder durch Leitung noch durch Strömung ist das möglich. Es handelt sich dabei um eine weitere Art der Wärmeübertragung, die **Wärmestrahlung**. Bei der Wärmestrahlung wird die Wärme ohne Mitwirkung eines Stoffes übertragen. Im leeren Raum breitet sich die Wärmestrahlung ohne Verluste aus. Auf diese Weise gelangt die Strahlung der Sonne zur Erde. Die Wärmestrahlung der Sonne ist eine wichtige Voraussetzung für das Leben auf der Erde. Die Wärmestrahlung tritt in der Umgebung aller heißen Körper auf. Man fühlt sie, wenn man die Hand einer heißen Herdplatte oder glühenden Kohlen nähert, obwohl die umgebende Luft kühl ist.

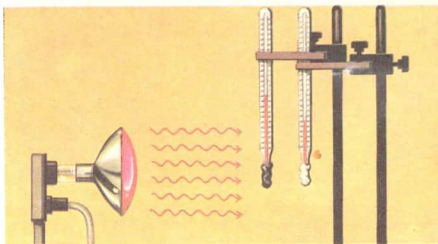
Heiße Körper senden eine Wärmestrahlung aus. Dabei wird die Wärme ohne Mitwirkung eines Stoffes übertragen.

Durch die Wärmestrahlung kann die Temperatur von Körpern erhöht werden. Welche Eigenschaften der Körper beeinflussen diese Temperaturerhöhung?

38

Die Thermometergefäße zweier gleicher Thermometer werden in ein kleines Stück Aluminiumfolie eingewickelt. Die Aluminiumfolie des einen Thermometers wird mit einer Kerzenflamme beruht (Bild 93/1). Beide Thermometer werden einige Zeit vor einen Wärmestrahler gehalten.

Bild 93/1 Unterschiedliche Absorption der Wärmestrahlung von hellen und dunklen Körpern



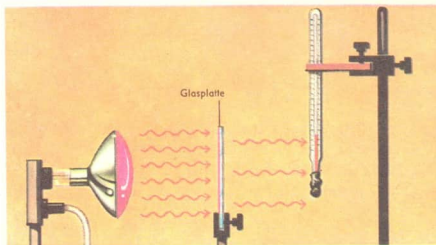
Wir stellen fest: Das Thermometer mit der beruhten Folie zeigt eine höhere Temperatur an.

Dunkle, matte Körper absorbieren (verschlucken) die Wärmestrahlung stärker als helle, glänzende Körper. Dunkle Körper strahlen die Wärme auch stärker ab als helle.

39

Vor das Thermometer mit der beruhten Folie wird zuerst eine Holzplatte, dann eine gleich dicke Glasplatte gehalten (Bild 93/2).

Bild 93/2 Verschiedene Stoffe lassen die Wärmestrahlung unterschiedlich stark hindurch



Wir stellen fest: Hinter der Holzplatte sinkt die Temperatur auf den ursprünglichen Wert ab. Hinter der Glasplatte steigt die Temperatur wieder an, jedoch nicht so weit wie bei direkter Bestrahlung.

- ① Erläutere Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen dem im Bild 91/1 dargestellten Experiment und einer Warmwasserheizung (Bild 92/1)!
- ② Warum schmilzt Schnee besonders schnell dort, wo dunkle Körper (Schmutz u. ä.) auf ihm liegen?

Verschiedene Stoffe sind für die Wärmestrahlung unterschiedlich durchlässig. Durch Luft geht sie fast ungehindert hindurch.

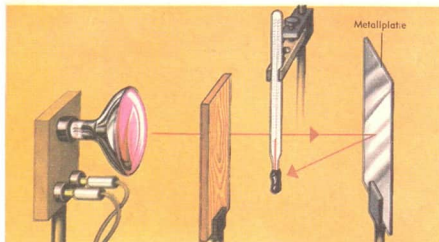


Bild 94/1
Reflexion von Wärmestrahlung

40 Das Thermometer mit der berußten Folie wird so hinter der Holzplatte aufgestellt, daß es von der Wärmestrahlung nicht getroffen wird. Wie im Bild 94/1 ordnet man außerdem eine glänzende Metallplatte an. Danach steigt die Temperatur.

Von hellen und glänzenden Flächen wird die Wärmestrahlung reflektiert (zurückgeworfen).

**Trifft Wärmestrahlung auf einen Körper, so wird sie zum Teil reflektiert, zum Teil absorbiert und zum Teil hindurch gelassen.
Absorbiert ein Körper die Wärmestrahlung, so erhöht sich seine Temperatur.**

Anwendungen der Wärmeübertragung

Bei vielen Vorgängen und Geräten ist eine gute Wärmeübertragung erwünscht. Deshalb bestehen z. B. elektrische Herdplatten aus Metall. Kochtöpfe für solche Herde sollten einen ebenen Boden haben. Moderne Heizkörper besitzen von unten nach oben verlaufende Luftschächte, die die Wärmeströmung begünstigen (Bild 94/2). In vielen

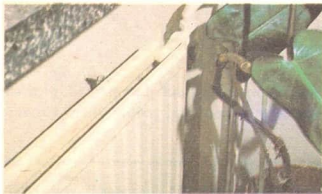


Bild 94/2
Heizkörper

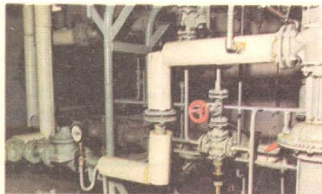


Bild 94/3
Wärmedämmung bei Rohren einer Fernheizung

Fällen ist die Wärmeübertragung aber auch nicht erwünscht. Hier sorgt man dafür, daß sie behindert wird. Dann spricht man von **Wärmedämmung**.

Zur Wärmedämmung benutzt man vor allem die schlechte Wärmeleitfähigkeit der Luft. Dabei müssen aber Wärmeströmungen in der Luft verhindert werden. Das geschieht mit Faserstoffen (z. B. Glaswolle) oder Schaumstoffen. Wärmedämmende Baustoffe enthalten viele Hohlräume (z. B. Gasbeton, Lochziegel).

Die *Rohre der Fernheizung* sind mit einer dicken Schicht Glaswolle umkleidet. Außerdem sind sie von hellem, glänzendem Aluminiumblech umgeben (Bild 94/3). Die Wände von *Kühlwagen* enthalten zur Wärmedämmung eine Schicht Schaumstoff. Ihre Außenwand ist hell gestrichen. ③



Bild 95/1
Miete für die Überwinterung
von Hackfrüchten



Bild 95/2
Thermosgefäß

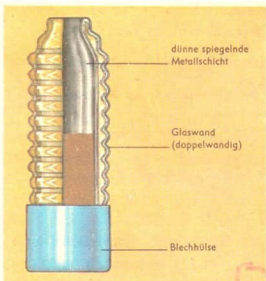


Bild 95/3
Schnitt durch ein Thermosgefäß

Hackfrüchte werden zum Teil während des Winters in *Mieten* eingelagert. Die Wärmedämmung erfolgt dabei vor allem durch Strohschichten (Bild 95/1).

Eine besonders gute Wärmedämmung ermöglichen *Thermosgefäße* (Bild 95/2). Sie besitzen eine doppelte Wandung. Der Raum dazwischen ist nahezu luftleer. Außerdem sind die Wandungen mit einer dünnen, spiegelnden Metallschicht versehen (Bild 95/3). ⑤

-
- ① Warum soll ein Außenthermometer im Schatten hängen?
 - ② Gib an, wie die Wärme von der Flamme des Gasherdes zu den Kartoffeln im Kochtopf gelangt!
 - ③ Begründe, warum die Rohre der Fernheizung von Glaswolle und glänzendem Aluminiumblech umgeben sind! Schätze die wirtschaftliche Bedeutung ein!
 - ④ Welche Bedeutung besitzt die Wärmedämmung im Wohnungsbau? Gib dazu Beispiele an!
 - ⑤ Warum weist ein Thermosgefäß eine sehr große Wärmedämmung auf?
 - ⑥ Welche Vorteile bieten Doppelfenster gegenüber einfachen Fenstern?
 - ⑦ Nenne Tiere, die durch ihren Körperbau oder ihre Lebensweise gegen niedrige Lufttemperaturen geschützt sind! Beschreibe und begründe diesen Schutz!
 - ⑧ Weshalb schützt eine Schneedecke die Wintersaat vor zu starkem Frost?
 - ⑨ Wie schützt der Gärtner die jungen Pflanzen im Frühjahr gegen Nachfröste?
 - ⑩ Welche Vorzüge besitzen Folienzelle und Gewächshäuser? Begründe, warum die Innentemperatur höher ist als die Außentemperatur!

Wärme kann durch Leitung, Strömung und Strahlung übertragen werden.

Wärmeleitung tritt in Stoffen aller Aggregatzustände auf. Metalle sind die besten Wärmeleiter.

Wärmeströmung ist in Flüssigkeiten und Gasen möglich.

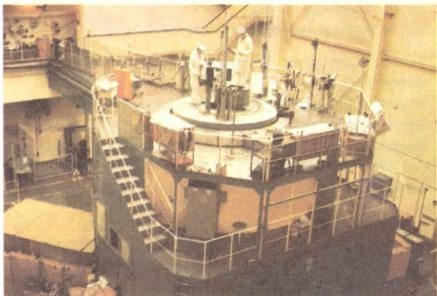
Bei der Strahlung wird die Wärme ohne Mitwirkung eines Stoffes übertragen.

Wiederholung und Übung

13

1. Skizziere den Aufbau eines Flüssigkeitsthermometers und beschreibe seine Wirkungsweise!
2. Das Thermometer im Einkochapparat zeigt $99\text{ }^{\circ}\text{C}$, das Zimmerthermometer $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ und das Thermometer in der Tiefkühltruhe $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ an. Berechne die Temperaturdifferenzen!
3. Erkläre, weshalb bei Meßzylindern die Angabe der Temperatur erforderlich ist (z. B. $20\text{ }^{\circ}\text{C}$)!
4. Beschreibe den Aufbau und erkläre die Wirkungsweise eines Bimetallstreifens! Nenne Anwendungsbeispiele!
5. Vergleiche die Volumenänderung, die beim Abkühlen der meisten Stoffe von Zimmertemperatur auf $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ erfolgt, mit der von Wasser!
6. Wie ist es zu erklären, daß im Frühjahr längere Zeit Schnee- und Eisreste zurückbleiben, obwohl Lufttemperaturen über $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ herrschen?
7. Welcher Unterschied besteht zwischen dem Erstarren von Wasser und dem Erstarren der meisten anderen Stoffe? Beschreibe das unterschiedliche Verhalten durch je ein Beispiel aus der Natur und aus der Technik!
8. Worauf muß man achten, wenn man Speisen und Flüssigkeiten mit hohem Wasseranteil ins Tiefkühlfach oder im Winter auf den Balkon stellt?
9. Beim Weichlöten wird das Lötmetall mit dem Lötkolben geschmolzen. Dieser muß zwar erhitzt werden, braucht aber nicht zu glühen. Was kannst du über die Schmelztemperatur des Lötmetalls aussagen?
10. Informiere dich über die Siedetemperaturen einiger häufig verwendeter Flüssigkeiten und präge sie dir ein!
11. Welche Vorgänge vollziehen sich, wenn man ein Gas immer weiter abkühlt? Fertige dafür eine Übersicht an! Gestalte sie ähnlich der Darstellung auf S. 88!
12. Welche gemeinsamen Merkmale besitzen Schmelz- und Siedevorgang?
13. Nenne Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Sieden und Verdunsten!
14. Im Winter erscheinen Körper aus Metall beim Anfassen kälter als Körper aus Holz oder Plast! Erkläre diese Beobachtung!
15. Nenne die Möglichkeiten der Wärmeübertragung und gib je ein Beispiel für ihre praktische Nutzung an!
16. Welchen Einfluß hat die gute Wärmedämmung eines Daches?

Wir haben bereits erfahren, daß alle Stoffe aus Teilchen bestehen. Teilchen können zum Beispiel Atome oder Moleküle sein. 1911 entwickelte der englische Physiker Rutherford erste Vorstellungen vom Aufbau des Atoms. Seitdem untersuchen Wissenschaftler in aller Welt immer genauer diesen Aufbau und nutzen die Kenntnisse vom Aufbau des Atoms. Das Bild zeigt eine Anlage im Zentralinstitut für Kernforschung in Rossendorf bei Dresden.



Elektrisch geladene Körper

Der Aufbau des Atoms hängt eng mit elektrischen Erscheinungen zusammen. Deshalb wollen wir zuerst einige elektrische Erscheinungen untersuchen.

- 41 Zwei Kugeln hängen an Fäden nebeneinander (Bild 97/2). Beide Kugeln werden mit einem Plastikstab berührt. Danach wird der Plastikstab mit einem Seidentuch gerieben. Die Kugeln werden mit dem geriebenen Plastikstab berührt.

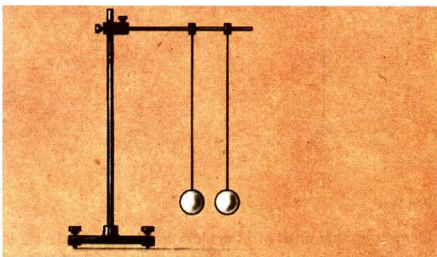


Bild 97/2

- ① Reibe deinen Kamm am Ärmel und fahre damit langsam durch deine frischgewaschenen und gut getrockneten Haare!
Was beobachtest du?
- ② Reibe einige Papierstückchen von etwa 0,5 cm Durchmesser von einer Zeitung ab! Reibe einen Gegenstand aus Plast (Plasthülle deines Kugelschreibers, Füllhalters usw.) am Ärmel deiner Jacke oder deines Pullovers und bringe ihn in die Nähe der Papierstückchen!
Was stellst du fest?

Wir beobachten: Nach dem Berühren mit dem geriebenen Plaststab stoßen die beiden Kugeln einander ab.

42 Wir verändern das Experiment. Nach dem Reiben wird die eine Kugel mit dem Plaststab, die andere mit dem Seidentuch berührt.

Wir beobachten: Beide Kugeln ziehen einander an.

Wir schlußfolgern: Zwischen beiden Kugeln wirken entweder anziehende oder abstoßende Kräfte.

Ähnliche Erscheinungen beobachteten bereits die Griechen im Altertum. Sie rieben Bernstein mit einem Tuch und beobachteten Funken, die vom Bernstein auf das Tuch übersprangen. Aus dem griechischen Wort „elektron“ für Bernstein entstand später das Wort **Elektrizität**. In den Jahren 1600 bis 1790 wurden die elektrischen Erscheinungen der *Reibungselektrizität* näher erforscht. Die Forscher kamen zu folgenden Ergebnissen (Bild 98/1):

Körper, zwischen denen nach dem Reiben Kräfte auftreten, besitzen eine elektrische Ladung.

Es gibt positive (+) und negative (−) elektrische Ladungen.

Gleichnamig geladene Körper stoßen einander ab, ungleichnamig geladene Körper ziehen einander an.

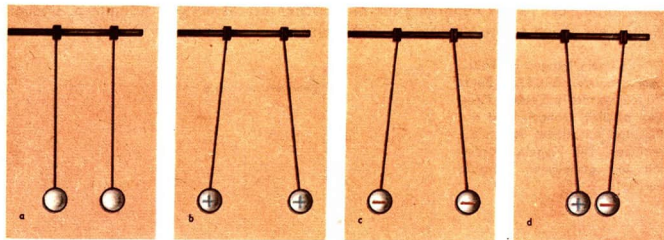


Bild 98/1

Damals konnte noch nicht erklärt werden, weshalb die elektrischen Ladungen erst nach dem Reiben unterschiedlicher Materialien auftraten. Heute ermöglichen die Kenntnisse über den Aufbau der Atome eine Erklärung.

Aufbau des Atoms

Rutherford erkannte, daß jedes Atom aus einem **Atomkern** und einer **Atomhülle** besteht. Es gibt kleinste, d. h. unteilbare positive und negative elektrische Ladungen. Der Atomkern ist Träger von kleinsten *positiven* elektrischen Ladungen. Die Atomhülle besteht aus **Elektronen**. Alle Elektronen sind gleich. Jedes Elektron ist Träger einer

kleinsten *negativen* elektrischen Ladung. Die Elektronen bewegen sich ständig. Durch die anziehenden Kräfte zwischen dem positiv geladenen Atomkern und den negativ geladenen Elektronen werden die Elektronen ständig aus ihrer Richtung abgelenkt. Sie bewegen sich deshalb um den Atomkern (Bild 99/1). In allen Atomen stimmt die Anzahl der positiven elektrischen Ladungen mit der Anzahl der negativen elektrischen Ladungen (Anzahl der Elektronen) in der Atomhülle überein. Dieser Zustand wird als *elektrisch neutral* bezeichnet (Bild 99/2). ②

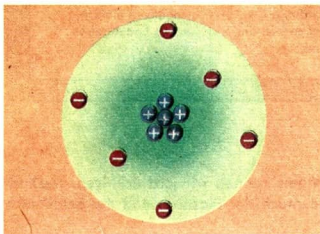


Bild 99/1

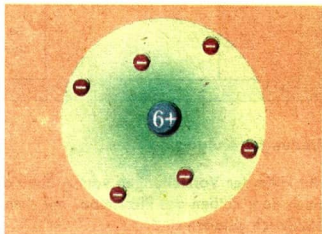


Bild 99/2

In der Natur gibt es 94 Atomarten. Sie unterscheiden sich voneinander durch die Anzahl der positiven elektrischen Ladungen im Atomkern und die Anzahl der Elektronen in der Atomhülle. Atomkerne von Wasserstoffatomen haben nur eine positive elektrische Ladung. Sauerstoffatome haben 8, Aluminiumatome 13 positive elektrische Ladungen im Atomkern. Außerdem sind die Atomkerne bei den verschiedenen Arten unterschiedlich groß (Bild 99/3). ③

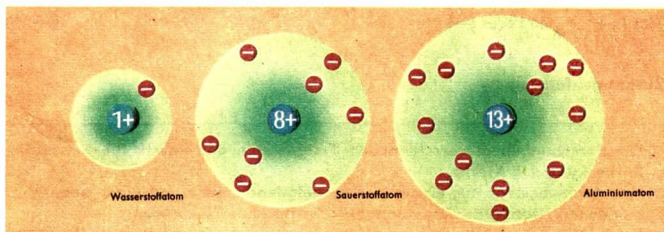


Bild 99/3

- ① Erläutere das Bild 98/1!
 ② Was verstehst du darunter, wenn man sagt, ein Körper ist elektrisch neutral?
 ③ Der Atomkern eines Kohlenstoffatoms trägt 6 positive elektrische Ladungen. Zeichne das Bild des Kohlenstoffatoms entsprechend dem Bild 99/3!

Zusammenfassung

Atom	Atomkern ist Träger positiver elektrischer Ladungen.	Atomhülle besteht aus Elektronen. Elektronen besitzen eine negative elektrische Ladung. Sie bewegen sich um den Atomkern.	Atome sind elektrisch neutral; die Anzahl der positiven elektrischen Ladungen ist gleich der Anzahl der negativen elektrischen Ladungen.
-------------	--	---	--

Ladungstrennung

Mit Hilfe der Vorstellungen vom Aufbau des Atoms können wir jetzt erklären, weshalb nach dem Reiben des Plaststabes mit dem Seidentuch der Plaststab und das Seidentuch elektrisch geladen sind.

Der ungeriebene Plaststab und das ungeriebene Seidentuch sind elektrisch neutral. Wird der Plaststab mit dem Seidentuch gerieben, so gehen Elektronen von der Oberfläche des Seidentuches auf den Plaststab über. Auf diesem entsteht ein Elektronenüberschuß. Der Plaststab ist *negativ* elektrisch geladen. Im Seidentuch fehlen Elektronen, dort ist ein Elektronenmangel. Es überwiegen die positiven elektrischen Ladungen. Das Seidentuch ist *positiv* elektrisch geladen.

Außer dem Stoffpaar Plast und Seide gibt es noch weitere Stoffpaare, die nach dem Reiben elektrische Erscheinungen zeigen.

Bernstein (—) und Wolle (+)

Glas (+) und Leder (—)

③ ④ ⑤

Zusammenfassung

Die Forschungen in verschiedenen Teilgebieten der Physik führten zur Entdeckung des Atoms.

Das Atom besteht aus einem positiv geladenen Kern und einer negativ geladenen Atomhülle. Die Atomhülle besteht aus Elektronen.

Ein Körper ist elektrisch neutral, wenn er gleich viel positive und negative elektrische Ladungen besitzt.

Ein Körper ist elektrisch geladen, wenn sich die Anzahl der positiven Ladungen aller Atomkerne von der Anzahl der Elektronen unterscheidet. Ein negativ geladener Körper hat Elektronenüberschuß. Ein positiv geladener Körper hat Elektronenmangel.

