

Dr. Gerhard Niese

# Wie kommt denn das?

PHYSIK AUF SCHRITT UND TRITT





Dr. GERHARD NIESE

# WIE KOMMT DENN DAS?

Physik auf Schritt und Tritt



DER KINDERBUCHVERLAG  
BERLIN

Illustrationen: Heinz-Karl Bogdanski

Technische Zeichnungen: Edgar Leidreiter

Fotos: Bewag, Berlin (1) · Herbert W. Brumm, Berlin (8) · Deutsches Hygiene-Museum, Dresden (2) · VEB Elektrokohle, Berlin (1) · Karl-Heinz Geiſthardt, Berlin (2) · Gerhard Gerbing, Berlin (15) · Walter Lange, Berlin (2) · Wolf Mucke, Leipzig (3) · Dr. G. Niese, Leipzig (5) · Reichsbahn, Berlin (6) · Horst E. Schulze, Berlin (5) · Sport und Technik-Halle (1) · B. G. Teubner, Leipzig (1) · Diedrich Wattenberg, Berlin (1) · Zentralbild, Berlin (4)

Alle Rechte vorbehalten · Printed in the German Democratic Republic

Lizenz-Nr. 304-270/114/60-(27-VIIC)

Satz und Druck: Sachsendruck Plauen · 3. Auflage

ES 9 I · Preis 4,80 DM

# INHALTSVERZEICHNIS

## BEIM SPIEL

Der Hampelmann .....	11
Jo - Jo .....	15
Ein Stein fällt in den Brunnen .....	19
Pusteblumen .....	23
Im Waschhaus .....	27
Der kartesische Taucher .....	32
Seifenblasen .....	36
Beschlagene Fensterscheiben .....	43
Elektrische Funken .....	48

## ZU HAUS

Ofen und Schornstein .....	53
Vom Froschschenkel zur Batterie .....	58
Der Dynamo in der Taschenlampe .....	61
Der Kopfhörer .....	64
Es knackt im Lautsprecher .....	67
Der Staubsauger .....	69

## AUF DER STRASSE

Rammen .....	73
Die elektromagnetische Weiche .....	77
Lichtbogenschweißen .....	82
Reparatur am Fahrrad .....	86
Die elektrische Hupe .....	88
Der Geschwindigkeitsmesser .....	91

## AUF DER POST

Rohrpost .....	94
Der Fernschreiber .....	96

## DIE S-BAHN

Wer schließt die Türen? .....	100
Stromleitung .....	103
Leuchtstofflampen .....	105

## BEI DER EISENBAHN

Wie die Lok zieht .....	112
Die Notbremse .....	115
Am Abteifenster .....	118
Der „schwarze Körper“ .....	124
Die Lok pfeift .....	128

## AUF SEE

Kompaß in kardanischer Aufhängung .....	135
Der Kreiselkompaß .....	139
Wie man die geographische Breite mißt .....	142

## BEIM ARZT

Diathermie .....	146
Der Blutdruck wird gemessen .....	149
Örtliche Betäubung .....	152
Höhensonne .....	153
Ultraschall .....	157
Beim Zahnarzt .....	160

## IM KINO

Hinter der Leinwand .....	164
---------------------------	-----

## IM RUNDFUNKHAUS

Mikrofone .....	168
Schallbänder .....	172

## ZIRKUS, JAHRMARKT, VARIÉTÉ

In der Manege .....	175
Spiegeltricks und Zauberei .....	185
Ein Elefant verschwindet .....	190
Plastische Schatten .....	194

## IN DER KONDITOREI

Speiseeis .....	199
Trockeneis .....	202
Kühlschränke .....	204

## EIN GEWITTER ZIEHT AUF

Blitz und Donner .....	207
Der Kugelblitz – ein Gewitterspuk .....	210

## ANHANG

Lösungen der Aufgaben: Zum Beobachten und Nachdenken .....	215
Die im Buch verwendeten Abkürzungen .....	223
Wörterklärungen .....	224



## Lieber Leser!

Das erste, was Dir in diesem Buch begegnen wird, ist der Hampelmann. Jeder kennt dieses Kinderspielzeug und hat schon einmal an der Schnur gezogen, um Arme und Beine zappeln zu lassen. Hast Du aber schon einmal überlegt, warum sie sich so bewegen? Blättere weiter, Dr. Gerhard Niese wird es Dir erklären, und Pffifikus, der kleine Junge mit der Baskenmütze, wird ihn dabei unterstützen. Er ist ein Kind wie Du, Allerdings ist er sehr wißbegierig und probiert vieles selbst aus. Das kannst Du auch, schau nur gut zu, Pffifikus zeigt Dir alles.

Aber nicht nur vom Hampelmann wird hier erzählt, sondern auch noch von vielen anderen interessanten Dingen und Erscheinungen, die uns aus dem täglichen Leben wohlbekannt sind. Bekannt sind sie uns als Dinge, als Tatsachen selbst. Oft übersehen wir aber dabei, daß wir aus diesen Beispielen viel lernen können; denn nichts geschieht in der Natur ohne Grund und Ursache. Jeder Vorgang, jede Erscheinung in der Natur und in der Technik verläuft nach bestimmten Gesetzen, jedes Gerät und jede Maschine arbeitet nach ihnen. Das hat Pffifikus auch schon festgestellt. Die Wissenschaftler sagen dazu „physikalische Gesetze“. Wir wollen uns in dem vorliegenden Buch mit der Anwendung der physikalischen Gesetze im Alltag beschäftigen.

Sei es beim Spiel mit Seifenblasen, bei der elektromagnetischen Weiche der Straßenbahn, auf der Reise mit der Eisenbahn, im Sprechzimmer des Arztes oder beim Zirkus und im Varieté, überall werden die Naturgesetze angewendet.

Wenn wir erleben, wie ein Zauberkünstler einen richtigen Elefanten verschwinden läßt, sind wir zunächst erstaunt und völlig verblüfft. Wir wissen aber auch, daß kein Mensch zaubern kann. Um diesen Effekt zu erreichen, benutzt der „Zauberer“ einen Trick, der sich ein physikalisches Gesetz zunutze macht, und täuscht uns. Es ist

keinesfalls alles verschwunden, was wir nicht mehr sehen. Wie das geschieht, will Dir dieses Buch erzählen.

Damit Du auch selbst etwas nachdenken und überlegen kannst, stehen am Ende eines jeden Kapitels einige Fragen. An Hand dieser kleinen Aufgaben kannst Du prüfen, ob Du alles verstanden hast. Wer die Lösungen nicht findet, für den hat sie Pffiffikus im Anhang dieses Buches beigefügt.

Wir wünschen Dir viel Spaß bei der Entdeckungsreise in die Welt der Naturgesetze.

Der Kinderbuchverlag

## BEIM SPIEL.

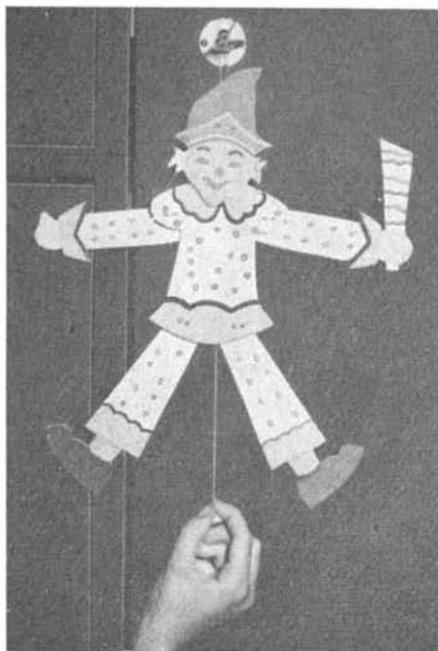
### Der Hampelmann

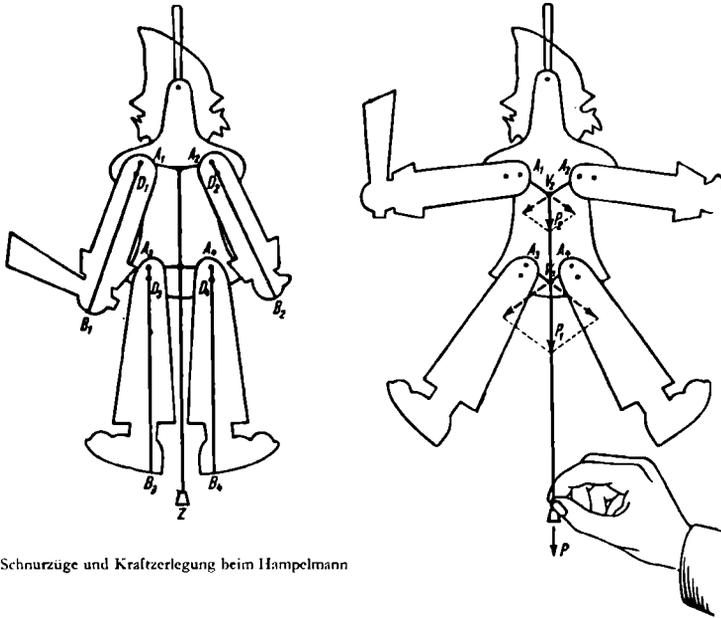
Wenn wir einen Hampelmann an der Wand hängen sehen, möchte wohl jeder einmal an der Schnur ziehen, um ihn zappeln zu lassen. Als Kinder erfreut uns der Hampelmann. Später wollen wir auch wissen, warum er sich so lustig bewegt.

Laßt uns noch einmal probieren und dabei genau beobachten und überlegen! Wir ziehen den Faden gradlinig nach unten. Schwupp, schon sind die Arme und Beine oben. Sie drehen sich dabei um ihr Gelenk. Die hier durch eine nach unten wirkende Kraft verursachten vier Bewegungen erfolgen entgegengesetzt zur einwirkenden Kraft.

Das ist zunächst etwas verwunderlich; denn in den meisten Fällen bewegt sich ein Körper, auf den eine Kraft einwirkt, in Richtung dieser Kraft. Wenn ein Pferd einen Wagen zieht,

Der Hampelmann vermittelte uns die erste Bekanntschaft mit dem Hebelgesetz





Schnürzüge und Kraftzerlegung beim Hampelmann

so bewegt sich der Wagen genau wie die Zugkraft. Beim Hampelmann wird die Krafrichtung umgekehrt und die Kraft in vier Teile zerlegt. Zweifellos liegt in dieser ebenso einfachen wie auch verblüffenden Technik ein Reiz zum Spiel mit dem Hampelmann. Drehen wir ihn einmal herum und betrachten die Schnüre, mit denen wir seine Arme und Beine so spaßig bewegen können. Jeder Arm und jedes Bein ist um einen Drehpunkt ( $D_1, D_2, D_3, D_4$ ) beweglich. Die Pappe der Gliedmaßen ist an diesen und an den darunterliegenden Punkten des Rumpfes durchbohrt. Im einfachsten Fall ist durch beide Löcher ein kurzes Stück Bindfaden gesteckt und beiderseits — dicht an der Pappe anliegend — verknötet. Bei  $A_1, A_2, A_3, A_4$  sind die Arme und Beine nochmals durchbohrt. An jedem dieser vier Punkte ist ein Faden angebunden. Der Physiker würde die vier Gliedmaßen des Hampelmanns in seiner Sprache als zweiseitige Hebel bezeichnen.

Ein Hebel ist ein Körper, der um einen Punkt oder um eine Achse drehbar ist. Zweiseitig werden Hebel genannt, wenn sich sowohl links als auch rechts des Drehpunktes ein Teil des drehbaren Körpers befindet. Das ist hier der Fall.

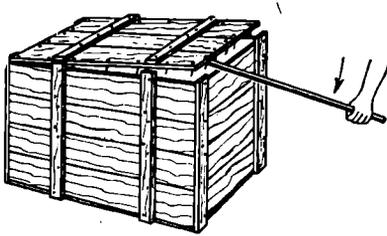
Ziehen wir jetzt bei Z nach unten, so werden die Punkte  $A_1, A_2, A_3, A_4$  durch die Schnüre nach unten gezogen. Jeder dieser Punkte bewegt sich dabei auf einem Kreisbogen um  $D_1, D_2, D_3$  oder  $D_4$ . Während sich die kurzen Hebelarme ( $A_1D_1, A_2D_2, A_3D_3, A_4D_4$ ) nach unten drehen, bewegen sich die langen Hebelarme ( $B_1D_1, B_2D_2, B_3D_3, B_4D_4$ ) nach oben. Mit diesen Hebeln wird also durch eine Bewegung nach unten eine Bewegung nach oben erzielt.

Über die Schnüre greift die Kraft P, mit der wir nach unten ziehen, gleichzeitig in den vier Punkten  $A_1, A_2, A_3, A_4$  an.