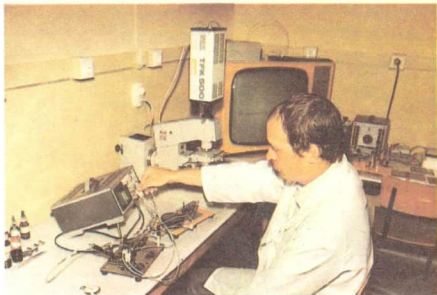
VON DER ARBEIT DER PHYSIKER

15

Arbeitsverfahren der Physiker

Die Physik ist eine bedeutende Wissenschaft. Ihre Ergebnisse werden immer umfangreicher, die Arbeitsverfahren immer weiter vervollkommenet.

Wir wollen erfahren, womit sich Physiker beschäftigen und welche Arbeitsverfahren sie dabei nutzen.



Welche Arbeitsverfahren werden in der Physik angewendet?

Aus der Geschichte wissen wir: Die Menschen beobachteten die Natur, sammelten Erfahrungen und wendeten die gewonnenen Erkenntnisse in der Praxis an.

- Mit der Kraft des gespannten Bogens konnten Jäger schnelle und gefährliche Tiere jagen. Das Wasser bewegte Schöpfräder und Mühlsteine. Die Wärme des Feuers schützte vor Kälte. Eigenschaften geschliffener Glaskörper nutzte man für die Herstellung von Brillen und Ferngläsern.

- ① Erläutere die Übersicht vom Aufbau des Atoms auf Seite 100!
- ② Im folgenden wird angegeben, wieviel positive Ladungen sich im Atomkern einiger Atomarten befinden:
 - a) Sauerstoffatom 8 positive Ladungen,
 - b) Eisenatom 26 positive Ladungen,
 - c) Blei 82 positive Ladungen.
- ③ Aus wieviel Elektronen bestehen die Atomhüllen der einzelnen Atomarten?
- ④ Ein Glasstab wird mit Leder gerieben. Gib an, auf welchem der beiden Körper ein Elektronenüberschuß besteht!
- ⑤ Erkläre, weshalb einige Körper aus verschiedenen Stoffen nach dem Reiben elektrisch geladen sind, obwohl sie vorher elektrisch neutral waren!
- ⑥ Ein Glasstab wird mit Leder gerieben. Anschließend wird ein PVC-Stab mit Leder gerieben; das Leder erhält dabei eine positive elektrische Ladung. Überlege, ob der Glasstab und der PVC-Stab einander anziehen oder abstoßen! Begründe deine Antwort!

Das systematische Sammeln von Erfahrungen ist keine leichte Arbeit. Viele Erfahrungen mußten gemacht werden, um das erste Segelschiff sicher steuern zu können. Eine Fülle von Kenntnissen war für den Bau einer Pyramide notwendig (Bild 102/1).

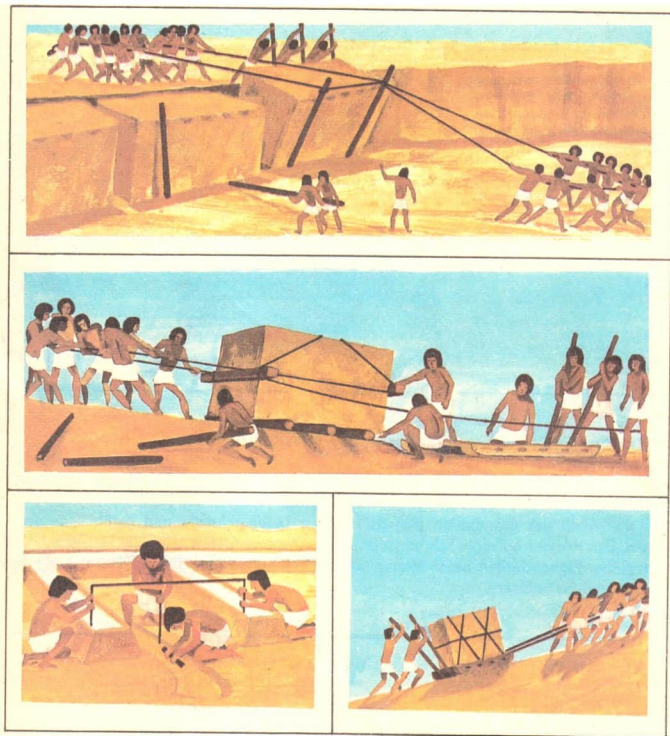


Bild 102/1

Um das Sammeln von Erfahrungen zu erleichtern, bildeten sich bestimmte Arbeitsverfahren heraus. Diese wurden im Laufe der Zeit immer weiter vervollkommen. Ein Arbeitsverfahren ist das **Beobachten**. Beim Beobachten nehmen wir mit unseren Sinnesorganen und mit technischen Hilfsmitteln (z. B. Lupe und Mikroskop) unsere Umwelt wahr. Das Beobachten muß zielgerichtet erfolgen, und manche Beobachtungen sind langwierig und anstrengend. Beim Beobachten muß man **Wesentliches** vom Unwesentlichen unterscheiden.

②

- Um die Bewegungsgesetze unserer Planeten zu erkennen, wurden die Beobachtungen mehrerer Wissenschaftler ausgewertet, die sie in Jahrzehnten gesammelt hatten. Anfangs wurden Beobachtungsergebnisse durch mündliche Überlieferung weitergegeben. Die Entwicklung der Schriftsprache ermöglichte die schriftliche Weitergabe und das sichere Aufbewahren von Erfahrungen. Das war auch für die Entwicklung der Physik von großer Bedeutung. Im Zusammenhang mit dem Beobachten ist es meist erforderlich, Gegenstände, Erscheinungen und Vorgänge zu beschreiben. Beim **Beschreiben** müssen wichtige Einzelheiten z. B. eines Vorganges verständlich und übersichtlich dargestellt werden. Zum Beschreiben dienen mündliche und schriftliche Darstellungen. Dazu können auch Skizzen, Zeichnungen, Meßwerttabellen und Diagramme genutzt werden. Ein weiteres Verfahren besteht darin, die Erscheinungen und Vorgänge zu **erklären**. Dabei kommt es darauf an, Erscheinungen und Vorgänge auf bekannte Zusammenhänge und Gesetze zurückzuführen.

Wichtige Arbeitsverfahren sind das Beobachten, das Beschreiben und das Erklären.

Ein weiteres Arbeitsverfahren ist das **Messen**. Zum Messen benötigt man **Meßgeräte**. Gemessen werden physikalische Größen.

- Man mißt eine Länge z. B. mit dem Bandmaß. Die Zeit wird mit der Uhr gemessen, die Temperatur mit dem Thermometer (Bild 104/1). ③
- Das Ergebnis einer Messung wird durch Zahlenwert und Einheit ausgedrückt, z. B.

$$m = 5 \text{ kg,}$$

$$F_G = 2,5 \text{ N,}$$

$$V = 20 \text{ cm}^3.$$

Meßwerte werden häufig in Tabellen eingetragen.

Wir untersuchten die Bewegung von Körpern (S. 18). Dabei wurden in einer *Tabelle* Meßwerte für Weg und Zeit aufgenommen. Ihre *grafische Darstellung* ergab das Weg-Zeit-Diagramm.

Im folgenden Experiment wollen wir unsere Kenntnisse anwenden, um mit großer Sorgfalt zu einem möglichst genauen Ergebnis zu kommen.

Bestimmen der Dichte

Aufgabe

Bestimme die Dichte von Glas und die Dichte von Salzwasser!

Vorbereitung

- Welche physikalischen Größen des Körpers müssen gemessen werden, wenn die Dichte des Stoffes bestimmt werden soll?
- Beschreibe, wie du die Dichte von Glas bestimmen willst! Verwende für die Messungen eine Glas- krampe!

- Nenne einige Beobachtungsaufgaben des bisherigen Physikunterrichts!
- Beschreibe den Bewegungsablauf eines Weitspringers! Was ist von der Beschreibung in physikalischer Hinsicht wesentlich, was ist unwesentlich?
- Nenne Meßgeräte! Gib ihre Meßbereiche an!
Welche Bedingungen sind bei der Verwendung der Meßgeräte einzuhalten?

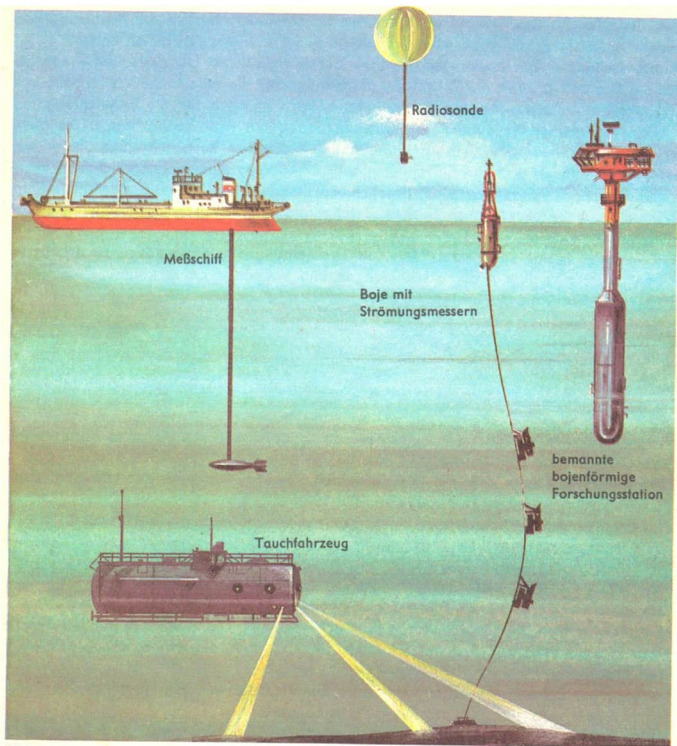


Bild 104/1 Technische Hilfsmittel zur Erkundung des Meeres

3. Beschreibe, wie du die Dichte von Salzwasser bestimmen willst!

Durchführung

1. Führe die erforderlichen Messungen an der Glaskrampe durch! Notiere die Meßergebnisse!
2. Führe die erforderlichen Messungen für das Salzwasser durch! Notiere die Meßergebnisse!

Auswertung

1. Berechne die Dichte des Glases, aus dem die Glaskrampe besteht!
2. Berechne die Dichte des Salzwassers!

In der Physik werden viele **mathematische Verfahren** angewendet. *Grafische Darstellungen* dienen der Überprüfung von Zusammenhängen, lassen uns Gesetze erkennen oder Vorgänge anschaulich darstellen. Sie sind ein wichtiges Mittel zur Auswertung von Meßergebnissen.

Viele physikalische Größen lassen sich durch *Berechnungen* ermitteln. Dazu verwenden wir Gleichungen. ①

▶ **Die Mathematik ist ein wichtiges Hilfsmittel für den Physiker.**

Zum Erklären von Erscheinungen und Vorgängen der Natur ist es oft notwendig, **Experimente** durchzuführen. Beim Experiment werden Vorgänge der Natur im Laboratorium unter vereinfachten und genau festgelegten Bedingungen nachvollzogen. Wir haben bisher schon viele Experimente im Physikunterricht durchgeführt. Unsere Kenntnisse über das Experiment können wir wie folgt zusammenfassen:

- ▶ **Das Experiment muß sorgfältig geplant werden.
Während des Experiments muß sorgfältig beobachtet, gemessen und protokolliert werden.
Das Ergebnis des Experiments muß sorgfältig formuliert werden.**

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. Im Ergebnis der Auswertung von Experimenten gewinnt der Physiker Gesetze. Mit diesen kann er das Beobachtete erklären. Es läßt sich mit Gesetzen auch vorhersagen, was unter bestimmten Bedingungen geschehen wird.

- Mit unserer Kenntnis über die Trägheit der Körper kann man die Wirkungen erklären, die ein plötzliches Abbremsen einer vollbesetzten Straßenbahn hervorruft. Es läßt sich auch vorhersagen, wie andere Bremsvorgänge ablaufen werden. Für die Verhütung von Verkehrsunfällen ist das sehr wichtig.

Womit beschäftigen sich die Physiker?

Einen ersten Hinweis auf die Antwort kann uns der bisherige Physikunterricht geben. Die **Teilgebiete der Physik** zeigen uns, womit sich die Physiker beschäftigen.

- Aus der **Wärmelehre** wissen wir, daß jeder Körper eine bestimmte Temperatur besitzt. Wärmezufuhr oder Wärmeabgabe ändert die Temperatur oder den Aggregatzustand. ②
- In der **Mechanik** wird ebenfalls das Verhalten der Körper untersucht. Durch Wechselwirkung üben Körper Kräfte aufeinander aus. Eine solche Kraft ist die Gewichtskraft. Wirkungen der Kräfte sind Bewegungs- und Formänderungen der Körper.

-
- ① Nenne physikalische Zusammenhänge! Gib den Zusammenhang zwischen physikalischen Größen in Form einer Gleichung an! Denke an Weg und Zeit, Masse und Volumen!
② Erkläre die Wirkungsweise einer Thermoskanne mit den Kenntnissen über die Wärmeübertragung!

Entsprechende Aussagen lassen sich auch über die anderen Teilgebiete der Physik machen.

Der Physiker muß sich auch damit beschäftigen, wie er Erkenntnisse erarbeiten kann. Deshalb ist die Weiterentwicklung der Arbeitsweise eine wichtige Aufgabe für den Physiker.

Die Physik hat eine enge Verbindung zur Technik. Dort wird sie am meisten angewendet. Aus der technischen Umwelt ergeben sich weitere Aufgaben für die Wissenschaft Physik.

Physikalisches Wissen kann zum Wohle und zum Schaden der Menschen angewendet werden. Es muß zur Verpflichtung jedes Physikers werden, sein Wissen immer für die Erhaltung des Friedens einzusetzen.

Wiederholung und Übung

16

1. Führe die nachstehenden Tätigkeiten durch! Beobachte sorgfältig, überlege gründlich und beschreibe knapp deine Beobachtungen!
 - a) Reibe die Handflächen mehrmals kräftig gegeneinander.
 - b) Stelle dich vor einen Spiegel und berühre dein linkes Ohr!
 - c) Lege auf eine Tischplatte ein Stück Pappe und stelle darauf einen Topf! Ziehe nun einmal langsam und einmal ruckartig an der Pappe!
 - d) Nimm mehrere nasse Stoffstückchen gleichen Materials und lege sie zum Trocknen an verschiedene Stellen, z. B. auf die Fensterbank, auf den Küchenschrank und auf den Küchenfußboden!
Vergleiche die Trocknungszeiten!
 - e) Lege ein Lineal so auf eine Fingerspitze, daß es nicht herunterfällt!
2. Nenne Beispiele für physikalische Erscheinungen, die du im Haushalt beobachten kannst! Gib an, in welchem Teilgebiet der Physik diese Erscheinungen erklärt werden!
Beispiel: Beim Füllen einer Badewanne mit warmem Wasser beschlägt in kühlen Räumen der Spiegel im Badezimmer. Diese Erscheinung wird mit Gesetzen der Wärmelehre erklärt.
3. Schärfere deine Beobachtungsgabe!
Was stimmt im Bild 107/1 nicht?
4. Beobachte und beschreibe den Bewegungsablauf eines Kraftwagens beim Annähern an eine ampelgeregelte Straßenkreuzung für den Fall, daß
 - a) die Ampel auf rot geschaltet ist,
 - b) die Ampel auf grün geschaltet ist,
 - c) die Ampel von rot auf rot/gelb und dann auf grün geschaltet wird!
5. Erkläre die Wirkungsweise von Doppelfenstern!
6. Jemand behauptet:
„Speiseöl kühlt sich schneller ab als Wasser!“
Überlege, wie man diese Behauptung überprüfen könnte!
7. Überlege dir ein Experiment, mit dem du die Verdrängung von Flüssigkeiten durch Gase zeigen kannst!
8. Stelle mit Hilfe des Lehrbuches Beispiele zusammen, die zeigen, daß man in der Physik die Mathematik als Hilfsmittel nutzt!

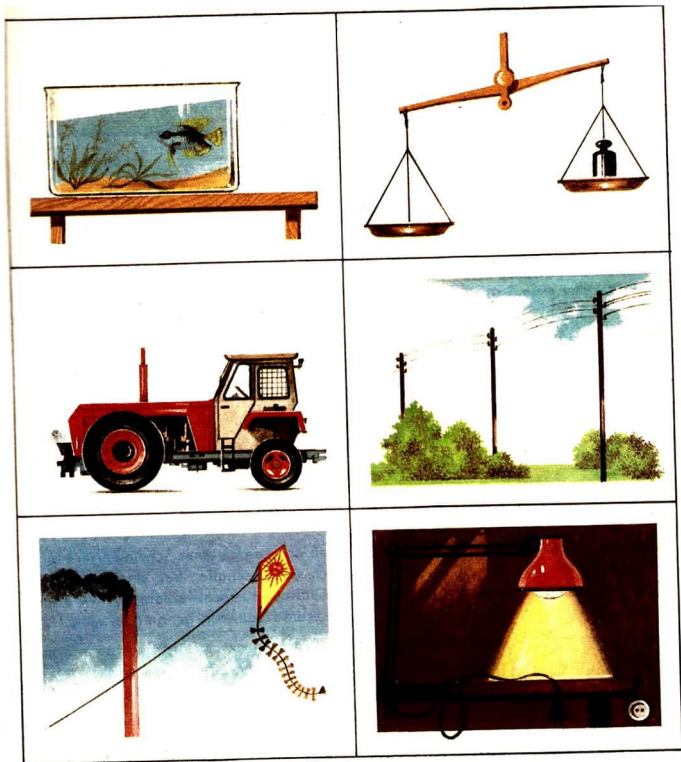


Bild 107/1

9. Stelle aus einem Taschentuch, einem Zwirnfaden und einem Stein einen Spielzeugfallschirm her!
Wie kannst du die Sinkgeschwindigkeit des Fallschirms bestimmen?
10. Sammle Beispiele aus dem täglichen Leben, wo durch elektrische Ladungen Kräfte zwischen Körpern zu beobachten waren! Frage auch deine Eltern und Bekannten!
11. Woran erkennt man, ob zwei Körper elektrisch geladen sind, nachdem sie miteinander gerieben wurden?

Die Ausbreitung des Lichtes

Eindrucksvoll ist es, wenn das Sonnenlicht durch die Zweige und Blätter der Bäume in den dunklen Wald scheint. Man kann Nebelschwaden sehen. Es sind Lichtbündel zu beobachten. Auch hat man den Eindruck, daß die Lichtbündel geradlinig verlaufen. Wie sind diese Erscheinungen zu erklären?



Lichtquellen

Die Sonne sendet Licht aus. Auch der Glühfaden der Lampe eines Scheinwerfers sendet Licht aus. Weitere Lichtquellen, die der Mensch sich geschaffen hat, sind zum Beispiel brennende Fackeln und Kerzen, eingeschaltete Glüh- und Leuchtstofflampen. Wir können diese Lichtquellen sehen, weil ihr Licht von unserem Auge wahrgenommen wird.

► **Körper, die Licht aussenden, heißen selbstleuchtende Körper oder auch Lichtquellen.**



Die meisten Körper jedoch senden kein Licht aus. Diese Körper sind trotzdem zu sehen, wenn sie beleuchtet werden. Sie werfen einen Teil des auf sie fallenden Lichtes zurück; man sagt, sie **reflektieren** das Licht (Bilder 108/2 und 108/3).

Bilder 108/2 und 108/3

Nichtleuchtende Körper sind sichtbar, wenn das von ihnen reflektierte Licht von unserem Auge wahrgenommen wird. Körper sind aber auch zu sehen, wenn sie hindurchfallendes Licht abschwächen oder wenn ihre Umrisse als Schatten sichtbar werden. Unsere wichtigste Lichtquelle ist die Sonne. Sie beleuchtet die Erde, aber auch den Mond und die künstlichen Erdsatelliten. Zur künstlichen Beleuchtung von Wohnungen, Werkhallen, Ställen, Straßen usw. dienen beispielsweise Glühlampen und Leuchtstofflampen. Das Licht der Lichtquelle fällt auf die beleuchteten Körper. Es wird dort reflektiert und gelangt in unser Auge. So werden diese Körper für uns sichtbar (Bilder 108/1 bis 108/3). Die beleuchteten Nebelschwaden im Bild 108/1 sind deshalb zu sehen, weil sie das Sonnenlicht reflektieren. Ein Schmutzleck auf einer Glasscheibe wird sichtbar, weil er das Licht abschwächt. ① ②

Lichtdurchlässigkeit

Beleuchtete Körper reflektieren aber nicht immer das gesamte auf sie fallende Licht. Es ist uns bereits bekannt, daß manche Körper das Licht hindurchlassen. Man bezeichnet solche Körper als **lichtdurchlässig**. Andere Körper lassen kein Licht hindurch. Solche Körper bezeichnet man als **lichtundurchlässig**.

44 Aufgabe

▼ Untersuche, wovon die Lichtdurchlässigkeit der Körper abhängt!

Durchführung

1. Halte vor die Heftleuchte nacheinander Körper aus Glas oder Plast, ein Blatt Papier und ein Stück Pappe (Bild 109/1)!
2. Halte nacheinander 1, 2, 3, 4 bis 10 Blatt Papier vor die Lichtquelle!

Auswertung

Welcher der jeweils untersuchten Körper ist lichtdurchlässig, welcher ist lichtundurchlässig? Wovon hängt bei den Papierblättern die Lichtdurchlässigkeit ab?

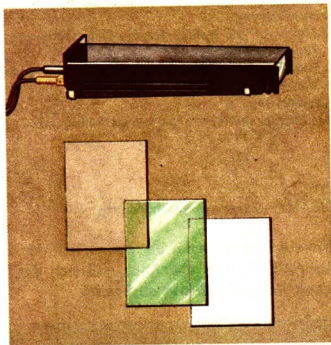


Bild 109/1 Zum Schülerexperiment

Auch weitere Experimente mit Körpern aus anderen Stoffen und mit unterschiedlich dicken Schichten führen zu der Erkenntnis:

- ① Weshalb kann man in einem völlig dunklen Zimmer nichts sehen? Warum kann man in dem Zimmer die Gegenstände sehen, wenn eine Lampe eingeschaltet wird?
- ② Betrachte das Bild 108/3!
Welche der abgebildeten Körper sind Lichtquellen, welche sind beleuchtete Körper?

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

Weil die Lichtdurchlässigkeit der Körper außer vom Stoff auch von der Schichtdicke abhängt, ist es falsch, wenn man für einen Stoff angibt, daß er für Licht durchlässig oder undurchlässig ist. So ist beispielsweise Wasser in dünnen Schichten lichtdurchlässig, in dicken nicht. In großen Meerestiefen (ab 350 m) herrscht völlige Dunkelheit. ④

Lichtausbreitung

Wir wissen aus dem täglichen Leben, daß eine Lampe, die in der Mitte eines Platzes leuchtet, von allen Seiten her gesehen werden kann. Eine Lichtquelle, die in der Mitte eines Zimmers steht, beleuchtet die Wände, die Decke und den Fußboden. Das Bild 108/1 läßt uns vermuten, wie sich das Licht ausbreitet. In einem Schülerexperiment wollen wir untersuchen, ob unsere Vermutung richtig ist.

45 Aufgabe

Untersuche, wie sich das Licht ausbreitet!

Durchführung

1. Halte vor die Heftleuchte die Dreispattblende (Bild 110/1)!
2. Beobachte den Verlauf des Lichtes vor und hinter der Blende!

Auswertung

Das Licht breitet sich in der Luft geradlinig aus.

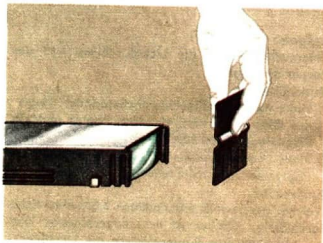


Bild 110/1 Experimentieranordnung

Weitere Experimente, bei denen sich das Licht durch Wasser, Glas oder andere Stoffe ausbreitet, zeigen ebenfalls, daß sich das Licht beim Durchgang durch einen einheitlichen Stoff **geradlinig** ausbreitet. ⑤

**Das Licht breitet sich geradlinig aus.
(Gilt nur in einem einheitlichen Stoff.)**

Lichtbündel – Lichtstrahl

Beim Schülerexperiment ließ die Blende nur einen Teil des Lichtes – ein **Lichtbündel** – hindurch. Dieses Lichtbündel kann kegelförmig auseinandergehen oder zusammenlaufen. Das Lichtbündel kann auch parallel und dabei je nach der Größe der Blendenöffnung breit (Bild 111/1 a) oder schmal (Bild 111/1 b) sein. Ein sehr schmales, paralleles Lichtbündel kennzeichnet den Weg des Lichtes besonders gut (Bild 111/1 c). Wenn man

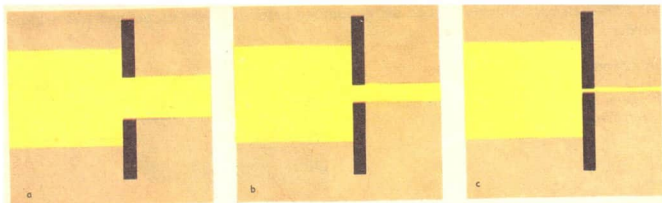


Bild 111/1

den Weg des Lichtes aufzeichnen will, muß man nicht das ganze Lichtbündel zeichnen. Es genügt, einen Strahl zu zeichnen. Diesen Strahl nennt man **Lichtstrahl**. Das Wort Lichtstrahl wird auch in der Umgangssprache benutzt, wobei man aber oft das Lichtbündel meint. ⑥

Schatten – Finsternisse

Es wurde von uns bereits erkannt, daß sich das Licht geradlinig ausbreitet (Bild 108/1). Mit diesem Wissen über die Ausbreitung des Lichtes lassen sich weitere Erscheinungen, die uns dem Namen nach schon bekannt sind, erklären. Es sind dies

- die Entstehung von Schatten,
- die Entstehung einer Mondfinsternis,
- die Entstehung einer Sonnenfinsternis,
- die Entstehung der Mondphasen.

- ① Trage die folgenden Körper in die Tabelle ein und begründe deine Entscheidung!
Leuchtstofflampe, Gaslaterne, Buchseite, Blitzlichtgerät, Erdsatellit, Rückstrahler, Schlußleuchte, Heftleuchte.

Lichtquelle	beleuchteter Körper
—	Mond

- ② Warum wird in einem Spiegellabyrinth eine Glaswand sofort erkannt, wenn auf ihr ein Schmutz-fleck ist? Begründe auch die Sichtbarkeit eines Glasfehlers (Blase), eines Greifvogels in großer Höhe, des Bildes auf einem bemalten Fenster, eines kleinen Loches im gegen das Licht gehaltenen Topf!
- ③ Vergleiche die Lichtdurchlässigkeit einer Scheibe aus Fensterglas, eines Blattes Papier und eines Stückes Pappe!
- ④ Halte deine Hand im dunklen Zimmer direkt vor eine helle Taschenleuchte!
Was beobachtest du?
Erkläre!
- ⑤ Nenne Beispiele, die zeigen, daß sich das Licht geradlinig ausbreitet!
- ⑥ Der Strahl ist aus dem Geometrieunterricht bekannt.
Wodurch unterscheidet sich der Strahl von einer Geraden?

Mit einfachen Experimenten sollen die genannten Erscheinungen vorgeführt und erklärt werden.

Schatten

- 46
▼ Bringe in das Licht einer Heftleuchte einen lichtundurchlässigen Körper (Bild 112/1)!

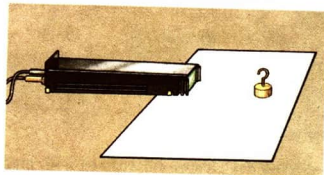


Bild 112/1
Experimentieranordnung mit einer Heftleuchte

Wir beobachten: Hinter dem Körper entsteht ein dunkler Raum, ein Schatten. ①

► **Wenn ein lichtundurchlässiger Körper von einer Lichtquelle beleuchtet wird, dann entsteht hinter dem Körper ein Schatten.**

- 47
▼ Ein lichtundurchlässiger Körper wird von zwei Heftleuchten beleuchtet (Bild 112/2). Hinter dem Körper entstehen Schatten, die unterschiedlich dunkel sind.



Bild 112/2
Experimentieranordnung mit zwei Heftleuchten

Kernschatten: Der Kernschatten ist der Raum, in den kein Licht der beiden Lichtquellen gelangt.

Halbschatten: Der Halbschatten ist der Raum, in den jeweils das Licht nur einer Lichtquelle gelangt.

② ③ ④

► **Wenn ein lichtundurchlässiger Körper von zwei Lichtquellen beleuchtet wird, dann entstehen hinter dem Körper Kernschatten und Halbschatten.**

Mondfinsternis – Sonnenfinsternis. Viele von uns haben bereits eine Mondfinsternis gesehen. Wie kommt diese Erscheinung zustande? Wir können sie mit unseren erworbenen Kenntnissen über die Ausbreitung des Lichtes erklären.

Mit einer Heftleuchte als „Sonne“ wird an der Tafel ein Lichtbündel erzeugt, eine Halbkugel dient als „Erde“, eine kleinere Halbkugel als „Mond“.

Je nach Stellung von Sonne, Erde und Mond können zwei Sonderfälle eintreten (Bilder 113/1 und 113/2):

Bild 113/1
Mondfinsternis

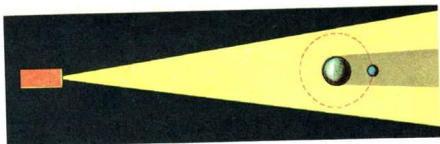


Bild 113/2
Sonnenfinsternis



► Befindet sich der Mond vollständig im Schatten der Erde, so ist der Mond nicht zu sehen. Es ist eine totale Mondfinsternis.
Befindet sich der Schatten des Mondes auf einem Teil der Erde, so ist dort die Sonne nicht zu sehen. Es ist eine totale Sonnenfinsternis.

- ① Das Bild 113/3 stellt eine punktförmige Lichtquelle und mehrere lichtundurchlässige Körper dar. Bedecke das Bild mit Transparentpapier! Konstruiere vom Mittelpunkt der Lichtquelle aus die Schattengebiete und kennzeichne sie!

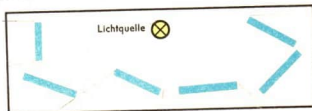


Bild 113/3 Zu Aufgabe 1

- ② Überlege, wieviel Lichtquellen man sieht, wenn man im Kernschatten (im Halbschatten) steht!
③ Überlege, warum die Schülertische im Klassenraum so aufgestellt sein sollen, daß das Tageslicht von links einfällt.
④ Bedecke die folgende Skizze (Bild 113/4) mit Transparentpapier! Zeichne die Lichtquellen ein! Die hellen Flächen stellen den Halbschatten, die dunklen Flächen den Kernschatten dar.



Bild 113/4 Zu Aufgabe 4

Vom Gebiet der DDR aus zu beobachtende Finsternisse:

Sonnenfinsternisse
bis zum Jahre 2000
22. 07. 1990
11. 08. 1999

Mondfinsternisse
bis zum Jahre 2000
04. 05. und 28. 10. 1986
20. 02. und 17. 08. 1989
09. 02. 1990
09. 02. 1992
04. 06. und 29. 11. 1993
04. 04. und 27. 09. 1996

Die Astronomen können die Zeitpunkte für die Finsternisse berechnen, weil sie die Gesetze kennen, nach denen sich die Himmelskörper bewegen.

Mondphasen. Wir kennen z. B. Halb- und Vollmond. Wie kommen diese und andere Mondphasen zustande?

Wir benutzen eine Lichtquelle als Sonne. Als Erde und Mond benutzen wir verschieden große Kugeln (Bild 114/1). Den „Mond“ führen wir auf einer Kreisbahn um die „Erde“. Wir beobachten dabei die von der „Sonne“ beleuchteten Teile des „Mondes“.

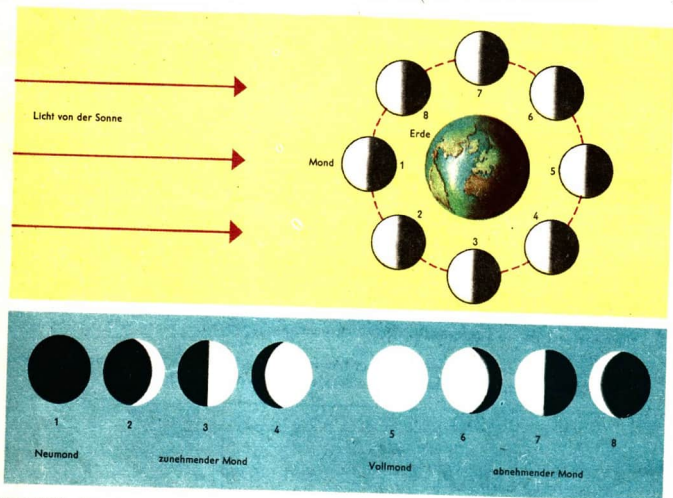


Bild 114/1 Entstehung der Mondphasen

Bei jedem Umlauf des Mondes wiederholen sich die verschiedenen Stellungen. Das Bild 114/1 (oben) zeigt den Mond in acht verschiedenen Stellungen während eines Umlaufes um die Erde. Das Bild 114/1 (unten) zeigt, wie dadurch für den Beobachter auf der Erde der Mond ganz, teilweise oder gar nicht zu sehen ist. Diese einzelnen Gestalten werden *Mondphasen* genannt.

Die Bewegung des Mondes um die Erde und die geradlinige Ausbreitung des Lichtes bewirken die Entstehung der Mondphasen.

Mit unseren Kenntnissen über die Ausbreitung des Lichtes haben wir die Finsternisse erklärt. Diese Naturerscheinungen haben den Menschen im Altertum und auch noch im Mittelalter stets großen Schrecken eingejagt. So glaubten im Altertum einige Völker, daß bei einer Sonnenfinsternis die Sonne von einem Untier erst verschlungen und nach einiger Zeit wieder ausgespuckt worden sei. Noch im Mittelalter verknüpfte man das Eintreten von Sonnen- und Mondfinsternissen mit unheilvollen Ereignissen. Wir haben heute diesen Aberglauben überwunden, weil wir die physikalischen Gesetze erkannt haben und die Naturerscheinungen deshalb erklären können.

Zusammenfassung

**Die Optik ist die Lehre vom Licht.
In der Optik beschäftigen wir uns mit allen Erscheinungen, die mit dem Licht zusammenhängen.
Das Licht breitet sich geradlinig aus
(gilt nur in einem einheitlichen Stoff).**

Schatten

**Arten: Kernschatten und Halbschatten
Erscheinung in der Natur: Finsternisse**

Sonnenfinsternis

Mondfinsternis

- ① 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!)
- ② Es ist für das menschliche Auge sehr schädlich, direkt in die Sonne zu schauen. Was soll man tun, wenn man eine Sonnenfinsternis beobachten will?
- ③ Warum kann bei Vollmond keine Sonnenfinsternis vorkommen?

Wir wissen bereits, daß sich Licht von einer Lichtquelle geradlinig ausbreitet und von Körpern reflektiert wird. Was ist zu beobachten, wenn Licht auf einen Körper, beispielsweise auf eine Wasseroberfläche, auftrifft?



Reflexion am ebenen Spiegel

48 Das parallele Lichtbündel einer Haftleuchte wird auf einen ebenen Spiegel gerichtet (Bild 116/2).

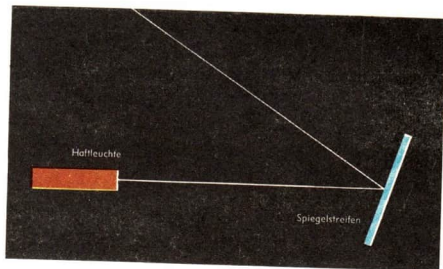


Bild 116/2
Experimentieranordnung

Was ist zu beobachten?

Auch andere glatte Flächen, z. B. eine ruhige Wasseroberfläche, eine Glasscheibe oder eine polierte Metallplatte reflektieren das Lichtbündel wie ein Spiegel. ① ② ③

Das Zurückwerfen des Lichtes durch einen Körper heißt Reflexion.

Das Reflexionsgesetz

Beim vorhergehenden Experiment konnten wir sehen, daß das Lichtbündel reflektiert wird. Es soll nun näher untersucht werden, wie die Reflexion erfolgt. Dazu benutzen

wir eine Hilfslinie, das Einfallslot (Bild 117/1). Wir nennen den Winkel zwischen dem einfallenden Strahl und dem Einfallslot den **Einfallswinkel α** und den Winkel zwischen dem reflektierten Strahl und dem Einfallslot den **Reflexionswinkel α'** .

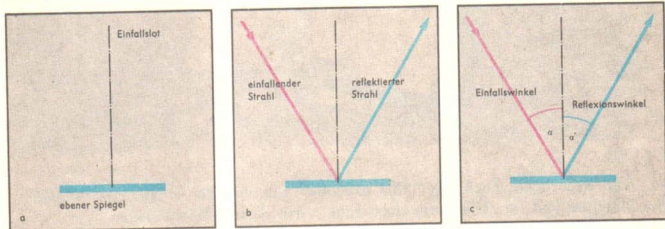


Bild 117/1 Das Einfallslot steht immer senkrecht auf dem Spiegel.

49 Aufgabe

Untersuche den Zusammenhang zwischen Einfallswinkel und Reflexionswinkel am ebenen Spiegel!

Durchführung

1. Stelle den Spiegel auf die Plastscheibe mit Winkelteilung! Die Heftleuchte mit Einspaltblende wird so eingestellt, daß ein möglichst dünnes paralleles Lichtbündel entsteht (Bild 117/2).
2. Das Lichtbündel der Heftleuchte wird unter drei verschiedenen Einfallswinkeln auf den Spiegel gerichtet. Die jeweiligen Reflexionswinkel werden gemessen, die Werte in eine Tabelle eingetragen.

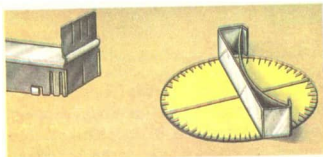


Bild 117/2
Experimentieranordnung

Einfallswinkel α	Reflexionswinkel α'
15°	...
...	...
...	...

Auswertung

Vergleiche den Einfallswinkel α mit dem Reflexionswinkel α' !
Formuliere dein Ergebnis!

- ① Richte im abgedunkelten Raum das Licht einer Taschenleuchte auf einen Spiegel!
Beobachte den Weg des Lichtes!
Fertige eine Skizze an!
- ② Nenne Körper, die das Licht besonders gut reflektieren!
- ③ Warum ist es am Tage auch im Schatten nicht vollständig dunkel?

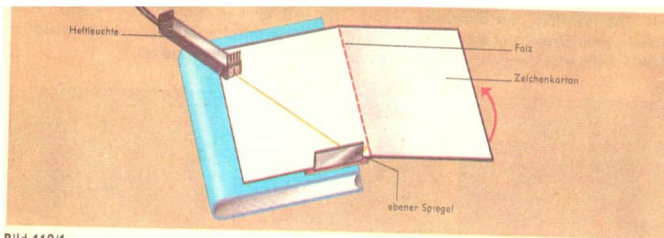


Bild 118/1

Aus dem Experiment nach Bild 118/1 erkennen wir, daß der einfallende Lichtstrahl, das Einfallslot und der reflektierte Lichtstrahl in der gleichen Ebene liegen. Wiederholt man das Experiment mit anderen ebenen Spiegeln und anderen Lichtquellen, so findet man immer wieder:

Bei der Reflexion am ebenen Spiegel liegen einfallender Strahl, Einfallslot und reflektierter Strahl in der gleichen Ebene. Einfallswinkel α und Reflexionswinkel α' sind gleich groß.

Als Gleichung geschrieben: $\alpha = \alpha'$.

Dieses Gesetz wird **Reflexionsgesetz** genannt.

Das Reflexionsgesetz ist ein physikalisches Gesetz, ein Naturgesetz. Naturgesetze ① ② ③ gelten immer, sie können nicht verändert oder beeinflußt werden. Man kann sie bewußt anwenden, weil Naturvorgänge unter gleichen Bedingungen immer zu gleichen Ergebnissen führen.

Reflexion an beliebigen Flächen

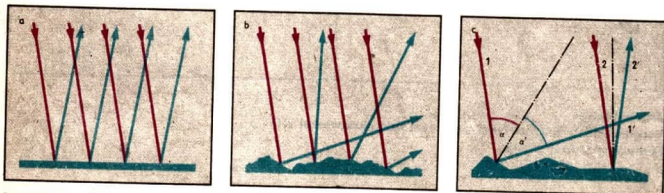


Bild 118/2 a) reguläre Reflexion, b) und c) diffuse Reflexion

Das Reflexionsgesetz gilt nicht nur für ebene Spiegel. Das Bild 118/2 zeigt die unterschiedliche Reflexion des Lichtes an einem ebenen Spiegel und an einer rauhen Fläche. Vom ebenen Spiegel wird paralleles Licht auch parallel reflektiert. Man spricht von

regulärer Reflexion. Von der rauhen Fläche wird paralleles Licht dagegen verschiedenartig reflektiert, man spricht von diffuser Reflexion. Für jedes ebene Flächenstückchen gilt jedoch auch bei der diffusen Reflexion das Reflexionsgesetz. ④

Beispiele für das Auftreten der Reflexion

Tageslichtschreibprojektor. Tageslichtschreibprojektoren sind Geräte zum vergrößerten Abbilden von Texten und Zeichnungen. In ihnen wird das Reflexionsgesetz angewendet. Mit Hilfe eines ebenen Spiegels wird das Licht so umgelenkt, daß es auf eine Wand trifft, die von allen Plätzen gut betrachtet werden kann.