Wer in der Schule schon gelernt hat, wie Kräfte aufgeteilt werden, der sei darauf hingewiesen, daß die Kraft P mit der Teilkraft  $P_1$  im Punkt  $V_1$  und mit der restlichen Teilkraft  $P_2$  im Punkt  $V_2$  angreift.  $P_1$  und  $P_2$  können nach dem Parallelogramm der Kräfte in je zwei Teilkräfte zerlegt werden. Bei  $A_1, A_2, A_3, A_4$  greifen solche Kräfte an. Lassen wir die Zugschnur los, sinken die Gliedmaßen infolge ihrer Schwere wieder nach unten, da der Schwerpunkt eines drehbaren Körpers, der bei den Gliedmaßen des Hampelmanns etwa in der Mitte liegt, das Bestreben hat, die tiefstmögliche Lage einzunehmen. Dadurch wird der Zugfaden mit dem Griffstück Z in seine Ruhelage gehoben.

Beim Hampelmann finden wir also vier zweiseitige Hebel. Dabei wird die Eigenschaft dieses Hebels ausgenutzt, daß sich der eine Hebelarm aufwärts bewegt, während sich der andere nach unten neigt. Das ist auch der Fall, wenn wir mit einer Brechstange oder einem Meißel den Deckel einer vernagelten Kiste abheben.

Drücken wir den längeren Hebelarm nach unten, dann bewegt sich der kürzere Hebelarm nach oben und hebt dabei den Kistendeckel ab. Diese Form des Hebels ändert nicht nur die Kraftrichtung, sondern vervielfältigt die aufgewendete Kraft. Ist der Hebelarm, auf den



Hier wird die Brechstange als zweiseitiger Hebel verwendet

wir beim Abheben des Kistendeckels drücken, zum Beispiel viermal so lang wie der, der den Deckel hebt, so ist die Kraft, mit der wir den Deckel anheben, viermal so groß wie die von uns aufgewendete Kraft.

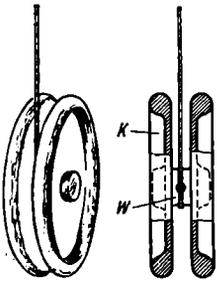
#### Zum Beobachten und Nachdenken

1. Öffne die Zimmertür ein wenig, drücke mit dem ausgestreckten Zeigefinger in der Nähe der Klinke gegen die Tür und bewege sie langsam. Mach das gleiche in der Nähe der Drehachse der Tür. Wo ist die geringere Kraft aufzuwenden? Warum?
2. Schneide eine starke Pappe mit einer Schere. Erst mit der Spitze der Schere, dann mit der weitgeöffneten Schere. Vergleiche die aufgewendeten Kräfte!
3. Eine Zimmertür soll in ihren Angeln geölt werden. Ohne Hilfsmittel läßt sich die Tür schwer anheben. Leichter geht es, wenn wir einen Hebel verwenden. Wie?

## Jo-Jo

„Le jou“ ist ein französisches Wort und bedeutet „das Spiel“. Unser Spielzeug wurde früher „Jou-jou“ genannt. Das heißt soviel wie „Spiel-Spiel“ oder „Spielchen“. Heute wird es meist als „Jo-Jo“ bezeichnet.

Wenn wir den Faden des Jo-Jo um die Walze wickeln, das Fadenende festhalten und das Doppelrad fallen lassen, rollt das Rad an dem Faden senkrecht nach unten. Das ist eine ganz selbstverständliche Sache, eine Folge der Schwerkraft, der jeder Körper unterliegt. Wenn wir das Spiel zum ersten Male sehen, wird es uns merkwürdig erscheinen, daß das Rad, nachdem es unten angekommen ist, wieder am Faden entlang senkrecht hinaufrollt. Halten wir den Faden ganz ruhig, rollt es etwa bis zu dreiviertel der ursprünglichen Höhe wieder



An der Walze W sind zwei kreisförmige Scheiben K befestigt, so daß ein Doppelrad entsteht. An der durchbohrten Walze ist ein Faden verknüpft, der um die Walze gewickelt wird.



hinauf. Halten wir den Faden weiter ruhig, so rollt das Rad etwa 10- bis 15mal auf und nieder. Dabei werden die aufeinanderfolgenden Steighöhen immer geringer, bis schließlich das Rad die Fähigkeit verliert, die Schwerkraft zu überwinden und dann ruhig am Fadenende hängt.

Wie kommt es, daß das Rad am Faden wieder hinaufrollt?

Wenn es nach unten fällt, wickelt sich der Faden ab. Dadurch wird das Rad in Drehung versetzt. Wie bei jedem fallenden Körper wird die Fallgeschwindigkeit immer größer. Im gleichen Maße erhöht sich die Drehgeschwindigkeit des Rades. Wenn der ganze Faden abgewickelt und das Rad unten angekommen ist, hat es seine größte Drehgeschwindigkeit erreicht. Ein sich drehender Körper behält aber zunächst immer seine Drehgeschwindigkeit bei, solange nicht Kräfte wirken, die sie verringern. Wenn bei einer Dampfmaschine plötzlich der Dampf abgestellt wird, so läuft das Schwungrad noch eine ganze Zeit weiter. Es läuft um so länger weiter, je kleiner die bremsenden Kräfte sind. Das ist eine Folge des allgemeinen Trägheitsgesetzes: Ein Körper verharrt in seinem Bewegungszustand, solange dieser nicht durch irgendwelche einwirkenden Kräfte geändert wird. Darum dreht sich auch das Rad des Jo-Jo weiter, wenn es unten angekommen ist. Beim Weiterdrehen wird der Faden um die Achse gewickelt, und infolgedessen rollt das Rad am Faden hinauf.

Zum Heben eines Körpers ist immer eine bestimmte Arbeit notwendig, die von dem Gewicht des betreffenden Körpers und von der Hubhöhe abhängig ist. Die zum Aufwärtsrollen des Jo-Jo-Rades erforderliche Arbeit wird der Energie (dem aufgespeicherten Arbeitsvorrat, dem Schwung) des rotierenden Rades entnommen. Beim Aufwärtssteigen vermindert sich die Drehgeschwindigkeit des Rades, bis sie schließlich gleich Null geworden ist und das Rad dann wieder nach unten fällt.

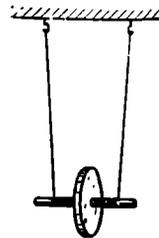
Bei dem Spiel mit dem Jo-Jo wird wechselnd die in dem gehobenen Rad aufgespeicherte Energie der Lage (potentielle Energie) in Bewegungsenergie (kinetische Energie) des sich drehenden Rades umge-

wandelt und umgekehrt. Daß bei ruhig gehaltenem Faden das Rad nicht wieder bis zur Ausgangshöhe hinaufsteigt, kommt daher, weil ein Teil der Energie durch Reibung beim Auf- und Abwickeln des Fadens und durch Luftwiderstand verbraucht wird.

Der geschickte Jo-Jo-Spieler führt dem Rad diese verlorengegangene Energie immer wieder zu, indem er den Faden ruckartig ein wenig nach oben zieht, kurz bevor das abwärtslaufende Rad den tiefsten Punkt erreicht hat. Dadurch wird die Drehgeschwindigkeit des Rades erhöht, so daß es wieder bis zur Ausgangshöhe emporsteigt.

Dieses Spielzeug ist eng mit einem der größten theoretischen Physiker verknüpft, mit dem Engländer James Clerk Maxwell. Maxwell lebte um 1850 und wurde durch seine Theorie der Elektrizität und des Magnetismus berühmt. Auf Grund dieser Theorie sagte er die Existenz von elektromagnetischen Wellen voraus, die wir heute beim Rundfunk verwenden. Er sagte weiter voraus, daß diese Wellen die gleiche Geschwindigkeit wie das Licht haben müssen, da sie wesensgleich mit den Lichtwellen sind. Das Licht hat eine Geschwindigkeit von 300 000 km/s. Im Jahre 1888 gelang es dem deutschen Physiker Heinrich Hertz, elektromagnetische Wellen zu erzeugen und nachzuweisen. Dadurch wurden die Voraussagen von Maxwell voll bestätigt. Diese Wellen waren die Grundlage für den Rundfunk.

Maxwell verwendete in seinen Vorlesungen an der Universität Cambridge die heute als Jo-Jo bezeichnete Anordnung besonders gern, um seinen Studenten damit das Gesetz von der Erhaltung der



Das Maxwellsche Rad ist eine kreisförmige Metall- oder Hartholzscheibe, in die ein runder Stab als Achse eingefügt ist. Die Scheibe hängt an zwei Fäden, die in Bohrungen der Achse befestigt sind. Nach dem Aufspulen, bei dem das Rad gehoben wird, läßt man die Scheibe los. Sie fällt und steigt, genau wie das Jo-Jo

Energie zu veranschaulichen. Erst viel später erkannte man, daß dieses Versuchsgerät als allgemein interessierendes Spielzeug geeignet ist. Ein ähnliches Gerät wird in der Physik noch heute als Maxwell'sches Rad bezeichnet.

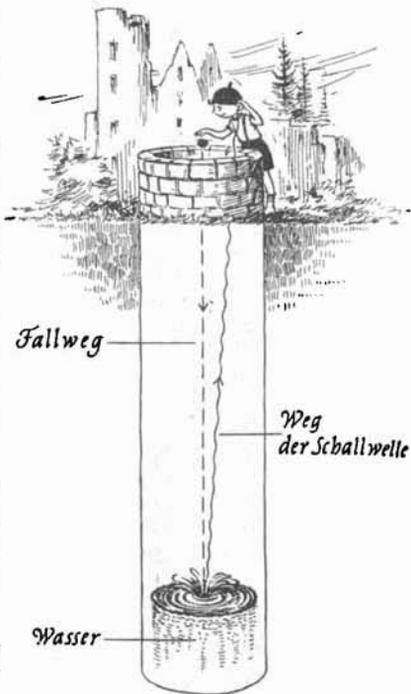
#### Zum Beobachten und Nachdenken

4. In welcher Richtung dreht sich das abwärtsrollende Jo-Jo, wenn der Faden im Uhrzeigersinn aufgewickelt wurde, rechtsherum oder linksherum?
5. Ändert das Rad seine Drehrichtung, wenn es unten angekommen ist und wieder aufsteigt?
6. Behält das Rad seine Drehrichtung bei, wenn es oben angekommen ist?
7. Dreht sich das Rad beim zweiten Abrollen in der gleichen Richtung wie beim erstenmal?
8. Wie beschrieben, gibt man dem Faden jeweils einen Ruck nach oben, damit das Rad wieder die Ausgangshöhe erreicht. Das muß geschehen, bevor das Rad den tiefsten Punkt erreicht hat und nicht erst danach. Warum?

## Ein Stein fällt in den Brunnen

Wenn wir eine alte Burg besichtigen, wird uns oft ein tiefer Brunnen-schacht gezeigt, aus dem früher die Menschen mit Seil und Eimer Wasser schöpften. Schauen wir in die Tiefe eines solchen Schachtes, können wir das Grundwasser meist nicht sehen. Lassen wir einen Stein in den Schacht fallen, so hören wir das Geräusch des Auftreffens. Aus der Zeit, die zwischen dem Loslassen des Steines und dem Eintreffen der Schallwelle vergeht, können wir auf die Tiefe des Schachtes schließen.

Durch viele Versuche hat man gefunden, daß jeder frei fallende Körper, zum Beispiel ein Stein, nach einer Fallzeit von einer Sekunde die Geschwindigkeit von rund 10 (genau 9,81) m/s hat, abgesehen vom Luftwiderstand, der jedoch meist nur wenig ausmacht. Beim Fallen des Steines nimmt seine Geschwindigkeit zu, weil die Anziehungskraft der Erde dauernd auf ihn einwirkt. In jeder Sekunde wächst die Geschwindigkeit des fallenden Körpers regelmäßig um den Betrag von etwa 10 m/s. Nach zwei Sekunden Fallzeit hat



Wir können die Tiefe eines Brunnens aus der Zeit ermitteln, die ein Stein braucht, um den Grundwasserspiegel zu erreichen

der Stein eine Geschwindigkeit von etwa 2mal 10 m/s = 20 m/s; nach drei Sekunden: 3mal 10 m/s = 30 m/s; nach vier Sekunden: 4mal 10 m/s = 40 m/s und so weiter.

In der ersten Fallsekunde hat der Stein im Augenblick des Loslassens die Geschwindigkeit Null. Nach einer Sekunde erreicht er etwa 10 m/s. Da die Geschwindigkeit beim Fallen gleichmäßig ansteigt, hat er also in der ersten Fallsekunde die mittlere Geschwindigkeit

von  $\frac{0 + 10}{2}$  m/s = 5 m/s. Infolgedessen legt der Stein in der

ersten Sekunde einen Weg von 5 m zurück. Am Anfang der zweiten Fallsekunde hat der Stein (wie am Ende der ersten Fallsekunde) eine Geschwindigkeit von 10 m/s. Da er am Ende der zweiten Sekunde eine Geschwindigkeit von 20 m/s erreicht, beträgt seine mittlere

Geschwindigkeit in der zweiten Sekunde  $\frac{10 + 20}{2}$  m/s = 15 m/s.