Blendung durch Sonnenlicht. Die Reflexion des Lichtes kann für den Menschen auch unerwünscht auftreten. Wird das Sonnenlicht von regennassen Straßen oder Gewässern so reflektiert, daß es in das Auge fällt, wird der Betrachter geblendet. Dadurch kann z. B. das Verhalten der Kraftfahrer beeinträchtigt werden.

Die Umkehrbarkeit des Lichtweges

Es soll noch einmal ein Experiment zur Reflexion durchdacht werden (Bild 119/1). Würde ein Lichtbündel von L aus im Winkel α auf den Spiegel fallen, würde es nach dem Reflexionsgesetz im Winkel α' reflektiert und durchläufe den Punkt A. Ginge das

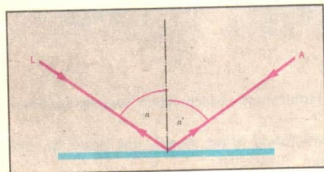


Bild 119/1 Setzt man an den Ort des Auges A die Lichtquelle L und an den Ort der Lichtquelle das Auge, so zeigt sich das uns bekannte Reflexionsgesetz. Der Unterschied besteht lediglich darin, daß das Licht den Weg in entgegengesetzter Richtung durchläuft.

- ① Ein einfallender Lichtstrahl bildet mit der ebenen Fläche, die ihn reflektiert, einen Winkel von 55° . Wie groß ist der Reflexionswinkel?
- ② Bei einem Experiment mit einem ebenen Spiegel wird der Einfallswinkel eines Lichtstrahls von 10° auf 35° erhöht, also um 25° vergrößert. Um wieviel Grad ändert sich der Winkel zwischen einfallendem und reflektiertem Lichtstrahl?
- ③ Konstruiere für die folgenden Fälle die fehlenden Strahlen (Bild 119/2)! Übertrage die Skizze ins Heft und zeichne den reflektierten bzw. den einfallenden Strahl!

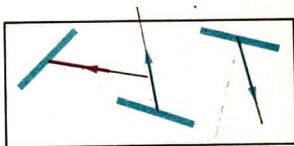


Bild 119/2 Zu Aufgabe 3

- ④ In manchen Räumen sind die Lichtquellen hinter Schirmen, Blenden usw. angebracht. Warum macht man das so?

Lichtbündel von A aus, wäre α' der Einfallswinkel. Mit dem gleich großen Winkel α als Reflexionswinkel wäre wieder durch die einfache Umkehrung des Lichtweges das Reflexionsgesetz erfüllt.

Experimente bestätigen diese Überlegung.

Der Lichtweg kann vom Licht auch in umgekehrter Richtung durchlaufen werden.

Reflexion am Hohlspiegel

Außer ebenen Spiegeln werden auch gewölbte Spiegel verwendet (Bild 120/1). Oft sind die spiegelnden Flächen so gekrümmt wie die Oberfläche von Kugeln (Bild 120/1 a und c). Im folgenden wird der **Hohlspiegel** (Bild 120/1 a) behandelt.

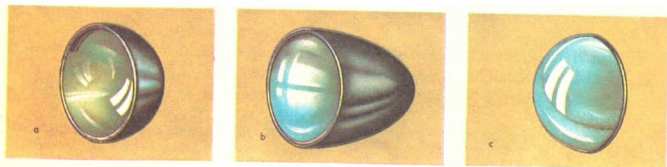


Bild 120/1 Gewölbte Spiegel

Damit die Erscheinungen der Reflexion am Hohlspiegel beschrieben werden können, lernen wir folgende Begriffe kennen:

Der **Krümmungsmittelpunkt M** ist der Mittelpunkt einer Kugel, aus der man sich den Hohlspiegel herausgeschnitten denken kann (Bild 120/2).

Der **Scheitelpunkt S** ist der Mittelpunkt der spiegelnden Fläche des Hohlspiegels (Bild 120/3).

Die **optische Achse** ist die Gerade, die durch den Krümmungsmittelpunkt und den Scheitelpunkt verläuft (Bild 120/4).



Bild 120/2 Hohlspiegel als Teil einer Kugel

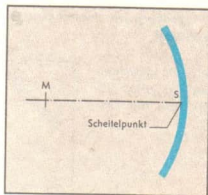


Bild 120/3 Scheitelpunkt

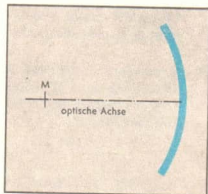


Bild 120/4 Optische Achse

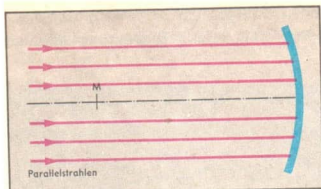


Bild 121/1 Parallelstrahlen

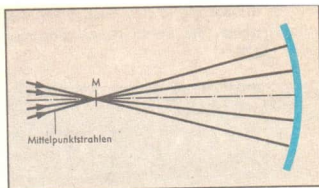


Bild 121/2 Mittelpunktstrahlen

Parallelstrahlen sind Strahlen, die parallel zur optischen Achse verlaufen (Bild 121/1). **Mittelpunktstrahlen** sind Strahlen, die durch den Krümmungsmittelpunkt M verlaufen (Bild 121/2).

Wir wollen jetzt durch Experimente feststellen, wie Licht vom Hohlspiegel reflektiert wird. Wir beginnen mit Licht, das parallel zur optischen Achse verläuft. Wir untersuchen nur den Verlauf in der Nähe der optischen Achse.

50 Das Licht der Heftleuchte mit Dreispaltblende (Bild 121/3) wird so auf den gewölbten Spiegel gerichtet, daß die einfallenden Lichtbündel parallel zur optischen Achse verlaufen. Auf einem Blatt Papier wird mit einem Bleistift der Weg des Lichtes vor und nach der Reflexion markiert.

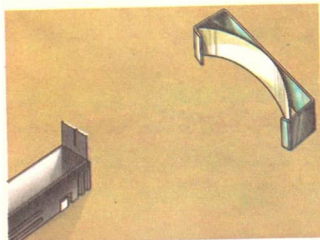


Bild 121/3 Experimentieranordnung zur Reflexion am Hohlspiegel

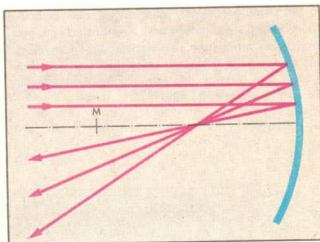


Bild 121/4 Verlauf der Parallelstrahlen am Hohlspiegel

Das Bild 121/4 zeigt das gezeichnete Ergebnis. Wir erkennen: Die auf den Hohlspiegel fallenden Parallelstrahlen werden so reflektiert, daß sie einander in einem Punkt schneiden, der auf der optischen Achse liegt. Dieser Punkt heißt **Brennpunkt F**. Diesen Namen erhielt dieser Punkt, weil leicht entzündliche Stoffe, die

- ① Begründe mit Hilfe des Bildes 118/2b, warum bei der diffusen Reflexion das reflektierte Licht nicht parallel ist!
- ② Welche Neigung muß der Spiegel eines Tageslichtschreibprojektors haben, damit die waagerechte Folie an eine senkrechte Wand projiziert werden kann? Wie groß sind α und α' ?

sich in diesem Punkt befinden, unter bestimmten Bedingungen zu brennen anfangen. Alle Strahlen, die durch diesen Brennpunkt verlaufen, heißen **Brennpunktstrahlen** (Bild 122/1).

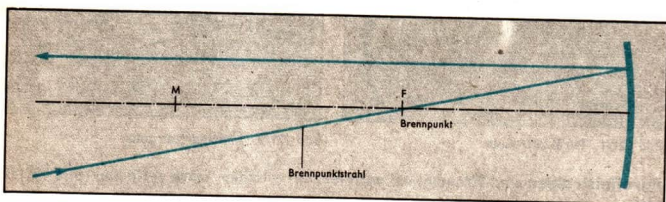


Bild 122/1 Brennpunktstrahl

Parallelstrahlen werden als Brennpunktstrahlen reflektiert.

Im folgenden Experiment lassen wir das Licht durch den Krümmungsmittelpunkt gehen.

⁵¹ Das Licht der Heffleuchte (mit einem Spalt) wird so auf einen gewölbten Spiegel gerichtet, daß das einfallende Lichtbündel durch den Mittelpunkt verläuft. Man muß dazu den Krümmungsmittelpunkt des Spiegels auf dem darunterliegenden Heft markieren. Der Verlauf des reflektierten Lichtbündels wird beobachtet (Bild 122/2).

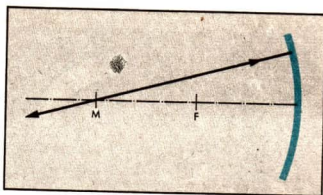


Bild 122/2

Mittelpunktstrahlen werden in sich selbst reflektiert.

Im letzten Experiment soll das Licht durch den Brennpunkt gehen.

⁵² Das Licht der Heffleuchte wird so auf einen gewölbten Spiegel gerichtet, daß das einfallende Lichtbündel durch den Brennpunkt verläuft (Bild 122/3).

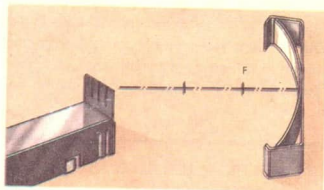


Bild 122/3 Experimentieranordnung zur Reflexion der Brennpunktstrahlen

Mit unseren Kenntnissen über die Umkehrbarkeit des Lichtweges können wir das Ergebnis vorhersagen:

Brennpunktstrahlen werden als Parallelstrahlen reflektiert.

Die Parallelstrahlen, Mittelpunktstrahlen und Brennpunktstrahlen heißen auch **Hauptstrahlen**.

Ein weiterer wichtiger Begriff am Hohlspiegel ist die **Brennweite f** . Die Brennweite ist der Abstand zwischen dem Brennpunkt und dem Scheitelpunkt des Spiegels (Bild 123/1). Die **doppelte Brennweite $2f$** ist der Abstand zwischen dem Krümmungsmittelpunkt M und dem Scheitelpunkt S . Es gilt: $\overline{MS} = 2f$.

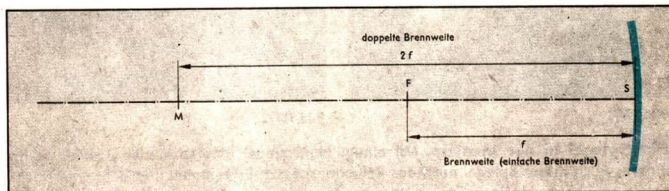


Bild 123/1 Einfache und doppelte Brennweite

Anwendungen des Hohlspiegels

Sonnenöfen. Sonnenöfen werden benutzt, um Stoffe zu erwärmen. In ihnen kommt das Reflexionsgesetz zur Anwendung. Mit Hilfe eines Hohlspiegels wird das Sonnenlicht im Brennpunkt des Spiegels gesammelt. Je nach Bauart sind im Brennpunkt Behälter montiert, in denen Wasser verdampft, Speisen gekocht oder Metalle geschmolzen werden können (Bild 123/2).



Bild 123/2

- ① Leite die Reflexion eines Brennpunktstrahles am Hohlspiegel aus den Kenntnissen über die Reflexion von Parallelstrahlen ab!
Wende dabei das Gesetz von der Umkehrbarkeit des Lichtweges an!
- ② Wie heißen die wichtigsten Strahlen am Hohlspiegel?
Beschreibe ihren Verlauf!
Fertige eine Skizze an und beschrifte sie!
- ③ An welcher Stelle vor dem Reflektor eines Scheinwerfers muß sich die Glühlampe befinden, damit das Licht überwiegend als paralleles Bündel ausgestrahlt wird?
Begründe mit deinen Kenntnissen über Hauptstrahlen!

Scheinwerfer. In Scheinwerfern wird das Reflexionsgesetz genutzt. In ihnen sind hinter den Lampen gewölbte Spiegelflächen angeordnet. Sie bewirken, daß nach hinten fallendes Licht reflektiert wird (Bild 124/1).



Bild 124/1



Bild 124/2

Hohlspiegel in der Medizin. Mit einem Hohlspiegel untersucht der Arzt das Ohrinnere. Auch dieser Spiegel nutzt das Reflexionsgesetz. Er sammelt das Licht einer Lichtquelle und beleuchtet das Ohrinnere. Durch ein Loch im Spiegel sieht der Arzt in das Ohr (Bild 124/2).

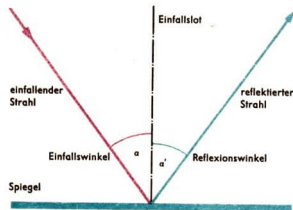
Zusammenfassung

Trifft Licht auf einen Körper, so wird es reflektiert. Dieser Vorgang heißt Reflexion des Lichtes.

Die Reflexion des Lichtes erfolgt nach einem Gesetz.

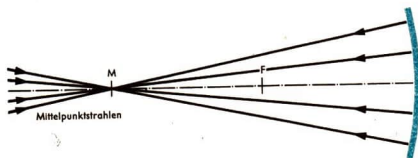
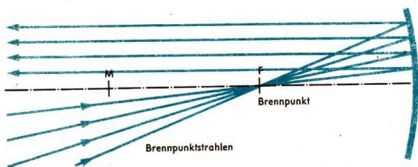
Das Reflexionsgesetz lautet:

- Einfallender Strahl, Einfallslot und reflektierter Strahl liegen in der gleichen Ebene.
- Einfallswinkel α und Reflexionswinkel α' sind gleich groß.

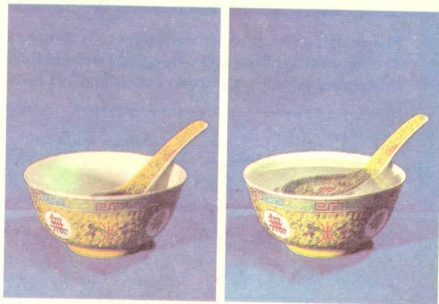


Hauptstrahlen am Hohlspiegel

Parallelstrahlen werden reflektiert als Brennpunktstrahlen.
Brennpunktstrahlen werden reflektiert als Parallelstrahlen.
Mittelpunktstrahlen werden reflektiert als Mittelpunktstrahlen.



Betrachtet man aufmerksam Gegenstände, die sich teilweise in Luft und teilweise in Wasser befinden, so macht man eine erstaunliche Entdeckung: Die Gegenstände scheinen geknickt zu sein – und zwar an der Flüssigkeitsoberfläche. Wie ist diese Erscheinung zu erklären?



Der Übergang des Lichtes von Luft in Wasser

Was passiert, wenn Licht von Luft in Wasser tritt? Wir wollen durch Experimente die Antwort finden.

In einer leeren Glaswanne steht eine Plastscheibe (Bild 126/2a). Ein schmales Lichtbündel, das von links oben her streifend an der Plastscheibe entlangläuft, zeichnet sich als heller, geradliniger Streifen ab. Man füllt den Trog bis zu der eingezeichneten Waagerechten mit Wasser und beobachtet die im Bild 126/2b gezeigte Erscheinung.

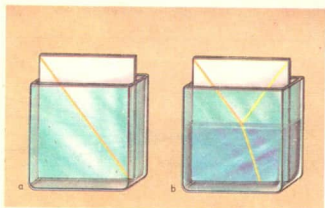


Bild 126/2

An der Oberfläche des Wassers ändert das Licht seine Richtung. Ein Teil wird reflektiert. Ein Teil breitet sich mit geänderter Richtung im Wasser aus; man sagt: das Licht wird gebrochen. Dieser Vorgang heißt die **Brechung** des Lichtes. ①

Auch beim Übergang des Lichtes von Luft in andere Stoffe, z. B. Glas, Spiritus, Benzin, wird das Licht an der Grenze beider Stoffe (Luft/Glas, Luft/Spiritus, Luft/Benzin) gebrochen. ② ③

Beim Übergang des Lichtes von einem lichtdurchlässigen Stoff in einen anderen wird es an der Grenzfläche beider Stoffe teils reflektiert, teils gebrochen. Senkrecht auffallendes Licht wird nicht gebrochen.

Das Brechungsgesetz

Auch bei der Brechung können Winkel zwischen Lichtstrahlen und Lot gemessen werden. Die Begriffe entnehmen wir dem Bild 127/1. Wir wollen im folgenden Schülerexperiment den Zusammenhang zwischen den Einfallswinkeln und den Brechungswinkeln untersuchen. ④ ⑤ ⑥

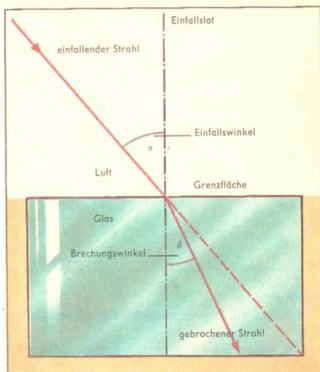


Bild 127/1
Wichtige Begriffe zum Beschreiben der Brechung des Lichtes

54

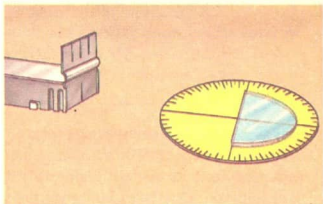
Aufgabe

Untersuche die Brechung des Lichtes beim Übergang von Luft in Glas bei verschiedenen Einfallswinkeln!

Durchführung

1. Baue die Experimentieranordnung nach Bild 127/2 auf! Beachte, daß ein schmales paralleles Lichtbündel auf die gerade Fläche des Glaskörpers genau am Fußpunkt des Lotes auftrifft!

Bild 127/2
Experimentieranordnung



- ① Betrachte das Bild 126/2b! Vergleiche den Einfallswinkel mit dem Brechungswinkel!
- ② Nenne zwei Beispiele aus der Praxis, wo Richtungsänderungen des Lichtes beim Übergang von Luft in einen anderen Stoff auftreten!
- ③ Richte ein Lichtbündel senkrecht auf eine Wasseroberfläche und beobachte, ob es seine Richtung ändert!
Vergleiche mit dem Bild 126/2b!
Formuliere deine Beobachtung in einem Satz!
- ④ Was verstehst du unter Einfallslot, einfallender Strahl, gebrochener Strahl, Einfallswinkel, Brechungswinkel?
Was bedeuten α und β im Zusammenhang mit der Brechung des Lichtes?
- ⑤ Halte eine Stecknadel hinter eine dicke Glasplatte so, daß sie etwas über den Rand der Platte hervorragt! Blicke schräg durch die Glasplatte!
Was kannst du feststellen?
Erkläre deine Beobachtung!
- ⑥ ~~⑥~~ Lege eine Münze so in eine flache Schüssel, daß sie gerade hinter dem Rand verschwindet! Fülle die Schüssel vorsichtig mit Wasser, ohne den Kopf zu bewegen!
Beobachte sorgfältig und begründe deine Beobachtung!

2. Miß den Brechungswinkel bei Einfallswinkeln von 30° und 40° ! Wähle selbst einen dritten Einfallswinkel! Benutze als Einfallswinkel 0° ! Trage alle Ergebnisse in eine Tabelle ein! (Benutze zum Messen der Winkel die Winkelskala auf der Plastscheibe!)
3. Überprüfe, ob einfallender Strahl, Einfallslot und gebrochener Strahl in der gleichen Ebene liegen!

Übergang des Lichtes von Luft in Glas	
Einfallswinkel α	Brechungswinkel β
30°	...
40°	...
...	...
0°	...

Auswertung

Formuliere die Ergebnisse mit deinen Worten!

Auch weitere Experimente mit anderen Einfallswinkeln bestätigen immer wieder:

Treten Lichtstrahlen unter einem Einfallswinkel größer als 0° von Luft in Glas über, dann ist der Brechungswinkel β kleiner als der Einfallswinkel α . Einfallender Strahl, Einfallslot und gebrochener Strahl liegen in der gleichen Ebene.

Dieses Gesetz heißt **Brechungsgesetz**.