In der zweiten Sekunde legt der Stein also einen Weg von 15 m zurück.

Wenn wir diese Überlegungen fortsetzen, so erhalten wir folgende Tabelle:

In der	Anfangs- geschwindigkeit	End- geschwindigkeit	mittlere Ge- schwindigkeit	Weg in der Sekunde
1. Sek.	0 m/s	10 m/s	5 m/s	5 m
2. Sek.	10 m/s	20 m/s	15 m/s	15 m
3. Sek.	20 m/s	30 m/s	25 m/s	25 m
4. Sek.	30 m/s	40 m/s	35 m/s	35 m
5. Sek.	40 m/s	50 m/s	45 m/s	45 m
6. Sek.	50 m/s	60 m/s	55 m/s	55 m

Durch Zusammenzählen der Fallstrecken in den einzelnen Sekunden erhalten wir:

	gesamte Fallstrecke
nach der 1. Sekunde	$5 \cdot 1^2 \text{m} = 5 \text{ m}$
nach der 2. Sekunde	$5 \cdot 2^2 \text{m} = 20 \text{ m}$
nach der 3. Sekunde	$5 \cdot 3^2 \text{m} = 45 \text{ m}$
nach der 4. Sekunde	$5 \cdot 4^2 \text{m} = 80 \text{ m}$
nach der 5. Sekunde	$5 \cdot 5^2 \text{m} = 125 \text{ m}$
nach der 6. Sekunde	$5 \cdot 6^2 \text{m} = 180 \text{ m}$

Die Formel lautet dann: Fallweg (in Metern) =  $5 \cdot t^2$  ( $t$  = Zahl der Sekunden).

Trifft also der Stein nach 6 Sekunden auf das Grundwasser des Brunnens, so ist der Brunnen 180 m tief.

Dieses Auftreffen können wir meist nicht sehen, sondern nur hören. Dürfen wir, wenn wir den Aufschlag nach 6 Sekunden hörten, auch schließen, daß der Brunnen 180 m tief ist? Wenn der Stein auf das Wasser aufschlägt, entsteht ein Geräusch, das in Form einer Schallwelle im Brunnenschacht aufsteigt und schließlich an unser Ohr dringt. Diese Schallwelle braucht eine bestimmte Zeit, um an unser Ohr zu gelangen. Da wir den Schall nach 6 Sekunden hörten, so ist der Stein weniger als 6 Sekunden lang gefallen und der Brunnen auch keine 180 m tief.

Immerhin sind uns diese 180 m zunächst ein Näherungswert der wirklichen Tiefe, den wir durch eine Überlegung noch verbessern können. Welche Zeit braucht der Schall, um 180 m zurückzulegen? Die Schallgeschwindigkeit in der Luft beträgt bei 14° C 340 m/s.

Für 340 m Weg braucht der Schall 1 s.

Für 1 m Weg braucht der Schall  $\frac{1}{340}$  s.

Für 180 m Weg braucht der Schall  $\frac{180}{340}$  s =  $\frac{18}{34}$  etwa 0,5 s.

Der Stein ist also nicht 6 Sekunden lang gefallen, sondern nur 5,5 Sekunden. Die Fallstrecke wäre dann entsprechend der Tabelle:  $5 \text{ mal } 5,5^2 \text{ m} = 151,25 \text{ m}$ . Runden wir auf volle Meter ab, dann ist der Brunnen 151 m tief.

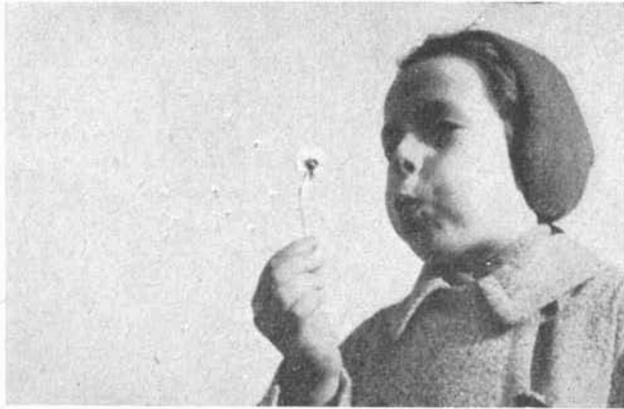
Wir haben hier kein genaues Rechenverfahren angewendet. Der erste Näherungswert ergab 180 m Brunnentiefe, das entspricht aber nicht dem wirklichen Wert. Trotzdem haben wir mit diesem Näherungswert weitergerechnet und ihn auf Grund einer neuen Überlegung korrigiert. Mit dem zweiten Näherungswert wollen wir uns begnügen.

Ein solches „Näherungsverfahren“ wird in der Mathematik, in der Physik und in der Technik oft angewendet, wenn ein genauer Wert nur sehr schwierig oder gar nicht zu errechnen ist. Eine solche Näherungsmethode kann man mehrmals anwenden, um den Wert bis zu der erforderlichen Genauigkeit zu ermitteln.

Um die Brunnentiefe aus der Zeit, nach der wir den Aufschlag eines Steines hörten, genau zu errechnen, müssen wir ein anderes Rechenverfahren benutzen. Es ist jedoch etwas schwierig, weil wir dabei drei Gleichungen mit drei Unbekannten auflösen müssen.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

9. Welche Strecke legt ein fallender Stein in der siebenten Sekunde zurück?
10. Wie groß ist der gesamte Fallweg nach 7 Sekunden?
11. Welchen Weg legt der Schall in 7 Sekunden zurück?



Spiel mit der Pusteblume. Winzige Fallschirme starten und schweben durch die Luft

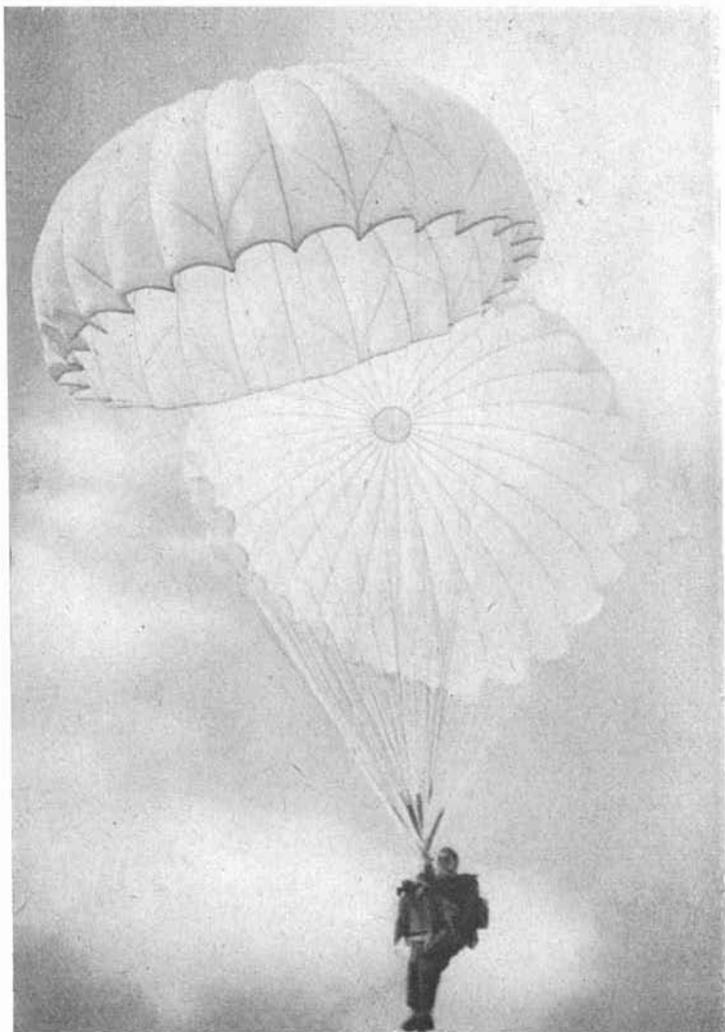
### Pusteblumen

Auf Wiesen und an Feldwegen finden wir fast überall den Löwenzahn, jene Pflanze mit den satten gelben Blüten. Ihre Blätter sind doppelt gezahnt, daher der Name: Löwenzahn. Brechen wir den hohlen Schaft der Blume oder zerreißen wir ein Blatt, so quillt weißer Milchsaft heraus. Der Löwenzahn wird vom Vieh gern gefressen und deshalb auch Kuhblume genannt. Nach dem Verblühen bildet der Fruchtstand ein durchsichtiges weißschimmerndes Gebilde, die Pusteblume. In dem runden Fruchtkuchen stecken ganz lose die ausgereiften Früchte, etwa 100 bis 200 Stück. Jede Frucht ist mit einem kleinen „Fallschirm“ ausgestattet. Blasen wir gegen die Pusteblume, so lösen sich die Samenkörner und schweben an ihren Schirmchen dahin. Der Wind trägt sie oft weit weg. Landen sie auf dem Erdboden, beginnt der Samen zu keimen. Hier hat die Natur das Prinzip



Pusteblume.  
Die ausgereiften  
kleinen Früchte  
stecken nur  
lose im  
Fruchtboden.  
Jede Frucht  
trägt einen ganz  
feinen Stiel  
mit einem  
federleichten  
Haarschopf,  
der wie ein  
Fallschirm  
wirkt

des Fallschirms verwirklicht. Die Frucht hängt etwa doppelt so tief unter dem federleichten Schirm, wie der Schirm breit ist. Dadurch liegt der Schwerpunkt des gesamten Körpers tief, und er kann nicht kippen. In dem Schirmchen verfängt sich beim Sinken die Luft, so daß ein hoher Luftwiderstand entsteht und die Frucht nur langsam fällt. Im allgemeinen wird der Fallschirm vom Wind rascher seitwärts bewegt, als er dabei nach unten sinkt.



Fallschirmspringer mit Gepäck an zwei Fallschirmen

Der seidene Fallschirm, den der Flieger mit sich führt, hat bei voller Öffnung einen Durchmesser von etwa 10 m. Der Springer hängt reichlich 10 m unter dem höchsten Punkt der Seidenkuppel an etwa 20 Fangleinen, die am Gurtwerk des Springers befestigt sind.

Wenn sich der Fallschirm nach dem Absprung öffnet und zur Erde sinkt, wird unter der Kuppel Luft zusammengedrückt und verdichtet. Diese gestaute Luft bedeutete bei früheren Konstruktionen eine große Gefahr. Wenn nämlich die unter der Kuppel gestaute Luft auf der einen Seite abfließt, bringt sie den Schirm durch den Rückstoß, den sie auf ihn ausübt, zum Pendeln. Dieses Pendeln kann unter Umständen so stark



Frucht des Löwenzahns mit Fallschirm:  
Vergrößerung 1 : 3

werden, daß der Schirm umkippt. Das führt unvermeidlich zum Absturz. Diese Gefahr wird durch eine Öffnung von etwa 40 cm Durchmesser an der höchsten Stelle der Fallschirmkuppel beseitigt. Durch dieses Loch entweicht die gestaute Luft in einem langsamen, stetigen Strom, so daß der Fallschirm sicher und ohne zu pendeln nach unten schwebt.

Auch bei den Fallschirmchen der Pusteblume kann die verdichtete Luft durch die Lücken zwischen den einzelnen Härchen entweichen.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

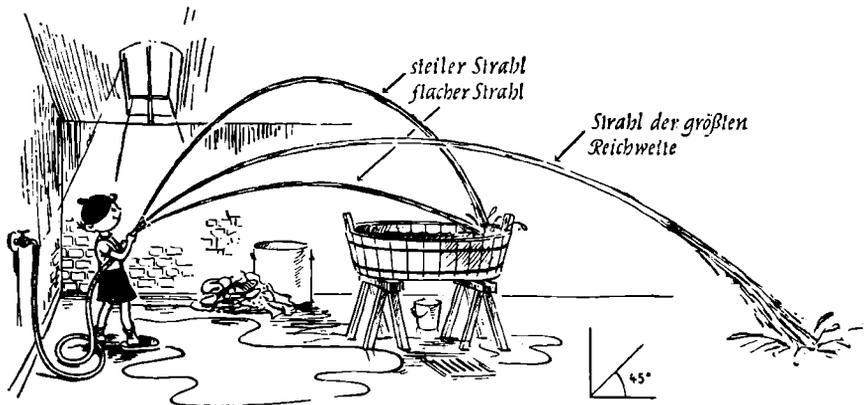
12. Beobachte nach dem Blasen gegen die Pusteblume den fast entleerten Fruchtboden!
13. Beobachte, wie stabil die Fallschirmchen in der Luft hängen und wie wenig sie pendeln!
14. Entgegen den Gesetzen des freien Falles sinken die Fallschirmchen mit fast gleichbleibender Geschwindigkeit nach unten. Warum?