Führt man Experimente durch, bei denen das Licht von Luft in Wasser eintritt, ist der Brechungswinkel β ebenfalls kleiner als der Einfallswinkel α . Beim Übergang von Glas in Luft und von Wasser in Luft wird das Licht ebenfalls gebrochen. Dabei ist der Brechungswinkel β größer als der Einfallswinkel α (Bild 128/1). Das muß sich auch ergeben, wenn wir an die Umkehrbarkeit des Lichtweges denken.

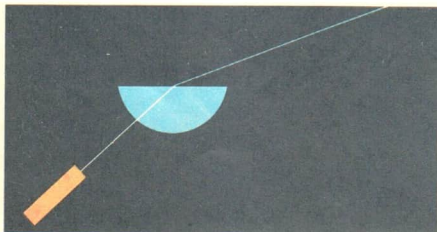


Bild 128/1 Brechung des Lichtes beim Übergang von Glas in Luft

Nun können wir auch die Erscheinung im Bild 126/1 deuten. Der Stiel des Löffels ist nicht geknickt. Der Teil des vom Löffel reflektierten Lichtes, der beim Übergang von

Wasser in Luft gebrochen wird, erweckt in uns nur diesen Eindruck. Wir sehen die Gegenstände stets dort, wo das vom Gegenstand ins Auge fallende Licht herzukommen scheint (Bild 129/1). ① ② ③

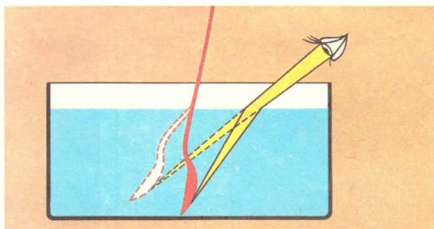


Bild 129/1 Erklärung für die scheinbare Knickung des Löffels

Das Brechungsgesetz ist ebenfalls ein physikalisches Gesetz.

Lichtdurchgang durch optische Prismen und Linsen

Das gefundene Gesetz der Lichtbrechung soll auf optische **Prismen** (Bild 130/1) und **Linse** (Bild 130/3) angewendet werden. Prismen und Linsen sind in vielen optischen Geräten, wie zum Beispiel Fotoapparat, Fernglas und Bildwerfer, enthalten. Wie beeinflussen Prismen und Linsen den Weg des Lichtes?

- ① Übertrage die Skizze nach Bild 129/2 ins Heft und trage den annähernden Verlauf der Lichtstrahlen beim Übergang aus der Luft in die Glaskörper ein!

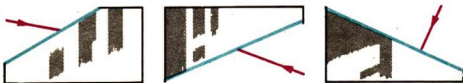


Bild 129/2
Zu Aufgabe 1

- ② Warum führt das Schätzen der Tiefe klarer Gewässer zu erheblichen Fehlern? Sind die Gewässer tiefer oder flacher, als allgemein geschätzt wird?
- ③ In den Bildern 129/3a bis d sind die Strahlenverläufe zweimal richtig und zweimal falsch gezeichnet. Welche Zeichnungen sind falsch, welche sind richtig? Begründe deine Entscheidung!

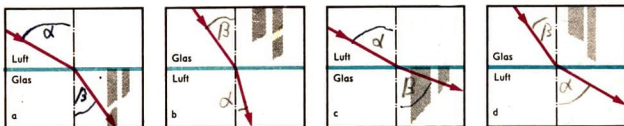


Bild 129/3 Zu Aufgabe 3

Optische Prismen

Optische Prismen zeigt das Bild 130/1. Um festzustellen, wie der Lichtweg verläuft, führen wir ein Experiment durch.

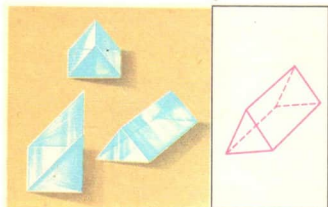


Bild 130/1 Körper aus lichtdurchlässigen Stoffen, die von mindestens zwei einander schneidenden Ebenen begrenzt sind, heißen optische Prismen.

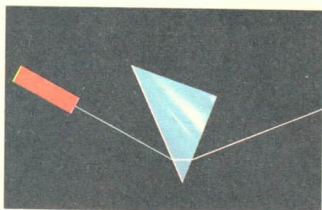


Bild 130/2 Strahlengang durch ein Prisma

55

Das Licht einer Haffleuchte fällt auf ein Prisma (Bild 130/2). Wir verfolgen den Weg des Lichtes. Beim Übergang von Luft in Glas wird das Licht zum ersten Mal, beim Übergang von Glas in Luft ein zweites Mal gebrochen.

Der Strahlenverlauf ist in Bild 130/2 erkennbar. In unserem Beispiel wird das Licht beim Durchgang durch das Prisma zweimal gebrochen. Dabei gilt für jede Brechung das Brechungsgesetz.

- Prismen werden für die Richtungsänderung des Lichtes in Spiegelreflexkameras und Prismenfeldstechern benutzt.

Optische Linsen

Optische Linsen zeigt das Bild 130/3. Manche ähneln in ihrer Form dem Linsensamen. Davon erhielten diese durchsichtigen Glaskörper ihren Namen. Die Linsen werden von gekrümmten Flächen, oft Teilen von Kugelflächen, begrenzt.



Bild 130/3 Optische Linsen

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

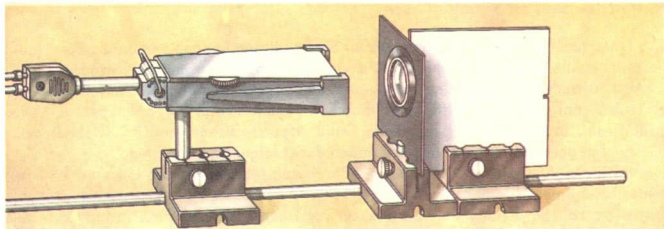


Bild 131/1 Experimentieranordnung

56
 ▼ Es werden verschieden geformte Linsen in ein paralleles Lichtbündel gebracht (Bild 131/1). Der Verlauf des Lichtes hinter der Linse wird beobachtet. Das Ergebnis wird mit Bild 131/2 verglichen.

Manche Linsen *sammeln* das auf sie fallende parallele Licht, sie werden *Sammellinsen* genannt. Andere Linsen *zerstreuen* das auf sie fallende parallele Licht, sie werden *Zerstreulinsen* genannt.

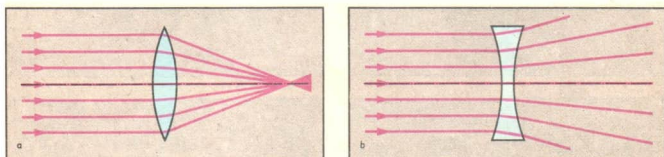


Bild 131/2 a) Strahlenverlauf durch eine Sammellinse, b) Strahlenverlauf durch eine Zerstreulinse

Man kann Linsen an folgenden Merkmalen unterscheiden: *Sammellinsen* sind *in der Mitte dicker* als am Rande. Das Bild 131/3 a bis c zeigt einige Formen von Sammellinsen. *Zerstreulinsen* sind *in der Mitte dünner* als am Rande. Einige Formen zeigt das Bild 131/3 d bis f.

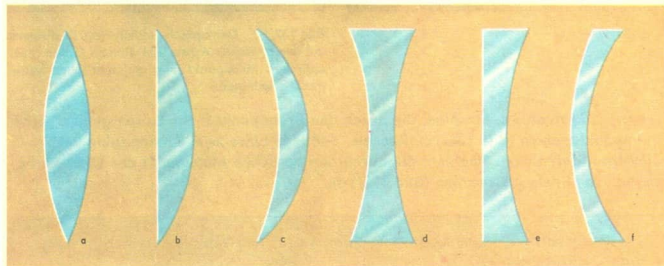


Bild 131/3 Linsenformen

Strahlenverlauf an Sammellinsen

Zur Untersuchung des Strahlenverlaufs an Sammellinsen können wir unsere Kenntnisse anwenden, die wir beim Hohlspiegel erworben haben. Wir machen wieder Experimente, zu deren Beschreibung wir bestimmte Begriffe benötigen. Vom Hohlspiegel schon bekannt sind die Begriffe optische Achse, Parallelstrahl, Brennpunktstrahl, Mittelpunktstrahl, Brennpunkt F , Brennweite f und doppelte Brennweite $2f$. Diese Begriffe treten auch bei Sammellinsen auf. Sie haben dabei folgende Bedeutung:

Die **optische Achse** ist die Gerade, die durch den Mittelpunkt der Linse verläuft und senkrecht auf der Linsenebene steht (Bild 132/1 a).

Parallelstrahlen. Strahlen, die parallel zur optischen Achse der Linse verlaufen, heißen Parallelstrahlen (Bild 132/1 b).

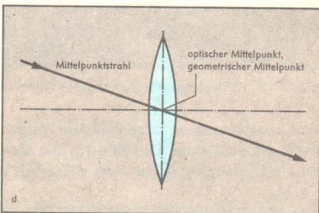
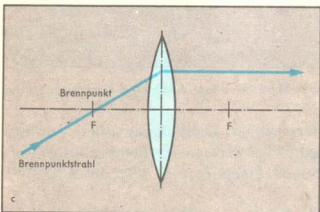
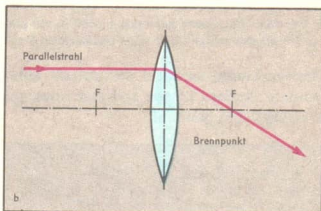
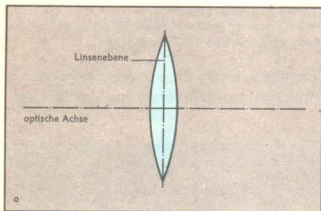


Bild 132/1 a bis c

Bild 132/1 d Der optische Mittelpunkt liegt immer auf der optischen Achse. Bei dünnen Linsen fallen optischer Mittelpunkt und geometrischer Mittelpunkt zusammen.

Brennpunktstrahlen. Strahlen, die durch den Brennpunkt F der Linsen gehen, heißen Brennpunktstrahlen (Bild 132/1 c). Beachte, daß jede Linse zwei Brennpunkte hat!

Mittelpunktstrahlen. Strahlen, die durch den optischen Mittelpunkt der Linse verlaufen, heißen Mittelpunktstrahlen (Bild 132/1 d).

Parallelstrahlen, Brennpunktstrahlen und Mittelpunktstrahlen heißen auch Hauptstrahlen.

Um festzustellen, wie die Hauptstrahlen beim Durchgang durch eine Sammellinse verlaufen, führen wir Experimente durch.

57 Das Licht der Heftleuchte wird so auf eine Sammellinse gerichtet, daß das einfallende Lichtbündel parallel zur optischen Achse verläuft (Bild 133/1). Auf der Tafel ist der Weg des Lichtes vor und nach der Brechung zu erkennen. Der Abstand des Lichtbündels von der optischen Achse wird verändert. Das Experiment wird noch zweimal wiederholt.

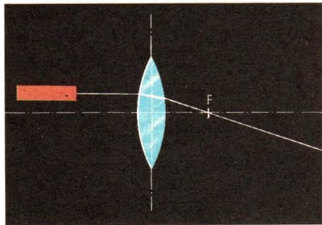


Bild 133/1 Experimentieranordnung

Wir erkennen:

Parallelstrahlen werden von der Linse so gebrochen, daß sie einander hinter der Linse in einem Punkt der optischen Achse schneiden. Dieser Punkt heißt Brennpunkt. Parallelstrahlen werden an der Sammellinse zu Brennpunktstrahlen.

Wegen der Umkehrung des Lichtweges kann man vermuten, daß Brennpunktstrahlen nach der Brechung parallel zur optischen Achse verlaufen. Bild 133/2 zeigt das Ergebnis eines Experiments.

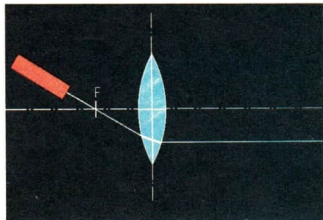


Bild 133/2 Experimentieranordnung

Bei Konstruktionen müßten wir eigentlich eine zweimalige Brechung einzeichnen (Eintritt von Luft in Glas, Austritt von Glas in Luft). Zur Vereinfachung soll der Strahl nur einmal, und zwar an der *Linsenebene*, gebrochen gezeichnet werden. Die Vereinfachung ist möglich, wenn man voraussetzt, daß es sich um *dünne Linsen* handelt. Diese Voraussetzung gilt für alle folgenden Bilder.

Nun bleibt noch zu untersuchen, wie Mittelpunktstrahlen beim Durchgang durch eine Sammellinse verlaufen.

58 Wir benutzen die Heftleuchte mit einem Spalt. Das Lichtbündel soll genau auf die Mitte der Linse fallen. Wir lassen das Licht aus unterschiedlichen Richtungen auftreffen.

Wir stellen fest: Mittelpunktstrahlen ändern beim Durchgang durch eine Linse ihre Richtung nicht.

Brennweite. Die Brennweite f ist der Abstand zwischen dem Linsenmittelpunkt und einem Brennpunkt (Bild 134/1). Die Brennweite f wird auf Linsen meist in Millimetern angegeben, z. B. $f = 150$ mm.

① ② ③ ④ ⑤ ⑥

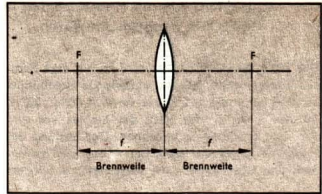


Bild 134/1 Brennweite f

Auch die doppelte Brennweite ist eine wichtige Größe einer Linse. Mit dem folgenden Experiment soll die Brennweite f einer Sammellinse bestimmt werden.

59 Auf den Stativstab werden die Experimentierleuchte, die Sammellinse und der Schirm gesetzt (Bild 134/2). Der Schirm wird so lange verschoben, bis der beobachtete Lichtfleck am kleinsten ist. Der Abstand Linse-Schirm wird gemessen.

Wir stellen fest:

Der ermittelte Abstand entspricht annähernd der Brennweite.

⑦

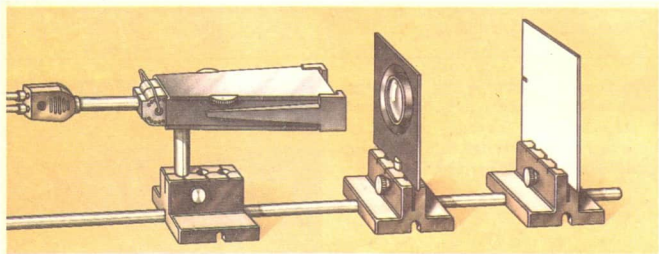


Bild 134/2 Experimentieranordnung

■ Die sammelnde Wirkung der Linse findet man auch bei anderen, nach außen gewölbten (konvexen) Körpern aus durchsichtigen Stoffen. Das kann nützliche, aber auch schädliche Folgen haben.

Sammelwirkung von Linsen. Die Experimentierleuchte enthält eine Linse. Wenn man paralleles Licht erzeugen will, muß die Glühlampe etwa im Brennpunkt sein (Bild 135/1). Eine Lupe (Sammellinse) wirkt als „Brennglas“, d. h. sie sammelt das parallele Sonnenlicht und auch die Wärmestrahlen im Brennpunkt. Dort reicht die Temperatur zum Entzünden brennbarer Stoffe. Vorsicht! (Brennpunkt und Brennweite erhielten daher ihren Namen.)

Auch ein Wassertropfen auf einem durchsichtigen Untergrund (Glas, Plastlineal) wirkt wie ein Brennglas. Davon kannst du dich leicht überzeugen, wenn du Sonnenlicht oder helles Lampenlicht durch den Tropfen fallen läßt und unter dem Lineal ein Blatt Papier (im Abstand von etwa 5 cm) als Schirm verwendest.

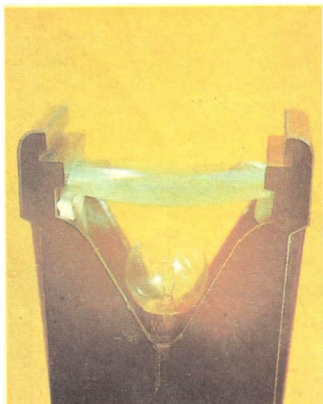





Bild 135/1



Bild 135/2

Vorsicht! Waldbrandgefahr! Naturvorgänge können oft großen Schaden auslösen, wenn ihre Auswirkungen nicht bekannt sind oder leichtfertig gehandelt wird. So können Waldbrände dadurch entstehen, daß Flaschen und Gläser achtlos liegen bleiben. Ein kurzer Sommerregen sorgt für die „gefährlichen Wassertropfen“, und schon sind viele kleine Brenngläser auf das (unter dem Glas trocken gebliebene und leicht entzündbare) Laub gerichtet. Kaum scheint die Sonne wieder, kann aus dieser Achtlosigkeit großer Schaden sowie Gefahr für Mensch und Tier entstehen!

Laßt auch aus diesem Grunde keine Abfälle im Walde liegen, belehrt auch andere und – wenn ihr beim Wandern auf achtlos weggeworfenes Glas stoßt – bedeckt es wenigstens mit Erde (Bild 135/2)!

-
- ① Beschreibe den Verlauf
 - a) eines Parallelstrahls,
 - b) eines Mittelpunktstrahls und
 - c) eines Brennpunktstrahls
 beim Durchgang durch eine Sammellinse!
 -  Zeichne den Verlauf der 3 Hauptstrahlen an Sammellinsen!
 - ⑧  Skizziere den Strahlenverlauf, wenn Parallelstrahlen auf eine Sammellinse fallen! (Zeichne 6 Strahlen!)
 -  Skizziere den Strahlenverlauf, wenn vom Brennpunkt kommende Strahlen auf eine Sammellinse fallen! (Zeichne 6 Strahlen!)
 - ⑤ Warum haben manche Taschenleuchten eine Sammellinse vor der Glühlampe?
 - ⑥ Optische Linsen müssen nicht unbedingt aus Glas bestehen. Welche anderen Stoffe können ebenfalls Verwendung finden?
 - ⑦ Vergleiche den gemessenen Abstand Linse-Schirm mit der Angabe auf der Sammellinse! Warum sind die Werte nicht unbedingt gleich?

Zusammenfassung

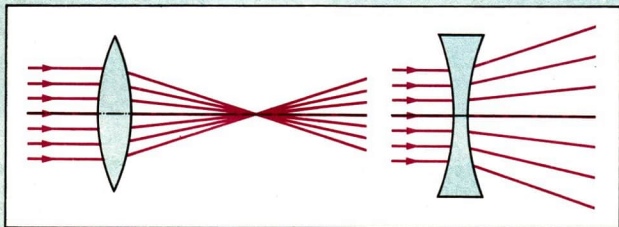
Treten Lichtstrahlen unter einem Einfallswinkel größer als 0° von Luft in Glas oder Wasser über, dann ist der Brechungswinkel β kleiner als der Einfallswinkel α . Einfallender Strahl, Einfallslot und gebrochener Strahl liegen in der gleichen Ebene. Senkrecht auftreffendes Licht tritt ohne Richtungsänderung in den anderen Stoff ein.

Trifft Licht auf Prismen oder Linsen, so findet eine zweifache Brechung statt.

Sammellinsen und Zerstreuungslinsen beeinflussen auftreffende parallele Strahlenbündel unterschiedlich.

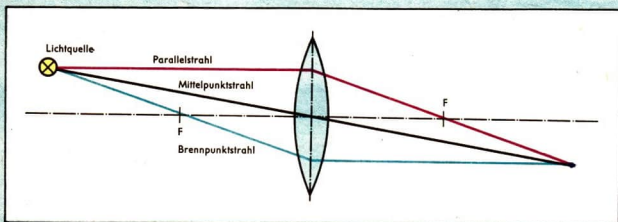
Sammellinsen

Zerstreuungslinsen



Ein paralleles Lichtbündel sammelt sich hinter einer Sammellinse und verbreitert sich hinter einer Zerstreuungslinse.

Strahlenverlauf an dünnen Sammellinsen



Parallelstrahlen verlaufen nach der Brechung an der Sammellinse durch den Brennpunkt.

Brennpunktstrahlen verlaufen nach der Brechung an der Sammellinse parallel zur optischen Achse.

Mittelpunktstrahlen durchlaufen die Linse ohne Richtungsänderung.

Die Bildentstehung

Wir wissen, daß Bilder auf die Leinwand eines Filmtheaters projiziert werden können. Bilder sehen wir auch, wenn wir durch eine Lupe blicken, uns im Spiegel betrachten, durch ein Fernrohr schauen oder durch eine Brille. So hat die Bildentstehung eine große Bedeutung – und sie soll deshalb sorgfältig untersucht werden.



Wirkliche Bilder an der Sammellinse

Zuerst untersuchen wir die Bildentstehung an Sammellinsen. In den folgenden Experimenten benutzen wir als Gegenstand das angestrahlte L und zum Auffangen des Bildes den Schirm.