## Im Waschhaus

Wenn die Mutter große Wäsche hat, helfen wir ihr natürlich beim Einräumen der Waschküche. Waschfaß und Zuber, die im Keller standen, sind meist nicht mehr ganz dicht, weil das Holz ausgetrocknet ist. Dabei hat es sich wie ein trockner Schwamm zusammengezogen, und zwischen den Dauben sind Fugen entstanden. Um diesen Schaden zu beheben, müssen die Gefäße mit Wasser gefüllt werden. Das Holz nimmt dann wieder Wasser in sich auf. Dabei quillt es, die Fugen schließen sich, und der Zuber wird wieder dicht.

Das Füllen der Wannen macht uns besonderen Spaß, wenn am Wasserhahn ein Schlauch angeschlossen ist. Da können wir gleichzeitig mit dem Wasserstrahl spielen. Der Strahl kann ruhig einmal über das Faß hinwegspritzen, denn im Waschhaus läuft das Wasser gleich wieder in den Abfluß am Boden ab.

Ein schräg nach oben gerichteter Wasserstrahl beschreibt, von kleinen Abweichungen abgesehen, eine Parabel. In der Schule, im Mathematikunterricht werdet ihr noch viel von dieser schön geschwungenen Kurve hören.



Auch wenn wir einen Stein oder einen Ball schräg nach oben werfen, beschreibt er fast genau eine Parabel. Lediglich durch den Luftwiderstand wird die Wurflinie gegenüber der mathematischen Kurve einer Parabel ein wenig geändert.

Jedes Teilchen im Wasserstrahl hat bis zum höchsten Punkt der Parabel eine Geschwindigkeit nach oben und zugleich eine Geschwindigkeit in waagerechter Richtung. Nur im höchsten Punkt der Parabel ist die Steiggeschwindigkeit der Wasserteilchen gleich Null.

Wenn wir den Wasserstrahl erst einmal waagrecht austreten lassen und dann das Schlauchende mehr und mehr heben, so erhalten wir ganz verschiedene Parabeln. Anfangs sind die Parabeln flach. Je mehr wir den Schlauch heben, um so steiler wird die Parabel und um so stärker ist sie gekrümmt. Verfolgen wir einmal die Stelle, wo der Wasserstrahl auf den Boden trifft! Habt ihr das schon einmal gemacht? Ihr werdet dabei feststellen, daß die Reichweite des Strahls um so größer wird, je größer der Winkel ist, den der Wasserstrahl mit der Waagrechten bildet. Von einem bestimmten Winkel an jedoch wird die Reichweite wieder kleiner, bis sie schließlich bei einem Winkel von  $90^\circ$  gleich Null wird. Dabei steigt der Strahl senkrecht hoch wie beim Springbrunnen.

Stellt nochmals die größte Reichweite ein! Wie groß ist der Winkel, den der Wasserstrahl mit der Waagrechten bildet? Wir wollen nur schätzen! Jeder erkennt: etwa  $45^\circ$ . Experimente, bei denen der Winkel gemessen werden kann, und mathematische Berechnungen zeigen, daß die größte Reichweite bei  $45^\circ$  erzielt wird.

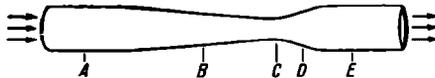
Da bei wachsendem Einstellwinkel die Reichweite zunächst größer wird, ihren Höchstwert erreicht und schließlich wieder kleiner wird, kann jeder Punkt innerhalb der größten Reichweite durch zwei verschiedene Einstellungen des Strahls getroffen werden, entweder mit einer flachen Parabel oder aber mit einer steilen Parabel. Die höchsten Punkte dieser beiden Parabeln liegen dabei senkrecht übereinander.

Wer das beim Rasensprengen oder im Waschhaus noch nicht ausprobiert hat, der möge es einmal tun. Es ist wirklich interessant, die

genannten Gesetzmäßigkeiten einmal praktisch zu verfolgen und mit Wasser die schönsten Parabeln in die Luft zu zeichnen.

Der Wasserschlauch im Waschhaus hat meist kein besonderes Mundstück. In diesem Falle spritzt er auch nicht sehr weit. Wir können die Reichweite leicht vergrößern, wenn wir die Öffnung mit den Fingern etwas zudrücken. Der Wasserstrahl wird dabei zwar dünner, aber das Wasser wird mit größerer Geschwindigkeit und Wucht herausgeschleudert. Wie ist das zu erklären?

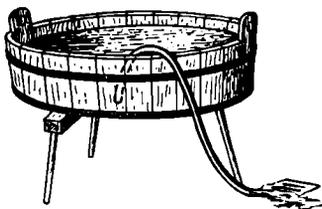
Eine Verengung im Rohrquerschnitt erhöht die Geschwindigkeit der Flüssigkeitsteilchen



Das Bild zeigt uns ein Glasrohr, in das von links Wasser hineinfließt und rechts wieder herausfließt. In der Mitte ist das Rohr verengt. An jeder Stelle des Rohres muß der Wasserdurchlauf natürlich gleich groß sein. Wenn bei A in jeder Sekunde  $1 \text{ cm}^3$  Wasser durch den Querschnitt fließt, so muß auch an den Stellen B, C, D und E in jeder Sekunde  $1 \text{ cm}^3$  Wasser durch den Querschnitt fließen. Deshalb muß das Wasser bei B schneller fließen als bei A, da hier der Rohrquerschnitt kleiner ist. Aus dem gleichen Grund muß das Wasser bei C noch schneller fließen als bei B. Wenn wir den Rohrquerschnitt verengen, wird also die Geschwindigkeit der Wasserteilchen erhöht. An kleinen Bächen können wir das auch beobachten. An den Stellen, wo das Bett des Baches eingeengt ist, fließt das Wasser schneller.

Wenn wir auf das Mundstück des Schlauches drücken, verengen wir ebenfalls den Querschnitt. Dadurch wird die Geschwindigkeit des Wasserstrahls erhöht, und er erreicht eine größere Weite. Die Reichweiten sind also von der Strömungsgeschwindigkeit und vom Einstellwinkel des Strahles abhängig.

Wenn die Waschtage dann vorbei sind, müssen die Wannen geleert werden. Wir können sie ausschöpfen oder umkippen. Das Ausschöpfen macht Arbeit, die man sich sparen kann; und das Umkippen einer großen wassergefüllten Wanne ist nicht leicht, weil Wasser schwer ist.

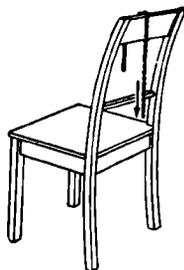


Mit einem Stück Schlauch können wir das Wasser selbsttätig auslaufen lassen

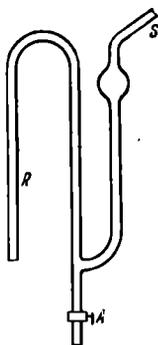
Füllen wir ein Stück Schlauch unter der Wasserleitung oder auch in der wassergefüllten Wanne mit Wasser. Dabei darf keine Luft im Schlauch verbleiben. Dann halten wir die beiden Schlauchenden mit je einer Hand fest zu. Das eine Ende wird in die wassergefüllte Wanne getaucht, das andere über den Rand der

Wanne gelegt, so daß es tiefer liegt als der Wasserspiegel in der Wanne. Geben wir dann die beiden Schlauchöffnungen frei, so fließt das Wasser selbsttätig aus der Wanne. Wie läßt sich das erklären? Legen wir über eine glatte Stuhllehne eine dünne Kette, so gleitet das längere Kettenende nach unten und zieht das kürzere nach, bis die Kette von der Lehne fällt.

In ähnlicher Weise wird auch durch die ausfließende Wassersäule infolge der Zusammenhängskraft des Wassers (und auch durch den Luftdruck) im kürzeren Schlauchende Wasser angehoben, bis die Wanne entleert ist.

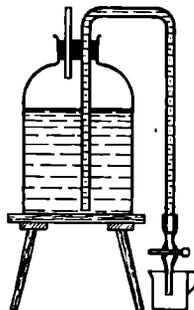


Eine dünne Kette gleitet von der Stuhllehne ab, und zwar in der Richtung zum längeren Kettenende



Giftheber. Das Rohr R taucht in die Flüssigkeit ein. Bei geschlossenen Hahn A wird mit dem Mund bei S gesaugt, bis die Flüssigkeit in der kegelförmigen Erweiterung steht. Bei Entnahme muß dann lediglich der Hahn A geöffnet werden

Heber an einer Vorratsflasche mit destilliertem Wasser. Er wird in chemischen Laboratorien zum Abzapfen aus großen Flaschen verwendet. Ein Quetschhahn verschließt den Gummischlauch. Öffnet man den Quetschhahn, so fließt das destillierte Wasser aus



Die Einrichtung wird Heber genannt und vielseitig angewendet. Läßt man das Wasser in ein anderes Gefäß einlaufen, so stellt der Heber seine Tätigkeit ein, sobald in beiden Gefäßen der Wasserspiegel gleich hoch steht.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

15. Vergleiche beim Spiel mit dem Wasserstrahl den Startwinkel des Strahls mit dem Auftreffwinkel, wenn die Auftreffstelle in gleicher Höhe wie die Schlauchöffnung liegt!
16. Hebere mit einem Stück Schlauch Wasser aus einem Topf A in einen Topf B. Hebere, bevor A leer ist, das Wasser von B nach A zurück! Wie ist das möglich?
17. Wenn wir den Daumen an die Öffnung des Wasserhahnes drücken und dann den Wasserhahn aufdrehen, können wir mit dünnen Wasserstrahlen ziemlich weit spritzen. Warum?

## Der kartesische Taucher

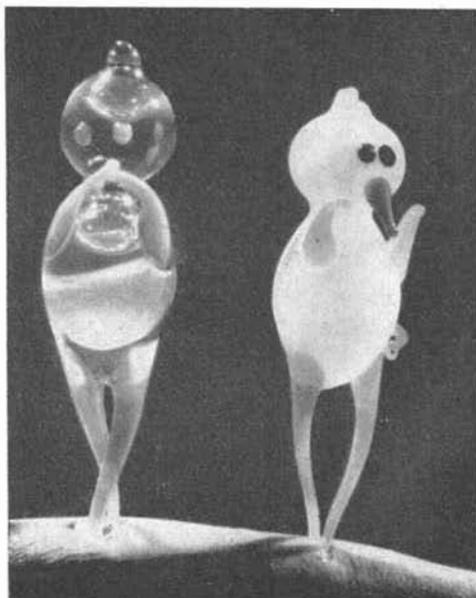
Der kartesische Taucher, auch Flaschenteufelchen genannt, ist ein kleines, leichtes Glasgürchen, das innen hohl ist. Der Schwanz ist diesem Teufelchen in Form eines feinen dünnen Glasröhrchens um den Leib gewickelt, das am Ende ein winziges Loch hat. Legen wir den Taucher aufs Wasser, so schwimmt er in waagerechter Lage. Warum? Weil das Glasrohr mit Luft gefüllt ist. Allerdings ragt der Taucher in dieser Schwimmlage nur wenig aus dem Wasser heraus. Die Figur ist etwas leichter als ein gleich großes Volumen Wasser.

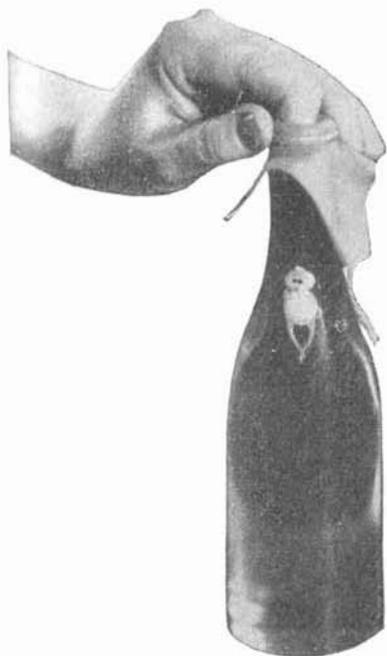
Machen wir unseren Flaschenteufel tauchfertig! Dazu brauchen wir eine Flasche, möglichst aus klarem, nicht gefärbtem Glas, und ein Stück Gummi, am besten von einem alten Fahrradschlauch, etwa 6 mal 6 cm groß. Die

Flasche füllen wir bis obenan mit Wasser und setzen den Taucher senkrecht in den Flaschenhals. Natürlich schwimmt der Taucher wieder. Er ragt mit halbem Kopf über den Wasserspiegel heraus. Der enge Flaschenhals hält ihn aufrecht.