- 60 Außerhalb der doppelten Brennweite der Linse wird das L aufgestellt (Bild 137/2). Der Schirm steht am anderen Ende der optischen Bank. Der Schirm wird so lange auf ihr verschoben, bis auf dem Schirm ein scharfes Bild des L erscheint.

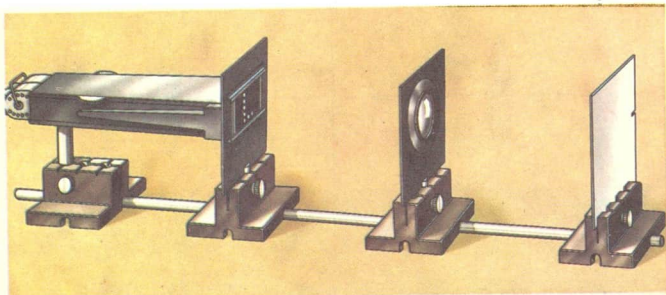


Bild 137/2 Experimentieranordnung auf einer optischen Bank

Ein Bild, das wir auf einem Schirm nachweisen können, heißt **wirkliches Bild**. In der Wissenschaft wird es **reelles Bild** genannt. Das Bild ist nur in einer bestimmten Entfer-

nung von der Linse scharf. Vergleicht man die Entfernung des Gegenstandes von der Linse mit der Entfernung des Bildes von der Linse und die Lage des Bildes mit der Lage des Gegenstandes, so ist festzustellen:

► **Der Abstand des Gegenstandes von der Linse ist größer als der Abstand des Bildes von der Linse.
Das Bild ist umgekehrt und kleiner als der Gegenstand.**

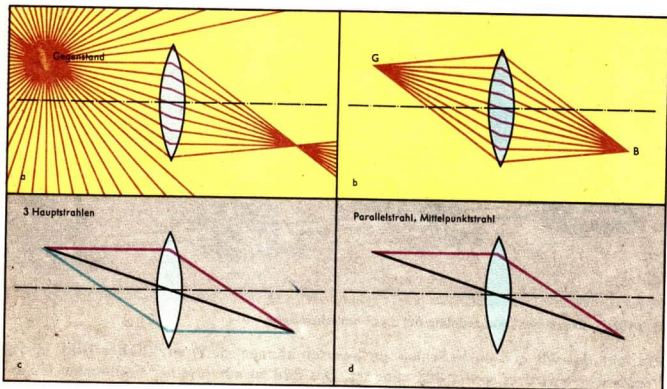
▼ 61 Das L wird im Abstand der doppelten Brennweite aufgestellt und dann dem Brennpunkt F genähert. Dabei werden ständig Lage und Größe von Gegenstand und Bild verglichen.

Es ist zu erkennen:

► **Nähert man den Gegenstand dem Brennpunkt der Sammellinse, so entfernt sich das Bild von der Sammellinse, das Bild wird immer größer. Mit Sammellinsen erhält man von Gegenständen, die sich außerhalb der einfachen Brennweite befinden, umgekehrte, wirkliche Bilder. Gegenstand und Bild befinden sich auf verschiedenen Seiten der Linse.**

Die Bildentstehung an Linsen ist auf die Brechung des Lichtes zurückzuführen. Wir können Lage und Größe des wirklichen Bildes durch Konstruktion mit Hilfe der Hauptstrahlen vorhersagen.

Betrachten wir dazu einen Gegenstand, der sich vor einer Sammellinse befindet. Von diesem Gegenstand greifen wir zur Vereinfachung nur einen Punkt G heraus, z. B. die Spitze des Buchstaben L. Von ihm breitet sich das Licht nach allen Seiten aus (Bild ③ ④ ⑤)



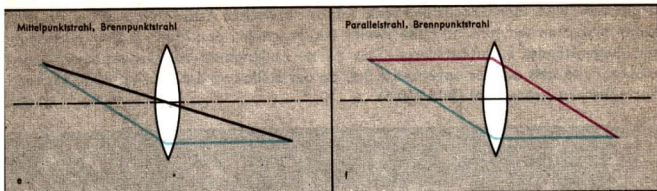


Bild 139/1 a bis f Abbildung eines Gegenstandes durch eine Sammellinse. Der Einfachheit halber ist als Gegenstand nur ein Punkt gewählt.

139/1 a). Für die Abbildung des Punktes G durch die Sammellinse kommt nur das Licht in Frage, das die Linse durchdringt (Bild 139/1 b). Die Strahlen schneiden einander nach der Brechung nahezu in einem Punkt. Dies ist der Punkt B. Im Bild 139/1 c sind aus der großen Schar der Strahlen, die vom Punkt G ausgehen, drei Strahlen herausgegriffen. Um den Ort des Punktes B zu finden, genügen bereits zwei dieser Strahlen. Es gibt drei Möglichkeiten, mit Hilfe von zwei Hauptstrahlen den Punkt B zu finden. Diese sind in den Bildern 139/1 d bis f gezeigt.

Das Gesamtbild ausgedehnter Gegenstände ergibt sich entsprechend aus einer Vielzahl von Punkten. Bei der Darstellung von Bildern einfacher Gegenstände genügen die Konstruktionen der Außenpunkte, wie es das Bild 139/2 zeigt. Eine weitere Vereinfachung

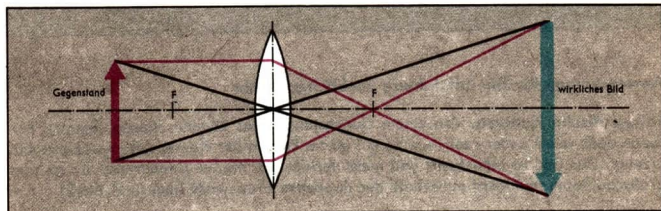


Bild 139/2 Geometrische Darstellung mit Hilfe zweier Hauptstrahlen

- ① Beschreibe eine Experimentieranordnung, mit deren Hilfe man die Bildentstehung an Linsen untersuchen kann!
- ② Wie verändert sich die Größe des wirklichen Bildes, wenn wir den Gegenstand in Richtung zum Brennpunkt verschieben?
Überprüfe deine Antwort durch Konstruktion!
- ③ Nenne die drei Hauptstrahlen!
- ④ Stelle das leuchtende L so vor einer Sammellinse auf, daß der Abstand Gegenstand – Linse größer ist als die doppelte Brennweite der Linse! Wo muß sich der Schirm befinden, wenn wir auf ihm das wirkliche Bild scharf nachweisen wollen?
- ⑤ Rücke den Gegenstand aus Aufgabe 4 so weit an die Linse heran, daß ein gleich großes Bild auf der anderen Seite der Linse entsteht! Vergleiche die Entfernung Gegenstand – Linse mit der Entfernung Linse – Bild!

ergibt sich, wenn der Gegenstand senkrecht zur optischen Achse steht und auf ihr endet. Dann brauchen wir nur mit Hilfe zweier Hauptstrahlen den Punkt B zum Außenpunkt des Gegenstandes zu konstruieren. Der zweite Außenpunkt des Gegenstandes liegt in diesem Falle stets auf der optischen Achse an der Stelle, wo das Bild ebenfalls senkrecht zur optischen Achse steht (Bild 140/1).

① ② ③

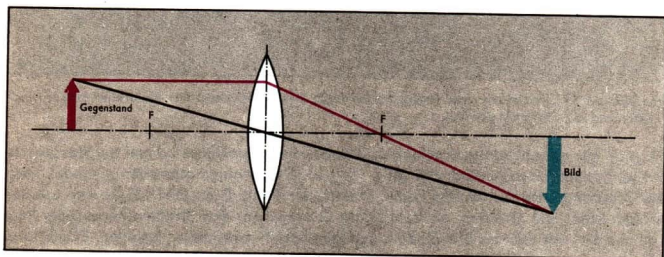


Bild 140/1 Vereinfachte Darstellung von Bild 139/2

Mit Hilfe der Hauptstrahlen können wir durch geometrische Konstruktion Größe, Ort und Lage der wirklichen Bilder ermitteln, die durch Sammellinsen erzeugt werden.

Anwendungen für die Entstehung wirklicher Bilder

Fotografische Kamera. Von einem Gegenstand – das können Häuser, Bäume, Personen oder vieles andere sein – wird auf einem Film in der Kamera ein wirkliches Bild erzeugt. Das Bild ist umgekehrt und meist verkleinert, da der Gegenstand für die fotografische Aufnahme meist außerhalb der doppelten Brennweite liegt (Bild 140/2).



Bild 140/2 Fotografische Kamera

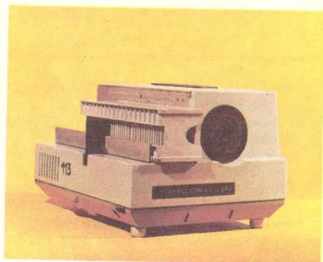


Bild 140/3 Bildwerfer

Bildwerfer. Von einem Gegenstand, einem Diapositiv, das sich zwischen der einfachen und der doppelten Brennweite befindet, wird ein vergrößertes Bild erzeugt. Damit wir das Bild der Wirklichkeit entsprechend und nicht „auf dem Kopf stehend“ betrachten können, wird das Diapositiv „auf dem Kopf stehend“ in den Rahmen gesteckt (Bild 140/3).

Scheinbare Bilder an der Sammellinse

Bei den vorangegangenen Experimenten befand sich der Gegenstand stets außerhalb der einfachen Brennweite. Was ist zu beobachten, wenn sich der Gegenstand jedoch innerhalb der einfachen Brennweite befindet?

62 Der Gegenstand befindet sich innerhalb der einfachen Brennweite. Ganz gleich, wie wir den Bildschirm auch verschieben, es entsteht auf dem Bildschirm kein Bild.

Nun halten wir mit der einen Hand eine Sammellinse, mit der anderen einen Gegenstand etwa so, wie es das Bild 141/1 zeigt. Wir blicken durch die Linse auf den Gegenstand. Der Gegenstand wird so lange innerhalb der einfachen Brennweite hin und her bewegt, bis wir ein scharfes Bild sehen.



Bild 141/1 Betrachten eines Gegenstandes durch eine Sammellinse. Der Gegenstand befindet sich innerhalb der einfachen Brennweite der Linse.

Wir sehen den Gegenstand aufrecht und vergrößert. Es existiert kein wirkliches Bild. Es entsteht ein **scheinbares Bild** (*virtuelles Bild*). Dieses läßt sich nicht mit einem Bildschirm auffangen.

Mit Sammellinsen erhält man von Gegenständen, die sich innerhalb der einfachen Brennweite befinden, scheinbare Bilder. Gegenstand und scheinbares Bild befinden sich auf derselben Seite der Linse. Das Bild ist größer als der Gegenstand.

- 1 Zeichne von einem Punkt G, der sich vor einer Sammellinse befindet, einen Parallelstrahl und einen Mittelpunktstrahl! Bezeichne den zum Punkt G gehörenden Punkt B!
- 2 Vor einer Sammellinse mit einer Brennweite von 25 mm steht in einer Entfernung von 6 cm ein 1 cm hoher Gegenstand. Stelle das zeichnerisch dar und konstruiere das zugehörige Bild! Entnimm der Zeichnung die Höhe des Bildes und die Entfernung des Bildes von der Linsenebene!
- 3 Vor einer Sammellinse mit einer Brennweite $f = 3$ cm steht in einer Entfernung von 7 cm ein 1,5 cm hoher Gegenstand (Fußpunkt auf der optischen Achse). Konstruiere das Bild! Wie weit ist das Bild von der Linse entfernt?

Für uns liegt das Bild in der Richtung, aus der das Licht auf unser Auge trifft. Die rückwärtigen Verlängerungen der gebrochenen Strahlen schneiden einander hinter dem Gegenstand in einem Punkt. Von diesem Punkt scheinen für das Auge die Lichtstrahlen zu kommen. Dieser Punkt ist der *scheinbare Bildpunkt*. Wir erkennen: ② ③

Scheinbare Bilder entstehen dort, wo die rückwärtigen Verlängerungen der gebrochenen Lichtstrahlen einander schneiden.

Mit Hilfe zweier Hauptstrahlen können wir das scheinbare Bild an der Sammellinse konstruieren (Bild 142/1).

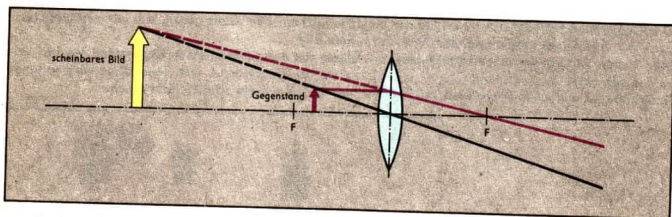


Bild 142/1 Bildentstehung an der Sammellinse (Entstehung des scheinbaren Bildes)

Lupe. Die uns bereits bekannten Lupen sind Sammellinsen. Mit ihnen können Gegenstände vergrößert abgebildet werden. Dabei befindet sich der Gegenstand innerhalb der einfachen Brennweite. Das vergrößerte scheinbare Bild entsteht außerhalb der einfachen Brennweite.

Wirkliche und scheinbare Bilder am Hohlspiegel

So wie mit Sammellinsen lassen sich auch mit Hohlspiegeln Bilder erzeugen. Die Experimentieranordnung (Bild 142/2) hat große Ähnlichkeit mit der im Bild 137/2.

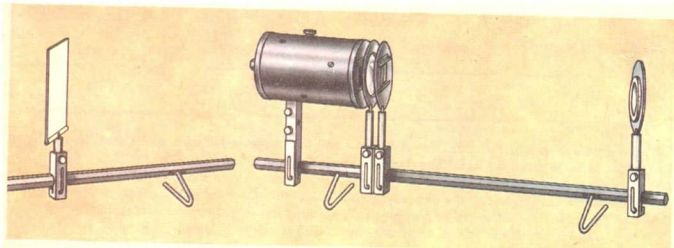


Bild 142/2 Experimentieranordnung

Ein Gegenstand, z. B. ein leuchtendes L, steht vor einem Hohlspiegel. Auf der optischen Bank werden die einfache und die doppelte Brennweite des Hohlspiegels gekennzeichnet. Der Gegenstand wird erst außerhalb der doppelten Brennweite, dann im Krümmungsmittelpunkt, dann zwischen F und M (zwischen der einfachen und der doppelten Brennweite) aufgestellt. Schließlich rückt man den Gegenstand in die einfache Brennweite. Zu jedem Ort des Gegenstandes werden beobachtet: Ort des Bildes, Art des Bildes (wirklich oder scheinbar), Lage des Bildes (aufrecht oder umgekehrt), Größe des Bildes (kleiner oder größer als der Gegenstand, genau so groß wie der Gegenstand).

Das Experiment ergibt das folgende Gesetz (Bild 143/1).

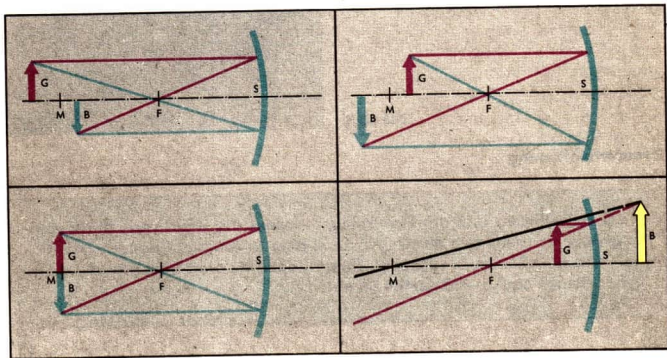


Bild 143/1 Bildentstehung am Hohlspiegel

Mit Hohlspiegeln erhält man von Gegenständen, die sich außerhalb der einfachen Brennweite befinden, wirkliche Bilder. Gegenstand und Bild befinden sich auf der gleichen Seite des Spiegels.
Befinden sich die Gegenstände innerhalb der einfachen Brennweite, erhält man scheinbare Bilder. Gegenstand und Bild befinden sich auf verschiedenen Seiten des Spiegels.

- ① Bilde mit Hilfe einer Sammellinse ein durch das Fenster sichtbares Haus auf einem weißen Bogen scharf ab! Wie mußst du die Linse verschieben, damit du den näher gelegenen Fensterrahmen scharf abbilden kannst?
- ② Rücke den Gegenstand aus Aufgabe 4 (Seite 139) so weit an die Linse heran, bis er sich zwischen dem Brennpunkt und der Linse befindet!
Nenne die Eigenschaften des entstandenen Bildes!
- ③ Wodurch unterscheiden sich wirkliche Bilder und scheinbare Bilder?
- ④ Konstruiere das Bild eines 1 cm hohen Gegenstandes! Der Abstand des Gegenstandes von der Linse beträgt 2 cm. Der Gegenstand befindet sich vor einer Sammellinse ($f = 4$ cm). Gib den ungefähren Abstand des Bildes von der Linse an!
Beschreibe Größe und Art des Bildes!

- Zahnarztspiegel.** Hohlspiegel werden vom Zahnarzt als Mundspiegel benutzt. Mit Hilfe dieser kleinen Spiegel können auch die Rückseiten der Zähne betrachtet werden. Der Zahnarzt sieht im Spiegel die vergrößerten, scheinbaren Bilder der Zähne (Bild 144/1).

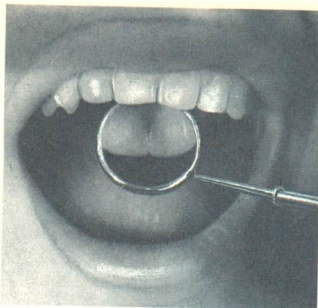
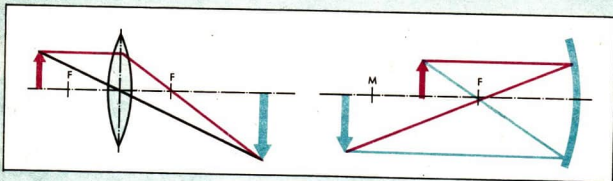


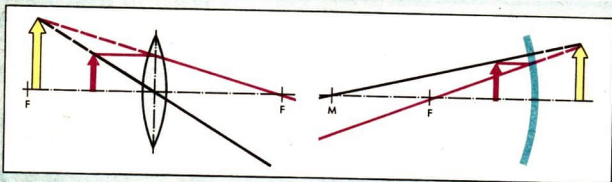
Bild 144/1

Zusammenfassung

An Sammellinsen und am Hohlspiegel werden die wirklichen Bilder um so größer, je mehr sich der Gegenstand dem Brennpunkt nähert. Die Bilder sind dabei stets umgekehrt. Ihre Bildpunkte sind Schnittpunkte der gebrochenen bzw. reflektierten Strahlen.



An Sammellinsen und am Hohlspiegel sind die scheinbaren Bilder stets größer als der Gegenstand. Die scheinbaren Bilder sind dabei aufrecht. Ihre Bildpunkte sind Schnittpunkte der rückwärtigen Verlängerungen der gebrochenen bzw. reflektierten Strahlen.



Scheinbare Bilder am ebenen Spiegel

Ein Experiment, bei dem eine Glasscheibe als Spiegel benutzt wird, gibt Auskunft über die Bildentstehung am ebenen Spiegel.

- 64 In einem verdunkelten Zimmer befindet sich eine brennende Kerze vor einer senkrecht stehenden Glasscheibe. Wenn man in die Glasscheibe blickt, sieht man das Bild der Kerze.

Das Bild ist *scheinbar*.

- 65 Nun stellt man eine gleich große, nicht brennende Kerze so hinter die Glasscheibe, daß sie sich mit dem Bild deckt. Das Bild ist genauso groß wie der Gegenstand (Bild 145/1). Es sieht so aus, als ob auch die Kerze hinter der Scheibe brennt. Mit Hilfe eines Lineals und eines Zeichendreiecks ist festzustellen:

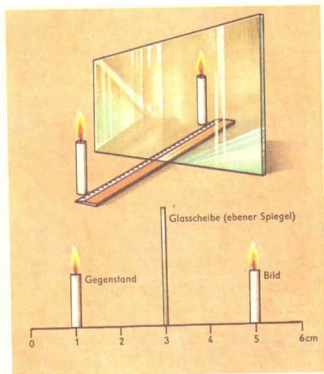


Bild 145/1

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

- 1 Zeichne einen Hohlspiegel mit Krümmungsmittelpunkt M , Brennpunkt F und optischer Achse! Zeichne von einem Punkt G aus die 3 Hauptstrahlen und finde so den Punkt B !
- 2 Konstruiere von einem Gegenstand (Pfeil), der sich im Krümmungsmittelpunkt M vor einem Hohlspiegel befindet, sein wirkliches Bild!
- 3 Wo entsteht an einem Hohlspiegel das wirkliche Bild des Gegenstandes, wenn sich der Gegenstand im Krümmungsmittelpunkt befindet?
- 4 Wie ändert sich die Größe des wirklichen Bildes am Hohlspiegel, wenn sich der Gegenstand dem Brennpunkt nähert?
- 5 Wo befindet sich ein Gegenstand vor einem Hohlspiegel, wenn von ihm ein scheinbares Bild entsteht?
- 6 Konstruiere das Bild eines Gegenstandes, dessen Höhe $1,5\text{ cm}$ beträgt und der sich 10 cm (7 cm ; 6 cm) vor einem Hohlspiegel befindet. Die Brennweite des Hohlspiegels beträgt $f = 3,5\text{ cm}$. Wie groß sind Bildweite und Bildhöhe? Gib Art und Lage des Bildes an!
- 7 Konstruiere von einem Gegenstand, der sich vor einem Hohlspiegel befindet, sein scheinbares Bild! Die Brennweite f betrage 6 cm , die Entfernung des Gegenstandes vom Spiegel 3 cm und die Höhe des Gegenstandes 1 cm (Fußpunkt auf der optischen Achse).