Jetzt legen wir den Gummi auf die Öffnung der Flasche,

Das sind kartesische Taucher, zunächst allerdings noch im Trocknen





Beim Druck auf den Gummi sinkt der Flaschenteufel nach unten. Je stärker wir drücken, um so rascher taucht das Männchen. Verringern wir den Druck, steigt es wieder nach oben. Wir können den Taucher sinken, steigen oder auch am Boden tanzen lassen.

straffen ihn und binden ihn mit einem Stück Bindfaden fest um den Flaschenhals. Die bis obenan mit Wasser gefüllte Flasche ist dann mit dem Gummiläppchen verschlossen. Nun kann der kartesische Taucher starten. Wir drücken mit dem Zeigefinger auf den Gummi, und schon sinkt der Taucher nach unten. Nur langsam sinken lassen! Nur wenig drücken! Und dabei den Taucher beobachten, ganz scharf beobachten! Jetzt geschieht nämlich das, was wir wissen wollen. Wer genau aufpaßt, erkennt jetzt das Geheimnis des kartesischen Tauchers. Wer den Taucher beim

ersten Sinken genau beobachtet, wird feststellen, daß er sich dabei mit Wasser füllt. Das ist deutlich zu sehen. Wenn der Taucher unten angekommen ist, steht das Wasser in der Glasfigur etwa bis zum Hals. Durch das eingeflossene Wasser wurde der Taucher schwerer, deshalb ist er in die Tiefe gesunken. Das eingeflossene Wasser ermöglicht der Figur, in senkrechter Lage zu sinken und zu steigen; denn der untere Teil der Figur wird durch das Wasser schwerer. Jetzt wollen wir den Taucher wieder steigen lassen. Wir verringern also den Druck auf den Gummi. Wieder genau beobachten! Was sehen wir dabei im Inneren der Figur? Beim Aufsteigen weicht das Wasser aus dem Inneren des Tauchers zurück. Vollständig? Wenn der Taucher auf dem Boden der Flasche steht, reicht das Wasser im Inneren der Figur etwa bis zum Hals. Wie weit ist er mit Wasser gefüllt, wenn er wieder oben im Flaschenhals angekommen ist?

Wenn wir auf den Gummi drücken, üben wir auf das Wasser einen Druck aus, der sich im Wasser nach allen Seiten fortpflanzt. Infolge dieses Druckes im Wasser fließt durch das dünne Schwanzröhrchen Wasser in die Figur hinein. Die Luft im Inneren wird zusammengepreßt. Nehmen wir den Finger vom Gummi weg, so drückt diese verdichtete Luft wieder Wasser aus dem Inneren der Figur hinaus. Dadurch wird der Taucher leichter und steigt empor.

Ist wirklich alles Wasser hinausgedrückt worden, wenn der Taucher oben angekommen ist? Was habt ihr festgestellt? Wenn sich der Taucher wieder oben im Flaschenhals befindet, ist er etwa bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Ja, vor dem Start war der doch vollständig mit Luft gefüllt! Durch den ausgeübten Druck wurde Wasser in die Figur hineingepreßt. Und wenn wir dann nicht mehr auf den Gummi drücken, müßte doch alles Wasser wieder hinausgedrückt werden! ? Tatsächlich enthält er jetzt aber noch ein Teil Wasser. Warum? In dem überaus feinen Glasröhrchen, durch das das Wasser eigentlich wieder vollständig ausfließen müßte, haftet das Wasser an der Glaswand des Röhrchens. Lest einmal in eurem Physikbuch über Haarröhrchenwirkung nach! In dünnen Haarröhrchen werden die Wasserteilchen von der Glaswand angezogen, in senkrecht stehenden Haarröhrchen sogar unter Überwindung der Schwerkraft hochgezogen. Die Glasteilchen der Wand üben auf die Wasserteilchen eine Anziehungskraft aus und halten sie fest. Diese Kraft stemmt sich dem Ausfließen des Wassers entgegen, wenn die in der Glasfigur zusammengepreßte Luft bestrebt ist, das Wasser wieder hinauszutreiben. Zunächst ist der Druck der zusammengepreßten Luft ausreichend stark, so daß tatsächlich Wasser herausfließt, wenn wir den Druck auf den Gummi verringern. Mit dem Ausfließen dieses Wassers wird der Druck der zusammengepreßten Luft in der Figur aber immer geringer, und er reicht schließlich nicht mehr aus, um den Haftwiderstand des Wassers im Haarröhrchen zu überwinden und weiteres Wasser hinauszudrücken. Die Anziehungskraft (Adhäsionskraft) zwischen Wasser und Glas ist also der Grund, weshalb sich im kar-

tesischen Taucher noch Wasser befindet, wenn er wieder im Flaschenhals angekommen ist. Wir können direkt eine kleine Vorstellung mit dem kartesischen Taucher geben. Er kann hüpfen und tanzen, wenn wir den Druck auf den Gummi ruckartig ändern. Der Glasbläser hat sich genau überlegt, wie die Ausflußöffnung des Haarröhrchens liegen muß, um ein rasches, tanzähnliches Drehen des Männchens zu erreichen. Kommt ihr dahinter? Das waagrecht ausströmende Wasser dreht durch seinen Rückstoß den Taucher.

Bei besonders starkem Druck legt sich die Figur auf den Boden der Flasche. Nach unserem Willen richtet sie sich dann wieder auf. Besonders lustig sieht das aus, wenn wir die Flasche waagrecht halten. Mit mehreren Tauchern in der Flasche können wir die reinste Ballettvorstellung zeigen. Manche Straßenhändler, die mit solchen Vorführungen ihre kartesischen Taucher zum Kauf anbieten, sind wahre Künstler auf diesem Gebiet.

Woher kommt nun der seltsame Name „kartesischer“ Taucher? René Descartes (sprich „däkart“) war ein berühmter französischer Philosoph und Mathematiker, der in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts lebte. Er führte unter anderem das kartesische (rechtwinklige) Koordinatensystem, dessen Achsen senkrecht aufeinanderstehen, in die Mathematik ein und begründete die analytische (rechnerische) Geometrie. Nach diesem großen Gelehrten wird unser Taucher genannt. Descartes hat dieses nette Spielzeug — man weiß nicht genau — entweder erfunden oder mindestens allgemein bekanntgemacht.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

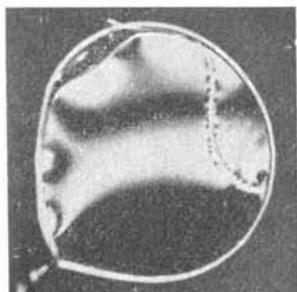
18. Bei besonders starkem Druck auf den Gummi legt sich der kartesische Taucher am Boden nieder. Grund?
19. Kann der Taucher sowohl links- als auch rechtsherum tanzen?
20. Wann bleibt der Taucher zwischen Flaschenhals und Flaschenboden stehen?

## Seifenblasen

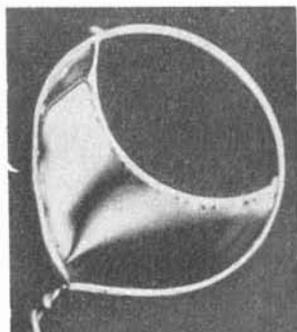
Wenn wir eine Tonpfeife in Seifenlauge tauchen und dann wieder herausnehmen, hat sich über den Pfeifenkopf eine Seifenblasenhaut gespannt. Blasen wir in die Pfeife hinein, so entsteht eine schöne runde Seifenblase. Durch eine ruckartige Bewegung mit der Pfeife wird die Seifenblase frei und schwebt dahin. Plötzlich platzt sie! Nur ein Sprühregen von feinsten Tröpfchen ist übriggeblieben. In Spielwarengeschäften erhalten wir Seifen und Seifenlösungen, mit denen wir besonders große und langlebige Seifenblasen herstellen können.

Betrachten wir einmal ganz genau eine Seifenblase, die zunächst noch glasklar und durchsichtig ist. Wir beobachten auf und in ihr verkleinerte Spiegelbilder von uns selbst und von umliegenden Gegenständen. Manche dieser Spiegelbilder stehen aufrecht, andere hingegen auf dem Kopf. Wenn wir die Seifenblase größer und größer und damit ihre Haut immer dünner machen, treten prächtige Farben auf. Ähnliche Farben an dünnen Schichten können wir auch, wenn es geregnet hat, an Ölflecken auf dem nassen Straßenpflaster beobachten. Das weiße Tageslicht besteht aus den Regenbogenfarben. Spiegelt sich das Licht an der Vorder- oder Rückwand von dünnen durchsichtigen Schichten und Häutchen, wird — je nach Dicke der Schicht — ein Teil der Farben durch Lichtwellenüberlagerung (Interferenz) ausgelöscht. Dadurch werden die restlichen Farben sichtbar.

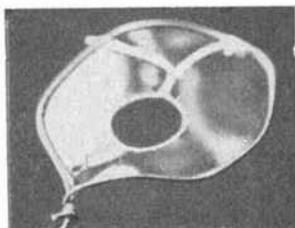
Die Dicke der Seifenblasenhaut beträgt im allgemeinen nur 0,01 bis 0,0001 mm. Trotzdem besitzt ein Seifenblasenhäutchen eine erstaunliche Zusammenhangskraft. Biegen wir aus dünnem Draht einen Ring von etwa 3 cm Durchmesser mit Haltegriff und tauchen ihn in die Seifenlauge, so sehen wir beim Herausnehmen, daß sich über den Ring eine ebene Seifenhaut gespannt hat. Pusten wir — nicht allzu stark — gegen diese Haut, so biegt sie sich durch ohne zu platzen, etwa wie eine dünne Gummihaut.



In der Seifenblasenhaut schwimmt ein Zwirnsfaden. Seine Enden sind am Draht- ring angeknüpft

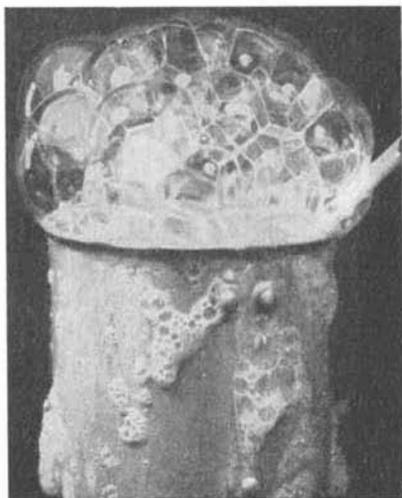


Schiffelförmige Seifenblasenhaut. Bienen wir in das Fädchen noch eine Schlinge und stechen mit einer heißen Nadel hinein, so spannt sich der Faden, und es entsteht ein rundes Loch



In der hauchdünnen Seifenblasenhaut können wir Spiegel- bilder und buntschillernde Farben beobachten

Betrachten wir viele übereinander- und nebeneinander- liegende Seifenblasen, so erkennen wir einen geometrischen, regelmäßigen Aufbau



Befestigen wir vor dem Eintauchen an zwei gegenüberliegenden Stellen des Drahringes die Enden eines kurzen Zwirnfadens, der nur wenig länger als der Durchmesser des Ringes sein soll, so schwimmt nach dem Eintauchen der Faden in der Seifenblasenhaut.

Erhitzen wir die Spitze einer Nähnadel in einer Kerzenflamme und stechen wir damit in die Seifenblasenhaut hinein, so platzt sie. Aber nur auf der einen Seite des Fadens! Ruckartig spannt sich dabei der Faden zu einem Kreisbogen, und es entsteht ein sichelförmiges Seifenblasenhäutchen.

Blasen wir mit einem Strohhalm kräftig in die Seifenlauge hinein, so entsteht ein ganzes Gewirr von aneinanderhängenden Seifenblasen. Zunächst erscheint uns dieses Gespinst aus dünnen Flüssigkeitshäutchen wohl unregelmäßig. Bei genauerem Hinsehen erkennen wir aber einen Aufbau von überraschender Gesetzmäßigkeit, der uns an den geometrisch regelmäßigen Bau der Kristalle erinnert. Blicken wir einmal genau in ein solches Seifenblasengewirr hinein! Wir sehen da Schnittkanten, in denen einzelne Häutchen aneinandergrenzen oder sich schneiden. In einer solchen Schnittkante schneiden sich immer nur drei Häutchen. Jeweils vier Schnittkanten schneiden sich immer in einem Punkt. Nie mehr, nie weniger! Überzeugt euch selbst, beobachtet genau und zählt nach! Wie steht es mit den Winkeln, unter denen sich drei Häutchen in einer Kante schneiden? Was ist über die Winkel zu sagen, die die in einem Punkt sich schneidenden vier Kanten miteinander bilden? Diese Winkel sind jeweils gleich groß. Streng symmetrisch ist der Seifenblasenschaum aufgebaut, auch wenn die Bläschen, wie im Seifenschaum beim Waschen, so klein sind, daß wir diese Regelmäßigkeit nicht ohne weiteres erkennen. Besonders deutlich können wir diese Regelmäßigkeit im Seifenblasengewirr erkennen, wenn uns ein Raucher dabei hilft. Wir bitten ihn, mit dem Strohhalm mitten in das Gewirr hineinzustechen und dann etwas Tabaksrauch durch den Strohhalm hineinzublasen. Es sieht sehr spaßig aus, wenn diese Blase mit Rauch größer und größer aufgeblasen wird. Dann liegt mitten in dem glasigen Gespinst eine

rauchgefüllte, milchigweiß aussehende Seifenblase, die sich von den benachbarten Blasen gut abhebt. Durch diese kleine Hilfsmaßnahme können wir leichter abzählen und beobachten.

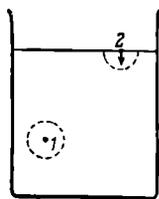
Alle diese gesetzmäßigen Regelmäßigkeiten beruhen auf der Oberflächenspannung in der Seifenblasenhaut. Die Teilchen der Flüssigkeit werden in der Seifenblasenhaut durch Kräfte zusammengehalten, die ähnlich wie in einem dünnen Gummihütchen wirken. Diese Kräfte wirken dem inneren Druck entgegen, so daß die Oberfläche der Seifenblase möglichst klein bleibt. Eine Seifenblase wird deshalb immer kugelförmig; denn die Mathematik lehrt, daß die Kugel derjenige Körper ist, der bei gegebenem Rauminhalt die denkbar kleinste Oberfläche hat.

Die Oberflächenspannung wirkt nicht nur in der Seifenblasenhaut. Auch die Regentropfen und die Tropfen am Wasserleitungshahn werden von ihr zusammengehalten. An der Oberfläche jeder Flüssigkeit, sei es auf einem Teich, auf einer Regenpfütze, auf dem Wasser im Trinkglas, überall wirkt an der Grenze von Flüssigkeit und Luft die Oberflächenspannung.

Wir wollen uns überlegen, wie diese geheimnisvolle Kraft entsteht. Man hat gefunden, daß jedes Flüssigkeitsmolekül von den Molekülen seiner nächsten Umgebung angezogen wird. Diese Kräfte wirken nur auf kleinste Entfernungen (bis zu etwa 0,00005 mm).

Auf ein Wassermolekül 1, das sich mitten in der Flüssigkeit befindet, wirken innerhalb der genannten Entfernung solche Kräfte von allen Seiten. Dieser Raum ist durch einen Kreis gekennzeichnet. Da diese Kräfte von allen Seiten aus auf das Molekül 1 wirken und dabei gleich groß sind, heben sie sich auf. Das Molekül 1 wird also durch diese Kräfte nicht beeinflußt, es bleibt in Ruhe und frei beweglich.

Das Wassermolekül 2 dagegen, das an der Wasseroberfläche im Glase liegt, wird infolge

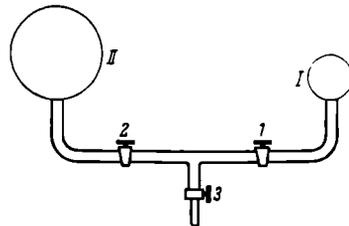


Wie die Oberflächenspannung im Wasserglas entsteht

seiner besonderen Lage nur von Wassermolekülen angezogen, die innerhalb einer Halbkugel liegen. Diese Kräfte heben sich — da sie nicht aus allen Richtungen wirken — nicht auf, sondern ergeben eine Gesamtkraft, die durch einen Pfeil gekennzeichnet ist. Diese Gesamtkraft wirkt senkrecht nach unten. Es entsteht an der Oberfläche des Wassers ein Binnendruck, der die Teilchen fest zusammenhält und verdichtet. Auf jeder Flüssigkeit liegt so eine winzig dünne Haut, in der die Flüssigkeitsmoleküle nicht in gleicher Weise frei beweglich sind wie im Inneren der Flüssigkeit. Sie ist immerhin so widerstandsfähig, daß sie unter geeigneten Maßnahmen sogar eine aufgelegte Nähnadel tragen kann. Stahl ist ja schwerer als Wasser und schwimmt deshalb nicht. Aber die Oberflächenspannung des Wassers kann eine Nähnadel tragen. Sticht die Nadel jedoch durch diese Haut an der Wasseroberfläche hindurch, sinkt sie sofort unter.

Da die Seifenblase aus einer dünnen Flüssigkeitshaut besteht, wirkt bei ihr die Oberflächenspannung auf beiden Seiten dieser Haut. Infolgedessen herrscht innerhalb der Seifenblase ein Druck. Wir können ihn leicht nachweisen, wenn wir mit einem weiten Glasrohr eine Seifenblase machen und dann das offene Ende gegen eine kleine brennende Kerze halten. Dabei ist deutlich zu erkennen, daß aus der Seifenblase ein Luftstrom entweicht, der die Kerzenflamme etwas beiseite bläst. Die Seifenblase selbst wird dabei kleiner und kleiner. Seltsam erscheint das folgende Experiment. Wir brauchen dazu ein U-förmiges Glasrohr mit drei Hähnen.

Bei geschlossenem Hahn 2 und geöffneten Hähnen 1 und 3 blasen wir auf den rechten Schenkel des Glasrohres eine Seifenblase I. Dann schließen wir Hahn 1 und erzeugen über den offenen Hähnen 2 und 3 auf dem linken Schenkel des Glasrohres die Seifenblase II.



In der Seifenblase I herrscht ein größerer Druck als in der Seifenblase II

Sie muß größer sein als Blase I. Dann schließen wir den Hahn 3 und öffnen die Hähne 1 und 2. Die Innenräume der beiden Seifenblasen sind jetzt unmittelbar verbunden. Was geschieht? Zu unserem Erstaunen entleert sich die kleine Seifenblase vollständig und bläst dabei die größere noch stärker auf. Jeder von uns hat wohl vermutet, daß beide Seifenblasen gleich groß werden würden.

Aus diesem Versuch können wir schließen, daß der Druck im Inneren einer großen Seifenblase kleiner ist als der Druck in einer kleinen Seifenblase. Genauere Untersuchungen zeigen, daß der Druck im Inneren der Seifenblase nicht nur von der Oberflächenspannung, sondern auch von der Krümmung der Seifenblasenhaut abhängt: und zwar ist der Druck um so größer, je stärker die Krümmung ist. Eine große Kugel ist weniger gekrümmt als eine kleine Kugel. Je kleiner eine Seifenblase ist, um so stärker ist ihre Oberfläche gekrümmt und um so größer ist der in ihrem Inneren herrschende Druck.

Das Spiel mit der Seifenblase beruht auf der Oberflächenspannung, die durch Anziehungskräfte zwischen den einzelnen Flüssigkeitsmolekülen entsteht.

Diese Kräfte sind, wie man festgestellt hat, elektrischer und magnetischer Natur. Jawohl! Diese Tatsache mag zunächst verwunderlich erscheinen, findet aber ihre Erklärung im Aufbau der Atome. Die Atome aller Elemente und damit auch die Moleküle aller chemischen Verbindungen, wie zum Beispiel des Wassers, sind aus elektrisch geladenen Teilchen aufgebaut. Ein Wasserstoffatom besteht aus einem positiv geladenen „Kern“, der von einem Elektron (kleinsten negativen Elektrizitätsteilchen) umkreist wird.

Die Elektrizität ist der Baustein aller Stoffe.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

21. Beobachte, welche Seite der Seifenblase aufrechte verkleinerte und welche Seite umgekehrte verkleinerte Spiegelbilder liefert!

22. Warum beobachtet man buntschillernde Ölflecke auf dem Straßenpflaster meist nur, wenn es geregnet hat?
23. Zwei gleichartige Kinder-Luftballons werden verschieden stark aufgeblasen. Der eine Ballon hat einen Durchmesser von 30 cm, der andere einen von 15 cm. In welchem Ballon herrscht der größere Druck?



### Beschlagene Fensterscheiben

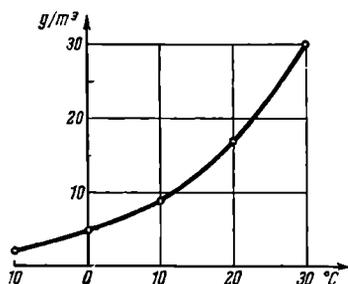
Nur Narrenhände beschmieren Tisch und Wände. Aber gegen eine lustige Zeichnung auf dem beschlagenen Küchenfenster hat die Mutter kaum etwas einzuwenden. Wann und warum beschlagen die Fensterscheiben? Wie kommt es, daß gerade das Küchenfenster oft beschlagen ist?

Die Luft enthält stets etwas Wasserdampf, denn sie ist fast überall irgendwie mit Wasser in Berührung, aus dem Wasserdampf entweicht. Stellt ein Glas auf das Fensterbrett, und ihr werdet feststellen, daß der Wasserspiegel im Glas von Tag zu Tag ein wenig sinkt. Dieses langsame Entweichen von Wasserdampf aus Wasser wird Verdunstung genannt, im Gegensatz zu der raschen Dampfbildung

beim Kochen oder Sieden. Nicht nur Meere, Flüsse und andere Gewässer entwickeln ununterbrochen Wasserdampf, auch die Pflanzen verdunsten viel Wasser. Fast das gesamte Wasser (98<sup>0</sup>/<sub>100</sub>), das sie mit den Wurzeln aufnehmen, wird durch Verdunstung wieder an die Luft abgegeben. Eine Birke gibt im Laufe des Jahres etwa 7000 l Wasser in Form von Wasserdampf an die Luft ab.

Wasserdampf ist unsichtbar, genau wie die Luft. Ihr bezweifelt das? Ihr denkt dabei vielleicht an die dicken weißen Nebel, die aus dem Schornstein der Lokomotive herausquellen. Aus dem Schornstein entweicht der Abdampf gleichzeitig mit den Rauchgasen. Blickt einmal dicht über den Rand des Schornsteins. Da ist nichts zu sehen. Diese Schicht ist vollkommen unsichtbar wie Luft, obwohl viel Wasserdampf ausströmt. Erst wenn er sich oberhalb des Schornsteinrandes abkühlt, wird weißer Nebel sichtbar, der aus winzigen Wassertropfchen besteht. Wir müssen also genau unterscheiden zwischen Dampf und Nebel.

Die Luft nimmt nicht beliebig viel Wasserdampf auf: 1 m<sup>3</sup> Luft von 20° C kann etwa 17 g Wasserdampf in sich tragen, dann ist sie gesättigt. Der wechselnde wirkliche Gehalt an Wasserdampf wird als Feuchtigkeit bezeichnet. Enthält 1 m<sup>3</sup> Luft von 20° C zum Beispiel 8,5 g Wasserdampf, so sagt man, daß die „absolute (wirkliche) Feuchtigkeit“ 8,5 g/m<sup>3</sup> beträgt. Da in diesem Falle die absolute Feuchtigkeit nur die Hälfte der Sättigungsmenge ausmacht, sagt man kurz: Die relative Feuchtigkeit (das ist die absolute Feuchtigkeit im Vergleich zur Sättigungsmenge) beträgt 50%. Die Sättigungsmenge hängt von der Temperatur ab. Während sie bei 20° C 17 g/m<sup>3</sup> beträgt, ist sie bei 10° C nur etwa 9 g/m<sup>3</sup>.



Die Sättigungsmenge an Wasserdampf, die ein Kubikmeter Luft aufnehmen kann, steigt mit der Temperatur

Wenn in der Küche gekocht wird, hat die Luft eine relative Feuchtigkeit von vielleicht 80<sup>0</sup>/<sub>10</sub>. Ist es draußen kalt, so wird die Zimmerluft in unmittelbarer Nähe der Fensterscheiben erheblich abgekühlt. Da diese kältere Luft eine geringere Sättigungsmenge hat, kann die Feuchtigkeit trotz unveränderter Wasserdampfmenge in der Nähe des Fensterglases auf über 100<sup>0</sup>/<sub>10</sub> steigen. Die Luft vermag dann die in ihr enthaltene Feuchtigkeit nicht mehr zu tragen. Infolgedessen schlägt sich ein Teil davon an der kalten Fensterscheibe in Form winziger Tröpfchen nieder. Das gleiche merken wir auch, wenn wir gegen die Fensterscheibe hauchen. In schneidender Winterkälte können wir sogar beobachten, daß der Hauch der Pferde und auch die von uns selbst ausgeatmete Luft als Nebel sichtbar wird, weil sich ein Teil der in der ausgeatmeten Luft enthaltenen Feuchtigkeit beim Abkühlen in feinste, in der Luft schwebende Flüssigkeitströpfchen ausscheidet.

Ein Fenster beschlägt also, wenn der Temperaturunterschied zwischen der Innen- und Außenluft so groß ist, daß die am Fensterglas abgekühlte Luft ihre Sättigungsmenge an Wasserdampf überschreitet. Deshalb scheidet sich ein Teil der Feuchtigkeit als Flüssigkeitströpfchen am Glas ab.

In der Küche ist das öfter zu beobachten als in anderen Räumen, weil hier der Feuchtigkeitsgehalt der Luft durch die aus den Kochtöpfen aufsteigenden Wasserdampfmengen besonders groß ist.

Habt ihr schon einmal die winzigen Tröpfchen an der beschlagenen Fensterscheibe mit der Lupe betrachtet? Aller kleinste Tröpfchen liegen da dicht und regelmäßig nebeneinander. Plötzlich setzt sich so ein Tröpfchen nach unten in Bewegung, weil es etwas groß geraten war und wegen seiner Schwere nicht so gut am Glas haften kann. Das Tröpfchen rutscht nach unten, nimmt andere Tröpfchen in sich auf. Es wird größer und größer und zieht in geschwängelter Bahn nach unten, bis es schließlich am Fensterrahmen landet.

Den Feuchtigkeitsgehalt der Luft bestimmen wir mit dem Feuchtigkeitsmesser (Hygrometer). Im einfachsten Falle ist das ein entfettetes



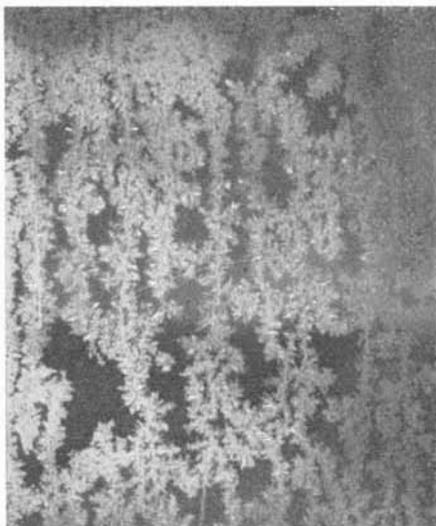
Menschenhaar, das durch ein kleines Gewichtstück oder durch eine Feder gespannt und über eine Rolle gelegt wird.

Das Haar hat eine besondere Eigenschaft. Je größer der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist, um so mehr Feuchtigkeit nimmt es in sich auf. Dabei dehnt es sich. Je mehr Feuchtigkeit in der Luft ist, um so länger wird das Haar des Hygrometers. Da es im Hygrometer um eine leicht bewegliche Rolle gelegt ist, wird, wenn es sich dehnt oder zusammen-

zieht, die Rolle gedreht und ein damit verbundener Zeiger bewegt, der auf einer Skala die jeweilige relative Feuchtigkeit in Prozenten anzeigt.

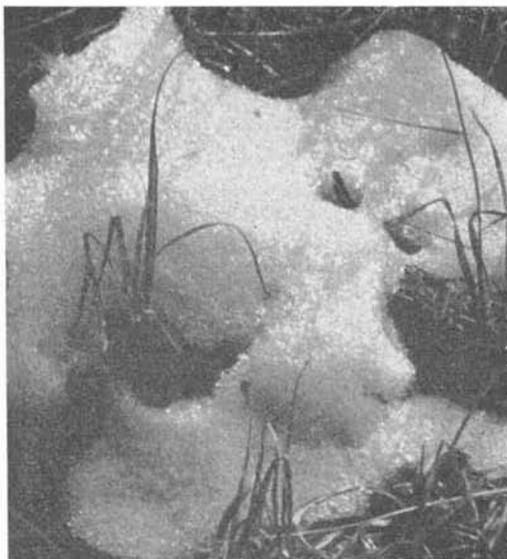
Wenn es im Winter draußen sehr kalt ist, erstarrt das aus der Zimmerluft an der Fensterscheibe abgeschiedene Wasser sofort zu Eis. Dabei entstehen die uns allen bekannten Eisblumen. Es sind dünne Eisschichten, in denen wir winzige, längliche Eiskristalle erkennen, die in bestimmter Regelmäßigkeit zu blumenblätternartig wirkenden Gebilden aneinandergelagert sind.

Fast alle festen Stoffe, die aus dem flüssigen Zustand erstarrten, so auch Stahl und Eisen, sind nicht etwa regellos aufgebaut. Beim Erstarren ordnen sich die



Eisblumen am Fenster

Eiskristalle auf geschmolzenem und wieder gefrorenem Schnee



Teilchen dieser Stoffe zu bestimmten geometrisch regelmäßigen Formen an, die wir aus dem Reich der Kristalle kennen. Bei den Eisblumen ist die gesetzmäßige, kristallartige Form besonders leicht zu erkennen.

Fangt einmal auf einer kleinen schwarzen Schiefertafel oder auf einem Stück schwarzen Karton ein paar Schneeflocken auf und betrachtet sie genau, am besten mit der Lupe. Auf dem schwarzen Untergrund heben sich die Einzelheiten der Schneeflocke besonders gut ab. Wenn die Tafel oder der Karton zuvor einige Zeit in der Kälte gelegen hat, hält sich die aufgefangene Schneeflocke lange, ohne zu schmelzen. Ihr werdet an der Schneeflocke Kristallformen von strenger Regelmäßigkeit und zugleich einen Formenreichtum und eine Formenschönheit erkennen, wie sie die Natur selten zeigt.

### Zum Beobachten und Nachdenken

24. Wenn die Sonne aufgeht, lichten sich meist die Morgennebel. Warum?
25. Wieviel Gramm Wasserdampf sind in der Luft von 20° C eines Zimmers von 5 m Länge, 4 m Breite und 3 m Höhe enthalten, wenn die relative Feuchtigkeit 50%, beträgt? Wieviel?
26. Kann ein Fenster auch außen beschlagen?

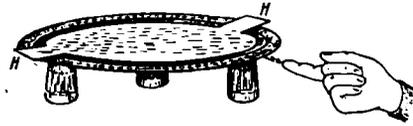
### Elektrische Funken

Auf drei leere, trockene Wassergläser legen wir ein blankes metallenes Tablett. Aus einem Zeitungsbogen schneiden wir uns eine Fläche heraus, die etwas kleiner ist als das Tablett. An den Enden lassen wir zwei Streifen (H) stehen.

Dieses Papier legen wir zwei bis drei Minuten in die heiße Ofenröhre. Dadurch werden die Feuchtigkeitsspuren, die stets in Zeitungspapier enthalten sind, ausgetrieben. Das getrocknete Zeitungspapier wird auf einer glatten hölzernen Tischfläche mit einer Kleiderbürste kräftig abgebürstet, etwa zehn Bürstenstriche immer in der gleichen Richtung. Dann legen wir das Papier auf das Tablett. Halten wir jetzt einen gekrümmten Finger nahe an den Rand des Tablets, so springt ein leuchtender elektrischer Funke von etwa 1 cm Länge auf unseren Finger über. Wir empfinden dabei einen kleinen elektrischen Schlag, der aber völlig harmlos und ungefährlich ist.

Wie geht das zu? Getrocknetes Papier wird durch Reiben mit der Bürste elektrisch geladen, und zwar negativ. Nach dem Reiben befinden sich auf dem Papier viele kleinste Teilchen negativer Elektrizität, die Elektronen genannt werden. Wo kommen sie her? In dem nicht geladenen Papier und in der elektrisch neutralen Bürste sowie im Tablett befinden sich ebenso viele positive wie negative

Elektrizitätsteilchen. Ja- wohl, in jedem ungeladenen Gegenstand ist positive und negative Elektrizität enthalten, und zwar von jeder Elektrizitätsart gleich viel, so daß sie sich aus-

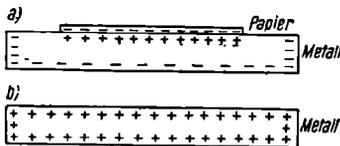


Ein elektrischer Funke von etwa 1 cm Länge zuckt aus dem metallenen Tablett in den Finger

gleichen. Wir wissen heute, daß die Atome aller chemischen Grundstoffe (Elemente), aus denen alle Stoffe und Körper bestehen, in ihrem Inneren gleich viele positive und negative elektrische Ladungen enthalten. Sie wirken nur deshalb nicht nach außen, weil sie sich infolge ihres verschiedenen Vorzeichens in ihrer Wirkung ausgleichen.

Beim Abbürsten des Papiers werden aus den Borsten Elektronen herausgezogen, die dabei auf das Papier übergehen. Das Papier wird durch die auf ihm haftenden Elektronen negativ geladen. Die Borsten dagegen werden positiv, weil dort nach der Abgabe von Elektronen die positiven Ladungen überwiegen.

Legen wir dann das elektrisch geladene Papier auf das metallene Tablett, so liegt infolge der winzigen Unebenheiten von Papier und Metall zwischen beiden an vielen Stellen eine isolierende Luftschicht. Nur wenige Elektronen, die sich auf dem abgebürsteten Papier befinden, gehen auf das (leitende) Metall über. Die auf dem Papier haftenden Elektronen wirken durch die isolierende Luftschicht auf die im Metall enthaltenen Elektronen ein. Gleichnamige Ladungen stoßen einander immer ab. Die negativen Elektronen im Metall des Tablett werden durch die negativen Elektronen in der Bürste soweit wie möglich vom Papier weggedrängt.



Verteilung der elektrischen Ladungen, a) beim ersten, b) beim zweiten Funkenziehen

Sie befinden sich dann auf der Unterseite und auf dem Rand des Tablett.

Positive Ladungen des Metalls dagegen werden von den negativen Elektronen des Papiers angezogen. Infolge dieser Anziehungskräfte „klebt“ das geladene Papier dicht auf dem Metall. Halten wir jetzt den gekrümmten Zeigefinger dicht an den Tabletrand, so springt ein elektrischer Funke über, der eine Spannung von einigen tausend Volt hat. Er ist trotzdem völlig ungefährlich, weil die Stromstärke im Funken winzig klein ist und die Spannung im Bruchteil einer Sekunde aufgebraucht wird. Durch den Funken gleicht sich die elektrische Spannung im Tablett wieder aus.

Heben wir jetzt an den Papierstreifen H das Papier vom Tablett ab, so können wir einen zweiten Funken ziehen, der allerdings wesentlich schwächer ist.

Danach verbreiten sich nämlich die positiven Ladungen, die erst auf der Oberseite des Tablett lagen, auf die gesamte Oberfläche. Zwischen dem Finger und dem positiv geladenen Tablett springt wieder ein Funke über, durch den das Tablett praktisch entladen wird.

Legen wir das geladene Papier nochmals auf, können wir wieder einen schwachen Funken ziehen. Nach einigen Minuten ist das Papier für weitere Versuche ungeeignet geworden, weil es wieder Feuchtigkeit aufgenommen hat. Erst nach erneutem Trocknen des Papiers können wir das Spiel wiederholen.

Bei unserem Versuch war eine Spannung von einigen tausend Volt völlig ungefährlich, weil die Stromstärke winzig klein war und sich die Spannung im Bruchteil einer Sekunde durch die Funkenentladung ausglich.

Das Berühren einer elektrischen Leitung jedoch ist schon bei viel niedrigeren Spannungen äußerst gefährlich! Man darf keinesfalls eine blanke Stelle des Lichtnetzes anfassen, das eine Spannung von 220 oder 110 V hat! Selbst eine Spannung von 50 oder 60 V kann unter Umständen tödlich wirken. Ausschlaggebend dabei ist weniger die in Volt gemessene Spannung als die in Ampere gemessene Strom-

stärke, die den Körper durchsetzt. Ferner ist der Weg, den der Strom im Körper nimmt, von großer Bedeutung. Alle Schäden, die durch Berühren einer elektrischen Leitung im menschlichen oder tierischen Körper entstehen, beruhen auf chemischen Wirkungen des Stromes im Blut und in der Gewebeflüssigkeit.

Die Stromstärke, die dabei den Körper durchsetzt, ist um so größer, je höher die berührte Spannung ist. Sie ist aber auch abhängig von dem Widerstand, den der Körper dem eindringenden Strom entgegensetzt. Wenn der Körperwiderstand klein ist, kann schon eine Spannung von 50 V tödlich wirken.

Viel größer als der eigentliche Körperwiderstand sind die Übergangswiderstände, die der Strom beim Eindringen und Verlassen des Körpers zu überwinden hat. Diese Übergangswiderstände sind von der Größe der Berührungsfläche abhängig. Je größer sie ist, um so geringer ist der Übergangswiderstand an dieser Stelle und um so stärker ist der Strom, der durch den Körper fließt.

Niemals dürfen wir elektrische Geräte mit feuchten Händen bedienen! Die Feuchtigkeit bietet nur einen sehr geringen Übergangswiderstand.

Für Kinder wird der elektrische Strom viel leichter verhängnisvoll. Sie haben eine zarte Haut, die für den Strom einen viel geringeren Übergangswiderstand bildet als eine schwielige Arbeitshand. Deshalb ist für elektrisch betriebene Spielzeuge und Modelleisenbahnen die höchst zulässige Spannung auf 24 V festgesetzt.