Wir können wieder durch Konstruktion Größe und Lage des scheinbaren Bildes ermitteln. Einfachheitshalber beginnen wir wieder mit einem Punkt des Gegenstandes. Wir zeichnen zwei Strahlen, die vom Punkt G herkommen (Bild 146/1). Sie treffen unter verschiedenen Einfallswinkeln auf den Spiegel und werden nach dem Reflexionsgesetz zurückgeworfen. Zeichnet man die rückwärtigen Verlängerungen der reflektierten Strahlen, so schneiden sie einander im Punkt B. Für den Betrachter scheint das ins Auge fallende Licht von diesem Punkt herzukommen.

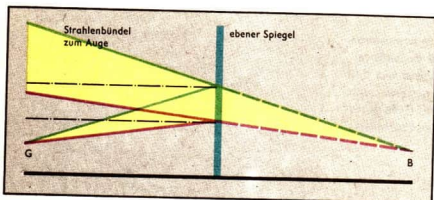


Bild 146/1
Bildentstehung am ebenen Spiegel

In dieser Weise können von allen Punkten des Gegenstandes Punkte des scheinbaren Bildes konstruiert werden. Alle Punkte zusammen ergeben das scheinbare Bild. ① Auf den ermittelten Gesetzen beruht die Erscheinung des Bildes 116/1. Die ruhige Wasseroberfläche wirkt wie ein ebener Spiegel. Alle Punkte der Gegenstände werden nach dem Reflexionsgesetz abgebildet.

Wir fassen zusammen:

Die Bildentstehung am ebenen Spiegel und am Hohlspiegel beruht auf der Reflexion des Lichtes.

Das von einem Gegenstand auf einen ebenen Spiegel fallende Licht wird so reflektiert, daß ein gleich großes, aufrechtes, scheinbares Bild des Gegenstandes entsteht.

Das Bild liegt so weit hinter dem Spiegel wie der Gegenstand vor ihm. Gegenstand und Bild liegen symmetrisch zur Spiegelebene.

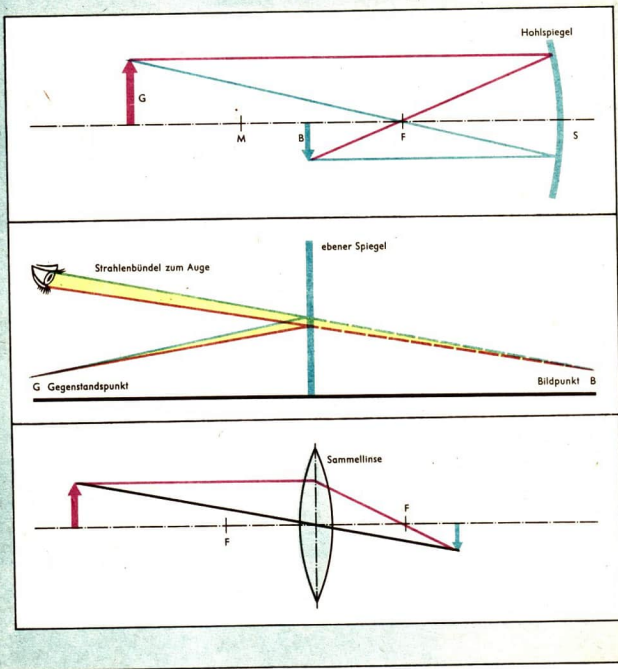
■ **Rückblickspiegel.** Ebene Spiegel werden bei fast allen Fahrzeugen, zum Beispiel auch beim PKW, als Rückblickspiegel benutzt. Welchen Zweck erfüllt der abgebildete Rückblickspiegel (Bild 146/2)?



Bild 146/2

Zusammenfassung

Mit Hilfe von Spiegeln und Linsen kann man von Gegenständen Bilder erhalten. Die Bilder von Hohlspiegeln und Linsen können wirklich oder scheinbar sein. Die Bilder von ebenen Spiegeln sind immer scheinbar. Mit Hilfe von zwei der drei Hauptstrahlen können durch geometrische Konstruktion Art, Größe, Ort und Lage der Bilder ermittelt werden. Die Bildentstehung an Spiegeln beruht auf dem Reflexionsgesetz, die Bildentstehung an Linsen beruht auf dem Brechungsgesetz.

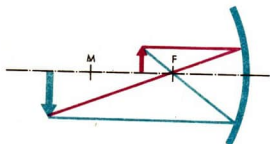


- ① Die Entfernung eines Gegenstandes von einem ebenen Spiegel beträgt 35 cm. Wie weit scheint das Spiegelbild vom Gegenstand entfernt zu sein?

Bilder an Hohlspiegeln und Sammellinsen

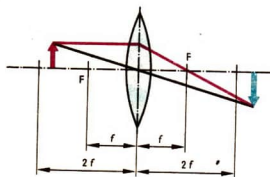
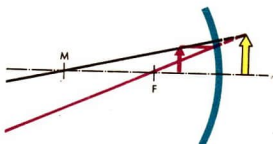
Wirkliche Bilder

- mit Schirm auffangbar,
- entstehen dort, wo die reflektierten bzw. gebrochenen Lichtstrahlen einander schneiden.

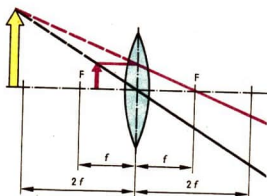


Scheinbare Bilder

- nicht mit Schirm auffangbar,
- entstehen dort, wo die rückwärtigen Verlängerungen der reflektierten bzw. gebrochenen Lichtstrahlen einander schneiden.

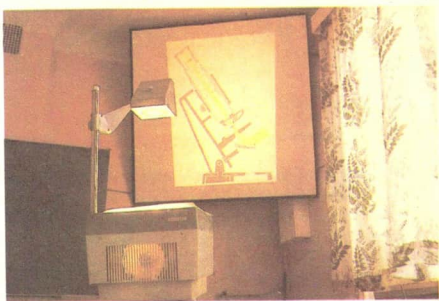


- erhält man, wenn sich ein Gegenstand außerhalb der einfachen Brennweite befindet.



- erhält man, wenn sich ein Gegenstand innerhalb der einfachen Brennweite befindet.

In der Schule, im Haushalt, in der Produktion und für wissenschaftliche Zwecke werden optische Geräte in großer Anzahl verwendet. Eines haben sie sehr häufig gemeinsam: das Abbilden von Gegenständen mit Linsen und Spiegeln. Wie sind solche optischen Geräte aufgebaut und wie ist ihre Wirkungsweise?



Der Bildwerfer

Mitunter will man einem größeren Zuschauerkreis, z. B. den Schülern im Unterricht, Diapositive oder andere ebene Gegenstände zeigen. Dazu ist es erforderlich, sie hell und vergrößert abzubilden. Das geschieht, indem man die Vorlage zwischen der doppelten und der einfachen Brennweite einer Sammellinse anordnet und beleuchtet. Man erhält ein vergrößertes Bild, das man mit einem Schirm auffangen kann. Geräte, die diese Gesetzmäßigkeit zur Projektion von ebenen Gegenständen ausnutzen, heißen **Bildwerfer**. Ist der Gegenstand ein Diapositiv, also durchsichtig, so wird er von einer Lichtquelle durchleuchtet. Solche Bildwerfer heißen **Diaskope** (Bilder 149/2 und 149/3).

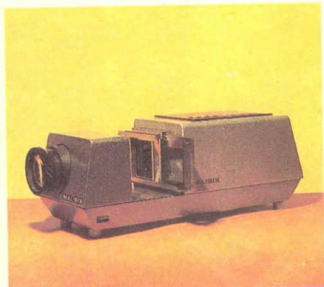


Bild 149/2 Diaskop (Ansicht)

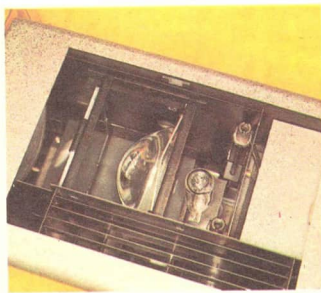


Bild 149/3 Diaskop (Aufbau)

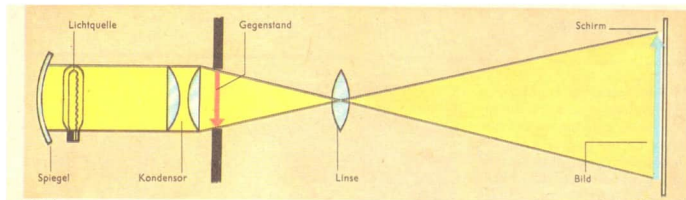


Bild 150/1 Strahlenverlauf beim Diaskop

Ist der Gegenstand ein Papierbild, also undurchsichtig, so wird er von Lichtquellen beleuchtet. Solche Bildwerfer heißen **Episkope**.

Beim Diaskop befindet sich vor einem Hohlspiegel eine Glühlampe. Ihr Licht geht durch ein System von Sammellinsen (Kondensator). Dadurch wird erreicht, daß möglichst viel Licht durch das Diapositiv fällt. Zur Bilderzeugung dient das **Objektiv**. Ein Objektiv besteht meist aus mehreren Linsen. Um ein scharfes Bild zu erhalten, kann man den Abstand zwischen Diapositiv und Objektiv durch Drehung des Objektivs verändern. ① ②

Die fotografische Kamera

Mit einem Fotoapparat (Bild 150/3) will man von Gegenständen Fotos erhalten.

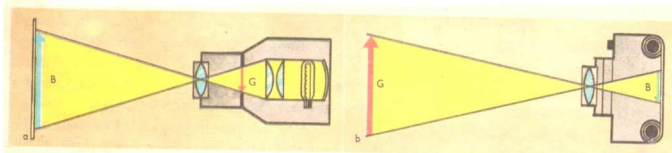


Bild 150/2 Vergleich des Strahlenverlaufes beim Bildwerfer (a) und bei der Kamera (b)

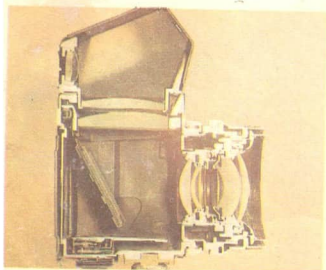


Bild 150/3 Fotografische Kamera im Schnitt

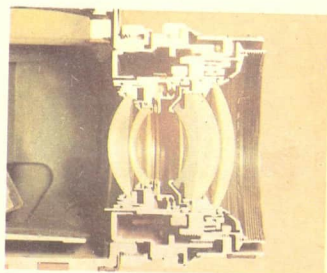


Bild 150/4 Objektiv im Schnitt

Wir wissen bereits: Von einem Gegenstand, der sich außerhalb der doppelten Brennweite einer Sammellinse befindet, erhält man ein wirkliches Bild zwischen der einfachen und der doppelten Brennweite. Da sich der Abstand Gegenstand – Linse von Aufnahme zu Aufnahme ändern kann, muß die Möglichkeit bestehen, auch den Abstand Linse – Film ändern zu können (Bild 150/2). Dazu kann man die Linse (genauer: das Objektiv) durch Drehung bewegen (Bild 150/4). Man stellt jeweils den Abstand ein, der ein scharfes Bild gewährleistet. ③

Das Auge

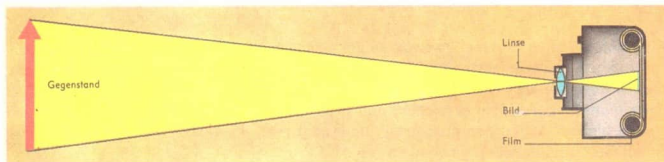


Bild 151/1 Strahlenverlauf bei der fotografischen Kamera

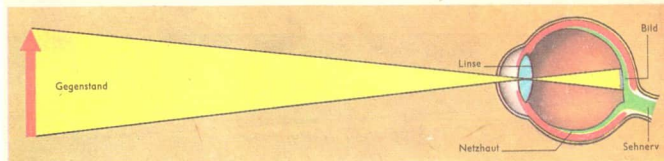


Bild 151/2 Strahlenverlauf beim Auge

Die Bildentstehung im Auge läßt sich mit der Bildentstehung in der Kamera vergleichen (Bilder 151/1 und 151/2). Bei der Kamera entsteht das Bild auf dem Film, bei dem Auge auf der Netzhaut. Lage, Ort und Größe des Bildes ergeben sich nach den gleichen Gesetzen. Beim Auge kann die Brennweite der Sammellinse durch Veränderung der *Augenlinse* geändert werden.

- ① Wo befindet sich beim Bildwerfer der Gegenstand?
Benutze die Begriffe einfache und doppelte Brennweite!
- ② Was muß beim Einstecken eines Diapositivs in das Diaskop beachtet werden, damit das Bild auf der Leinwand seitenrichtig und aufrecht zu sehen ist?
- ③ Erkläre die Wirkungsweise eines Fotoapparats!
Bereite dazu einen Schülervortrag zu folgenden Fragen vor:
 - a) Wozu werden Fotoapparate verwendet?
 - b) Welche physikalischen Gesetze werden beim Fotoapparat genutzt?
 - c) Was sind wichtige Teile des Fotoapparats und wie sind sie angeordnet?
 - d) Wie entsteht im Fotoapparat das Bild auf dem Film?

Bei manchen Menschen entstehen wegen eines zu großen oder zu kleinen Abstandes zwischen Linse und Netzhaut unscharfe Bilder auf der Netzhaut. Mit Hilfe geeigneter Linsen in *Brillen* kann der Strahlenverlauf des Lichtes so korrigiert werden, daß scharfe Bilder auf der Netzhaut abgebildet werden.

Das menschliche Auge hat Grenzen in seiner Leistung. Sehr kleine und sehr weit entfernte Dinge bleiben dem Auge verborgen. Kleinste Dinge werden nicht gesehen, und Einzelheiten auf Himmelskörpern werden nicht erkannt. Es bedarf der vom Menschen geschaffenen Hilfsmittel, um mehr zu sehen. Solche Hilfsmittel sind beispielsweise das Fernrohr und das Mikroskop. ①

Das astronomische Fernrohr

Will man mit einer Sammellinse von einem Gegenstand ein vergrößertes Bild erzeugen, so muß sich der Gegenstand zwischen einfacher und doppelter Brennweite befinden. Das ist aber bei weit entfernten Gegenständen nicht möglich. Mit Hilfe des Fernrohres kann man aber trotzdem erreichen, daß man weit entfernte Gegenstände größer sieht als mit bloßem Auge. Man muß dazu mindestens zwei der bisher im Unterricht behandelten Gesetzmäßigkeiten anwenden:

1. Von einem weit entfernten Gegenstand erzeugt eine *Sammellinse* (Objektiv) ein *wirkliches Bild* zwischen der doppelten und der einfachen Brennweite. Man nennt dieses Bild *Zwischenbild* (Bild 152/1).

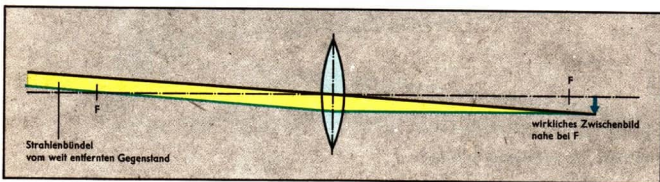


Bild 152/1 Entstehung des wirklichen Zwischenbildes

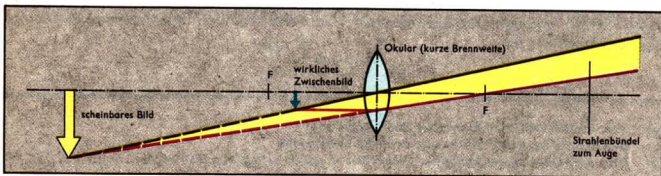


Bild 152/2 Entstehung des scheinbaren Bildes

2. Dieses Zwischenbild wird mit einer *Lupe* (Okular) betrachtet. Das Zwischenbild muß sich dazu innerhalb der einfachen Brennweite des Okulars befinden (Bilder 152/2 und 153/1). So erhält man vom Zwischenbild ein scheinbares, vergrößertes Bild.

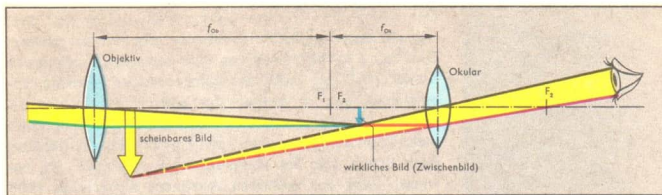


Bild 153/1 Strahlenverlauf beim astronomischen Fernrohr

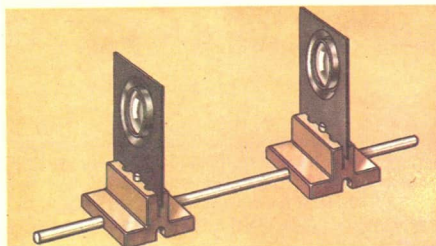


Bild 153/2 Modell eines astronomischen Fernrohrs aus Aufbauten



Bild 153/3 Astronomisches oder Keplersches Fernrohr

Das Bild 153/2 zeigt ein aus zwei Sammellinsen bestehendes Modell eines **astronomischen Fernrohrs**. Das Bild 153/3 zeigt ein astronomisches Fernrohr; es wird nach seinem Erfinder auch **Keplersches Fernrohr** genannt.

Damit von dem zu beobachtenden Gegenstand ein möglichst helles Bild entsteht, werden Linsen mit möglichst großen Durchmessern verwendet. Auch **Feldstecher** (Ferngläser) haben Linsen mit großen Durchmessern, um bei verhältnismäßig wenig Licht Einzelheiten gut zu erkennen (Bild 153/4).



Bild 153/4 Angehöriger unserer Volksarmee mit lichtstarkem Feldstecher

- ① Vergleiche die Bildentstehung beim Auge mit der Bildentstehung beim Fotoapparat!



Der italienische Physiker Galileo Galilei (1564 bis 1642) war der erste, der 1609 ein Fernrohr zum Himmel richtete. Drei Jahre später wurde von dem deutschen Astronomen Kepler (1571 bis 1630) das astronomische Fernrohr beschrieben, das im Aufbau das einfachste Fernrohr ist. Galilei und Kepler erblickten vorher nie gesehene Himmelskörper und gewannen neue Einsichten in die Gesetze, nach denen sich die Himmelskörper bewegen. Sie bewiesen, was der polnische Astronom Kopernikus (Bild 154/1) hundert Jahre vor ihnen vermutet und theoretisch vorhergesagt hatte, nämlich, daß sich die Erde um die Sonne bewegt.

Bild 154/1 Kopernikus (1473 bis 1543)

Das Mikroskop

Beim Mikroskop kann man den Gegenstand dicht an die Linse (Objektiv) heranbringen. Das wirkliche Zwischenbild ist größer als der Gegenstand (Bild 154/2). Genau wie beim astronomischen Fernrohr wird dieses Zwischenbild mit Hilfe einer Lupe (Okular) vergrößert. Das Auge sieht ein stark vergrößertes Bild des Gegenstandes (Bild 154/3). Die schematische Darstellung des Strahlenganges (Bild 154/4) ist im Bild 155/1 vereinfacht dargestellt.