Eine Glühlampe von 40 W brennt mit einer Stromstärke von etwa 0,2 A. Bereits der zehnte Teil dieser Stromstärke kann auf den menschlichen Körper verhängnisvoll wirken.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

27. Warum stellen wir bei unserem Versuch das Tablett auf trockene leere Wassergläser?

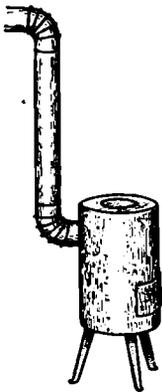
28. Warum verbreiten sich die positiven Ladungen nach dem Abheben des negativ geladenen Papiers über das ganze Tablett?
29. Trockne ein Blatt Zeitungspapier in der heißen Ofenröhre. Halte es an die tapezierte Zimmerwand und bürste das Papier kräftig ab. Hebe das Papier im dunklen Zimmer von der Wand ab. Was geschieht?

## ZU HAUS

### Ofen und Schornstein

Wenn wir uns im Winter bei großer Kälte im geheizten Zimmer wohl fühlen, denken wir kaum daran, wieviel Erfindergeist zur Entwicklung unserer neuzeitlichen Öfen und Heizanlagen notwendig war. Öfen für Wohnräume sind erst seit dem 8. Jahrhundert bekannt. Kachelöfen werden in Deutschland seit dem 13. Jahrhundert gebaut. Kleine runde eiserne Öfen tauchen erstmalig im 17. Jahrhundert auf. Zuvor wurden Wohnräume durch offene Herdfeuer erwärmt. Eiserne Öfen haben den Vorzug, daß sie schnell heiß werden. Sie erkalten aber auch ebenso schnell, sobald das Feuer erloschen ist. Diese Eigenschaften beruhen auf dem guten Wärmeleitvermögen des Eisens.

Zum ständigen Heizen ist der Kachelofen viel besser geeignet. Die Kacheln haben eine geringe Wärmeleitfähigkeit, sie werden nur langsam warm und geben die aufgenommene Wärme nur langsam wieder ab. Wenn das Feuer im Kachelofen erloschen ist oder nur noch glimmt, bleiben die Kacheln noch stundenlang heiß und erwärmen das Zimmer weiter.



Eiserne Öfen werden rasch heiß und erkalten schnell wieder

Alle Brennöfen haben den Nachteil, daß ein erheblicher Teil der erzeugten Wärme ungenutzt durch den Schornstein entweicht. Um diesen Verlust möglichst gering zu halten, werden in allen Kachelöfen (und auch in manchen eisernen Öfen) Heizkanäle eingebaut, die „Züge“. Sie führen die abziehenden Gase erst auf längerem Umweg in den Schornstein. Dabei streichen die

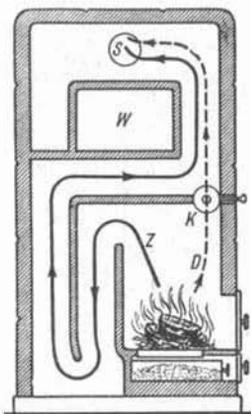
heißen Gase an den Ofenkacheln entlang und geben einen großen Teil ihrer Wärme an die Kacheln ab. Ein Ofen mit Zügen ist wirtschaftlicher als ein Ofen, dessen Heizgase von der Feuerstelle direkt in den Schornstein abziehen.

Oft ist am Ofen eine Klappe angebracht, mit der wir die Abgase entweder direkt oder auf dem Umweg über die Züge in den Schornstein leiten können. Beim Anheizen lassen wir die Heizgase zunächst direkt in den Schornstein abziehen, weil dabei ein starker Luftzug entsteht, der das Feuer anfacht. Erst nach einigen Minuten stellen wir die Klappe um und leiten damit die Abgase durch die Züge.

Im Schornsteinschacht steigen die heißen Gase nach oben. Fabrikschornsteine werden möglichst hoch gebaut, damit die giftigen Rauchgase erst in großer Höhe entweichen, sich weit verteilen und keinen Schaden anrichten können. Weiter wird dadurch erreicht, daß sich die Ruß- und Staubteilchen des Rauches in weiten Räumen ablagern und nicht ausschließlich in nächster Nachbarschaft der Fabrik herabschweben. Im Gegensatz zu den rechteckigen Schornsteinen der Wohnhäuser werden Fabrikschornsteine rund gebaut. Dadurch wird der Winddruck gegen die Schornsteinwand verringert.

Der Schornstein des Fernheizwerkes Leipzig ist mit 156 m Höhe der höchste Schornstein Deutschlands.

Aber nicht nur zum Abführen des Rauches und der Verbrennungsgase dient der Schornstein, sondern er sorgt auch noch für „Zugluft“. Ein gut brennender Ofen muß ziehen. Das heißt, er muß immer Außenluft ansaugen und durch die Roste der Feuerung zuführen. In der Gluthitze



Kachelofen mit Zügen und Regulierklappe.

K = Regulierklappe, S = Abzug zum Schornstein, W = Wärmeröhre,  
D = direkter Weg der Heizgase zum Schornstein beim Anfeuern,  
Z = Weg der Heizgase durch die Züge

wird das Brennmaterial, die Kohle, zersetzt. Seine Bestandteile, Kohlenstoff und Wasserstoff, verbinden sich chemisch mit dem Sauerstoff der Luft. Wenn kein Sauerstoff mehr vorhanden ist, erlischt die Flamme. Jede Feuerstelle braucht Sauerstoff. In einfachster Weise regelt der Schornstein die Luftzufuhr zur Feuerstelle. Die heißen Verbrennungsgase sind leichter als die Luft und steigen deshalb im Schornstein hoch. Strömende Gase besitzen Saugwirkung. In den strömenden heißen Gasen im Schornstein herrscht ein geringerer Druck als in der umliegenden Luft. Deshalb saugt der Schornstein in beständigem Strom Luft in die Feuerung und facht das Feuer an. Beim Bau des Ofens muß der Töpfer darauf achten, daß genügend Luft in die Feuerstelle eintreten kann. Es darf aber auch nicht zuviel sein, da sie die Brennstelle nur abkühlt und die Verbrennungsgase zu rasch — und damit ungenutzt — in den Schornstein treibt. Ebenfalls beachten muß er, daß der Ofen keine „falsche Luft“ durch die Ritzen der Kacheln erhält. Undichte Stellen müssen gut mit Lehm verschmiert werden. Rußschichten, die sich im Schornstein absetzen, bremsen die Aufwärtsbewegung der Gase und vermindern den „Zug“. Deshalb wird der Schornstein in bestimmten Abständen vom Schornsteinfeger gereinigt. Auch Ofenrohre und die Züge im Ofen müssen von Zeit zu Zeit von Rußschichten und Flugasche befreit werden. Wenn deine Mutter an einem heißen Sommertag im Küchenherd oder unter dem Waschkessel Feuer anmachen will, so bereitet das oft Schwierigkeiten. Dicke gelbe Rauchschwaden quellen aus der Ofentür und durch die Fugen der Kochplatte. Der Ofen „zieht nicht“. Woran liegt das? „Die Sonne drückt auf den Schornstein“, sagt man. Wie ist das zu verstehen?

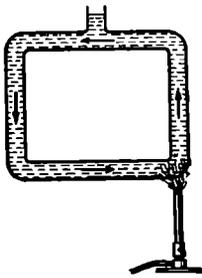
Wenn die im ungeheizten Schornstein stehende Luft kälter und damit schwerer ist als die sommerliche Außenluft, so herrscht im Schornstein ein Druck, der größer ist als der äußere Luftdruck. Dadurch entsteht ein Luftzug, der aus dem Ofen heraus ins Zimmer weht. Beim Feueranmachen steigt also der Rauch nicht in den Schornstein, sondern er strömt ins Zimmer. Die aus dem Schornstein in den Ofen

fließende kalte Luft behindert durch ihre kühlende Wirkung die Verbrennung, so daß sich ein offenes Feuer nur schwer entwickeln kann und das Brennmaterial unter Rauchentwicklung lediglich schwelt. In solchen Fällen empfiehlt es sich, zunächst eine größere Menge von Zeitungspapier zu verbrennen. Es entflammt leicht und entwickelt durch seine Verbrennungswärme Gase, die so heiß und leicht sind, daß sie trotz des im Schornstein nach unten wirkenden Luftzuges aufsteigen und dabei die kalte Luft so weit erwärmen, daß der Überdruck im Schornstein schließlich aufgehoben wird.

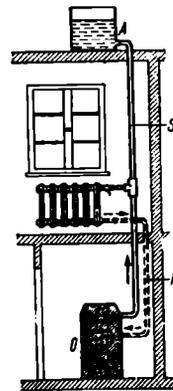
Die besten, mit Zügen versehenen Kachelöfen haben einen Wirkungsgrad von nur 50 bis 60%. 50 bis 40% der aus dem Brennstoff gewonnenen Wärme fliegen also ungenutzt zum Schornstein hinaus. Elektrische Öfen dagegen haben einen Wirkungsgrad von fast 100%. Bei der Warmwasserheizung strömt die Wärme in einem geschlossenen Rohrsystem, wenn das Wasser an einer Stelle erhitzt wird. Meist ist der Ofen der Warmwasserheizung im Keller des Hauses aufgestellt. Im Steigrohr steigt das erwärmte Wasser zu den Heizkörpern in den Stockwerken und Zimmern empor. In Fallrohren sinkt das abgekühlte Wasser wieder

nach unten. Da sich Wasser beim Erwärmen ausdehnt, besteht die Gefahr, daß es die Rohre sprengt. Diese Gefahr wird durch ein Ausdehnungsgefäß beseitigt.

Bei der Dampfheizung werden die gußeisernen Heizkörper von Wasserdampf durchströmt, der eine Temperatur von über 100° hat. An der Innenwand der Heizkörper kühlt sich der



Grundgedanke der Warmwasserheizung.  
Das erhitzte Wasser ist leichter als kaltes und steigt deshalb im rechten Rohr nach oben. Im linken sinkt kälteres (schwereres) Wasser nach unten



Warmwasserheizung;  
S = Steigleitung, F = Fallleitung, A = Ausdehnungsgefäß, O = Ofen

Dampf ab und verdichtet sich zu Wasser. Dabei wird die gleiche Wärme frei, die vorher zum Verdampfen des Wassers aufgewendet wurde. Diese Wärme wird von den Metallrippen aufgenommen und dann an die Zimmerluft abgegeben. Fernheizanlagen, die ganze Häuserblocks oder Straßenzüge beheizen, arbeiten entweder als Dampf- oder als Warmwasserheizung.

Kirchen, Lichtspielhäuser und große Säle sind gelegentlich mit Luftheizung ausgestattet. Dabei saugt ein Ventilator Frischluft an und bläst sie durch ein Register von Heizstäben. Die erwärmte Luft wird dann durch Kanäle im Mauerwerk oder durch Röhren den Räumen zugeführt.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

30. Warum wird die Luft (und jedes andere Gas) beim Erhitzen leichter?
31. Welche beiden Aufgaben hat der Schornstein?
32. Weshalb entsteht Wärme, wenn sich Wasserdampf zu Wasser verdichtet?



#### Vom Froschschenkel zur Batterie

Unter einem galvanischen Element verstehen wir eine Stromquelle, die auf chemischem Wege elektrischen Strom erzeugt, wie zum Betrieb einer Klingelanlage. Im Gegensatz dazu wird heute fast die gesamte elektrische Energie, die wir zum Antrieb von Elektromotoren und für unser Lichtnetz brauchen, in Dampf- oder Wasserkraftwerken mit Dynamomaschinen erzeugt.

Die Bezeichnung „galvanisch“ geht auf den italienischen Arzt und Naturforscher Luigi Galvani zurück, der im Jahre 1789 etwas Seltsames beobachtete.

Gebratene Froschschenkel waren damals ein beliebter Leckerbissen und sind es in südlichen Ländern noch heute. Frau Galvani hatte beim Anrichten von Froschschenkeln bemerkt, daß die zum Braten in die Pfanne gelegten Froschschenkel zusammensuckten, sobald sie in bestimmter Weise mit dem Messer berührt wurden. Professor Galvani vermutete, daß sich hier eine besondere „tierische“ Elektrizität bemerkbar mache, und stellte, um diese Erscheinung aufzuklären,

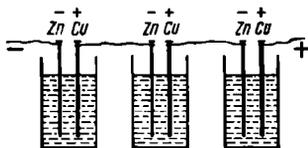
viele Versuche mit Froschschenkeln an. Er hängte die Froschschenkel mit kupfernen Haken an seinem eisernen Balkongitter auf. Eines Tages wurden die Froschschenkel vom Wind heftig hin- und hergeschaukelt. Dabei beobachtete Galvani, daß sie immer kräftig zusammenzuckten, sobald ein Froschschenkel mit dem Fuß einen Eisenstab des