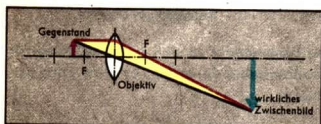


Bild 154/2
Entstehung des wirklichen Zwischenbildes

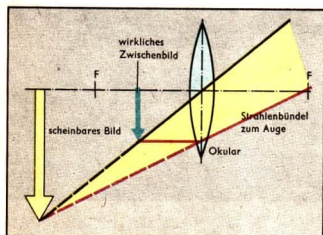


Bild 154/3
Entstehung des scheinbaren Bildes

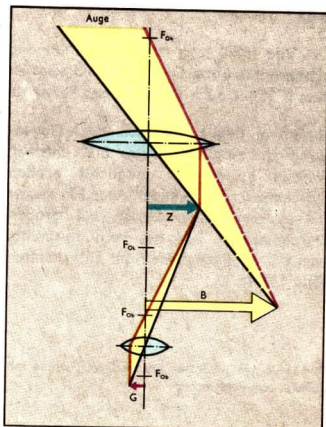
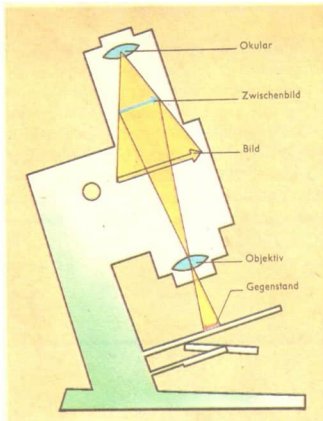


Bild 154/4
Strahlenverlauf beim Mikroskop



Um die Helligkeit des Bildes zu vergrößern, befindet sich unter dem Objektisch ein Spiegel. Auf diesen Spiegel richtet man das Licht der Sonne oder einer anderen Lichtquelle.

Mikroskope gibt es in vielen Ausführungen. Ihre Vergrößerung reicht von geringen Vergrößerungen (z. B. Schulmikroskop, 60-fach) bis zu starken Vergrößerungen bei Mikroskopen für die Forschung (z. B. 500fach) (Bilder 155/2 bis 155/4). ②

Bild 155/1
Stark vereinfachte Darstellung des Strahlenverlaufs beim Mikroskop

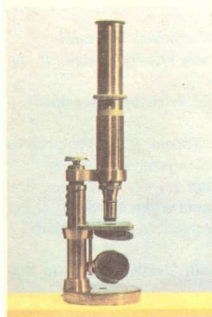


Bild 155/2
Mikroskop aus dem Jahre 1860

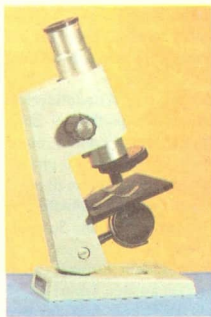


Bild 155/3
Schulmikroskop



Bild 155/4
Mikroskop für Forschungszwecke

- ① Halte zwei Sammellinsen hintereinander!
Bilde einen hellen Gegenstand (Fenster) scharf ab!
Wie mußst du den Abstand Linse – Schirm verändern, wenn du nur eine Linse verwendest?
- ② Vergleiche die Bilder über die Bildentstehung beim Mikroskop und beim astronomischen Fernrohr!
Wodurch unterscheiden sich die Zwischenbilder?
Welche gemeinsame Aufgabe haben die Okulare?

Die optische Industrie der DDR

Der hohe Entwicklungsstand der optischen Geräte (Kameras, Fernrohre, Mikroskope usw.), die in unserer volkseigenen Industrie hergestellt werden, ist das Ergebnis mühevoller Arbeit der Wissenschaftler, Techniker und Arbeiter. Hochwertige Geräte sind zwar in ihrem Aufbau weit komplizierter, als das aus unseren einfachen Abbildungen der Strahlenverläufe hervorgeht, arbeiten aber nach dem gleichen Prinzip. Bei der Herstellung dieser Apparate muß mit großer Genauigkeit und Sorgfalt gearbeitet werden. ① Die optischen 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. Linsen für Brillen werden vor allem im VEB Rathenower Optische Werke hergestellt. ②

Wiederholung und Übung

22

1. ~~1.~~ Nenne Eigenschaften des Lichtes!
2. ~~2.~~ Nenne Lichtquellen! Gib jeweils ihren Verwendungszweck an!
3. ~~3.~~ Im täglichen Leben sagt man beispielsweise: Fensterglas ist durchsichtig. Milchglas und Holz sind undurchsichtig. Formuliere diese Aussagen mit den Wörtern „lichtdurchlässig“ und „lichtundurchlässig“!
4. ~~4.~~ Warum ist es bei bedecktem Himmel dunkler als bei wolkenlosem Himmel?
5. ~~5.~~ Wende das Reflexionsgesetz an, um das „helle Glühen“ von Fensterscheiben in der Abendsonne zu erklären!
6. ~~6.~~ Was sollte man beim Aufhängen von Wandbildern (mit Glasscheiben) beachten? Denke an helle Fenster und an Lichtquellen im Zimmer!
7. ~~7.~~ Am ebenen Spiegel beträgt der Einfallswinkel eines Lichtstrahls 25° . Wie groß ist der Winkel zwischen dem reflektierten Strahl und der reflektierenden Fläche?
8. ~~8.~~ Zeichne einen Hohlspiegel und eine Sammellinse! Trage jeweils einen der drei Hauptstrahlen ein! Zeichne ein, wie sie reflektiert bzw. gebrochen werden!
9. ~~9.~~ Nenne optische Geräte, in denen sich ebene Spiegel oder Hohlspiegel befinden! Wozu dienen die Spiegel jeweils?
10. ~~10.~~ Beschreibe ein Experiment, aus dem hervorgeht, daß ein Lichtweg auch in umgekehrter Richtung durchlaufen werden kann!
11. ~~11.~~ Beschreibe das Schülerexperiment, mit dem das Brechungsgesetz bestätigt werden kann!
Sprich zu folgenden Punkten:
 - a) Aufbau des Experiments,
 - b) Durchführung des Experiments,
 - c) Auswertung des Experiments!
12. ~~12.~~ Gib Beispiele an, wo du in der Praxis die Brechung des Lichtes beobachtet hast! Erläutere ein Beispiel näher!
13. ~~13.~~ Wie muß ein Lichtbündel auf einen Körper aus Glas auftreffen, damit es nicht gebrochen wird?
14. ~~14.~~ Zeichne eine Sammellinse mit ihrer optischen Achse!
Ergänze die Zeichnung mit allen dir bekannten Punkten, Begriffen usw.!

15. Wir unterscheiden Sammellinsen und Zerstreuungslinsen.
Vergleiche ihre Formen!
16. Vergleiche die Hauptstrahlen am Hohlspiegel und an der Sammellinse (Bild 157/1).
Nenne Gemeinsamkeiten! Wodurch unterscheiden sich die Strahlenverläufe?

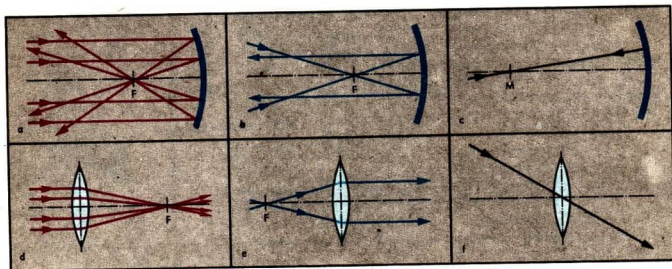


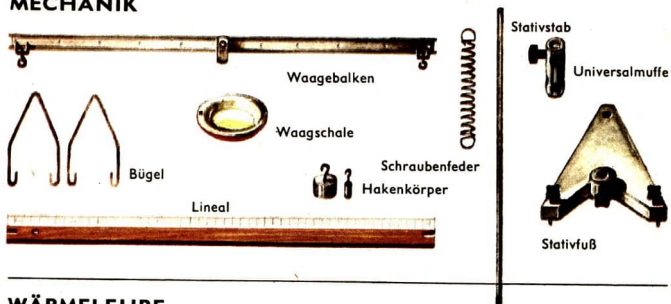
Bild 157/1 Strahlenverlauf am Hohlspiegel und an der Sammellinse

17. Die Brennweite einer Linse beträgt 6 cm. Die Entfernung Linse – Gegenstand beträgt 12 cm. Vergleiche die Höhe des Gegenstandes mit der Höhe des Bildes!
18. Nenne wichtige optische Geräte! Gib ihren Verwendungszweck an! Welche optischen Bauteile enthalten sie?
19. Bringe einen Wassertropfen auf ein Plastlineal! Halte das Ganze dicht über eine kleingedruckte Schrift und betrachte die Buchstaben! Beschreibe und erkläre deine Beobachtung!
20. Was sind Okulare? Was sind Objektive?
Erläutere ihre Aufgaben bei verschiedenen optischen Geräten!
21. In optischen Geräten unterscheidet man Bauteile,
a) die vom Gegenstand ein wirkliches Bild ergeben,
b) die Lupenwirkung zeigen.
Ordne diesen beiden Gruppen die folgenden Bauteile zu: Objektiv des Fernrohres, Objektiv des Fotoapparats, Objektiv des Mikroskopes, Objektiv des Bildwerfers, Okular des Mikroskopes, Okular des astronomischen Fernrohres, Linse des Diabetrachters!
22. Versuche, die dir bekannten optischen Geräte in Gruppen einzuteilen!
Überlege, nach welchen Gesichtspunkten du die Geräte ordnen könntest!

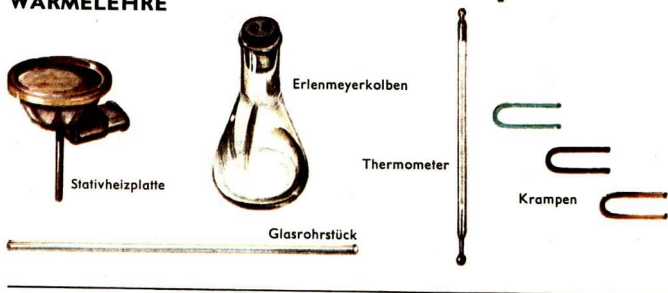
- ① Nenne optische Geräte, die im Unterricht eingesetzt werden!
- ② Nenne Betriebe unserer volkseigenen optischen Industrie! Welche Geräte stellen sie her? Zeige die Städte, in denen sie produziert werden, auf der geographischen Karte!

Wichtige Experimentiergeräte

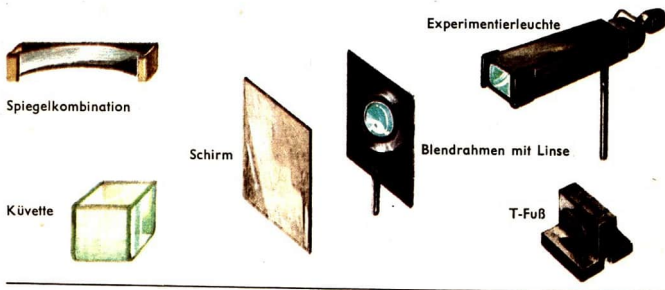
MECHANIK



WÄRMELEHRE



OPTIK



Register

Abstoßungskräfte 57 ff.
Achse, optische 120, 132 f.
Adhäsion 59
Aggregatzustand 16
–, Änderung 80 ff.
Anomalie des Wassers 77 f.
Anziehungskräfte 58 ff.
astronomisches Fernrohr 152 ff.
–, Strahlenverlauf 153
Atom 53, 58, 97, 100
–, Aufbau 98 ff.
Atomhülle 98 ff.
Atomkern 98 ff.
Atomphysik 8
Auge 151 f.
–, Strahlenverlauf 151
Augenblicksgeschwindigkeit 26
Augenlinse 151 f.
Ausbreitung des Lichtes 108 ff.
Ausdehnung der Körper 73 ff.

Balkenwaage 40 ff.
Beobachten 102 f.
beschleunigte Bewegung 20 f.
Beschreiben 103
Bewegung 18, 28
–, beschleunigte 20 f.
–, geradlinige 19 f.
–, gleichförmige 20 ff.
–, ungleichförmige 26
–, verzögerte 20 f.
Bewegungsänderung 29 ff.
Bezugskörper 18
Bild, reelles 137
–, scheinbares 141 ff., 152 ff.
–, virtuelles 141
–, wirkliches 137 ff., 152 ff.
Bildentstehung 137 ff., 142 ff.
Bildpunkt 142
Bildwerfer 141, 149
–, Strahlenverlauf 150
Bimetallstreifen 74 f.
Brechung 126 ff.
Brechungsgesetz 127 f.
Brechungswinkel 127 f.
Brennpunkt 121 f., 132 f.
Brennpunktstrahl 122 f., 132 f.
Brennweite 123, 134
–, doppelte 123
–, einfache 123, 138 ff.
Briefwaage 40 ff.
Brille 152
Brownsche Bewegung 54 ff.

Celsius, Anders 67
Celsiussskala 67 f.

Destillation 86
Diaskop 149 f.
–, Strahlenverlauf 150
Dichte 44 ff.
–, Berechnung 48
–, Einheit 45
Diffusion 52 ff.:
doppelte Brennweite 123
Durchschnittsgeschwindigkeit 26

ebener Spiegel 116 ff., 145
–, Bildentstehung 146
einfache Brennweite 123, 138 ff.
einfallender Strahl 117 f., 127 f.
Einfallslot 117 f., 127 f.
Einfallswinkel 117 f., 127 f.
Einheit 11
Einkochthermometer 66
elastische Formänderung 31 f.
elektrische Ladung 98 ff.
elektrisch geladener Körper 97 f.
Elektrizität 98
Elektrizitätslehre 8
Elektron 98 ff.
Episkop 149
Erklären 103
Erstarren 81 ff.
Erstarrungstemperatur 82
Experiment 67, 105

Federkraftmesser 34
Feldstecher 153
Fernrohr 152 ff.
–, astronomisches 152 ff.
–, Keplersches 152 ff.
–, Strahlenverlauf 153
fester Körper 10, 14, 50 f.
Fieberthermometer 69
Flüssigkeit 10, 15
–, Aufbau 60
–, Ausdehnung 75 ff.
–, Teilbarkeit 51
–, Volumenmessung 12 ff.
Form 14 ff.
Formänderung 31 ff.
–, elastische 31 f.
–, plastische 31 f.
Formelzeichen 11
fotografische Kamera 140, 150 f.
–, Strahlenverlauf 151

Galilei, Galileo 154

Gase 10, 16
–, Aufbau 50, 56
–, Teilbarkeit 51
gebrochener Strahl 127 f.
geradlinige Bewegung 19 f.
Geschwindigkeit 22 ff.
Gesetz 105
Gewichtskraft 36 f., 42 f.
gleichförmige Bewegung 20 ff.
Grad Celsius 68
grafische Darstellung 103, 105
Größe, physikalische 11

Halbschatten 112
Hauptstrahl 123, 132, 140
Hektoliter 13
Hohlspiegel 120 ff.
–, Bildentstehung 142 f.
–, Strahlenverlauf 157

Kamera, fotografische 140, 150 f.
–, Strahlenverlauf 151
Kapillarität 60 f.
Kepler, Johannes 154
Keplersches Fernrohr 152 ff.
–, Strahlenverlauf 153
Kernschatten 112
Körper 9 ff.
–, Eigenschaften 10 f.
–, elektrisch geladener 97 f.
–, fester 10, 14, 50 f.
–, selbstleuchtender 108 f.
Kohäsion 59
Kondensationstemperatur 86
Kondensieren 85 f.
Kopernikus, Nikolaus 154
Kraft 29 ff.
–, Einheit 33
Kraftmessung 34
Kreisbewegung 19
Krümmungsmittelpunkt 120
Kubikmeter 12
Kubikmillimeter 12
Kubikzentimeter 12

Laborthermometer 69
Ladung, elektrische 98 ff.
Ladungstrennung 100
Längenänderung 34 f., 72 ff.
Längenänderung-Kraft-Diagramm 34 f.
Lichtausbreitung 108 ff.
Lichtbrechung 126 ff.
Lichtbündel 110
Lichtdurchlässigkeit 109 ff.
Lichtquellen 108 ff.

Lichtstrahl 110 f., 118
Lichtweg, Umkehrbarkeit
119 f., 128
Linse, optische 129 ff.
Linse, Sammelnwirkung 134
Lupe 142

Masse 38 ff.
-, Berechnung 48
-, Einheit 39 f.
-, Meßgerät 40
-, Messung 40 ff.
mathematische Verfahren 104 f.
Mechanik 7, 105
Messen 103
Meßgeräte 103
Meßzylinder 13 ff.
Mikroskop 154 f.
Milliliter 13
Mittelpunkt, optischer 132
Mittelpunktstrahl 121 f., 132 ff.
Molekül 53, 97
Mondfinsternis 112 ff.
Mondphasen 114 f.

Newton 33
Newton, Isaac 33

Objektiv 150
Optik 8
optische Achse 120, 132 f.
optische Industrie 156
optische Linse 129 ff.
optischer Mittelpunkt 132
optisches Prisma 129 f.

Parallelstrahl 121 ff., 132 f.
Personenwaage 42
Physik 6
-, Bedeutung 8
-, Teilgebiete 7 f., 105
physikalische Größe 11
physikalischer Vorgang 6 f.
plastische Formänderung 31 f.
Prisma, optisches 129 f.

reelles Bild 137
reflektierter Strahl 117 f.
reflektiertes Licht 109
Reflexion 116 ff.
Reflexionsgesetz 118 ff.
Reflexionswinkel 117 f.
Rückblickspiegel 146
Ruhe 18

Sammellinse 131 ff.
-, Bildentstehung 137 ff.
-, Strahlenverlauf 131 f., 157
Schatten 111 f.
scheinbares Bild 141 ff.,
152 ff.
Scheinwerfer 124
Scheitelpunkt 120
Schmelzen 80 ff.
Schmelztemperatur 81 f.
Schulmikroskop 155
Schwingung 20
selbstleuchtender Körper
108 f., 112
Sieden 84 f.
Siedetemperatur 85 f.
Sonnenfinsternis 112 ff.
Sonnenofen 123
Spiegel, ebener 116 ff., 145 f.
-, Bildentstehung 145
Stoff 9 ff.
-, Aufbau 50
-, Dichte 44 ff.
-, Teilbarkeit 50 f.

Tachometer 23
Tageslichtschreibprojektor 119
Teilbarkeit 50 f.
Teilchen 52 ff., 62
-, Anordnung 58
-, Bewegung 56, 70
Temperatur 65 ff., 70 f.
Temperaturänderung 71 ff.
Temperaturerhöhung 72 f.
Temperatur-Zeit-Diagramm
81 f., 84

Thermometer 66 ff.
-, Arten 68 f.
-, Aufbau 66
-, Wirkungsweise 67
Thermosgefäß 95

Umkehrbarkeit des Lichtweges
119 f.
ungleichförmige Bewegung 26

Verdrängung 10
Verdunsten 86 ff.
Vergrößerung 155
verzögerte Bewegung 20 f.
virtuelles Bild 141
Volumen 11 ff., 44 f.
-, Berechnung 12, 16 f.
-, Bestimmung 12, 14, 16 f.
-, Messung 12 ff., 16 f.
Volumenänderung 72 ff.

Waagen 40 f.
Wärme 71
Wärmeempfindung 66
Wärmelehre 8, 105
Wärmeleiter 90
Wärmeleitung 89 f.
Wärmestrahlung 92 ff.
Wärmeströmung 91 f.
Weg-Zeit-Diagramm 24 f., 63
wirkliches Bild 137 ff., 152 ff.

Zahnarztspiegel 144
Zerstreuungslinse 131
Zimmerthermometer 69

Bei den Seitenzahlen bedeutet:
f. der Begriff kommt auch noch
auf der folgenden Seite vor,
ff. der Begriff kommt auch noch
auf mehreren folgenden Sei-
ten vor.

Quellenverzeichnis der Abbildungen

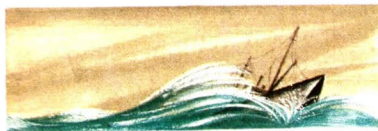
Fotos: Horst Theuerkauf, Gotha. Außer: agra, Marktleeburg: 65/3. ASMW, Berlin: 40/1. Gundolf Senkel, Eisenhüttenstadt: 50/1, 52/1, 54/1, 59/2, 60/1, 89/1, 94/2. Volk und Wissen, Archiv, Berlin: 6/2, 33/1, 124/2, 144/3, 154/1. Zentralbild, Berlin: 5/1, 7/2b, 37/3, 80/1, 97/1, 153/4.

Geschwindigkeiten in der Natur



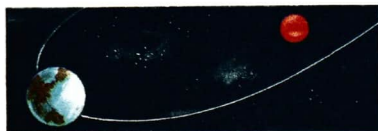
Sturm

$90 \frac{\text{km}}{\text{h}}$



Orkan

$120 \frac{\text{km}}{\text{h}}$



Erde auf der Bahn um die Sonne

$30 \frac{\text{km}}{\text{s}}$



Schallgeschwindigkeit in der Luft

$340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$



Schallgeschwindigkeit im Wasser

$1500 \frac{\text{m}}{\text{s}}$



Lichtgeschwindigkeit

$300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$
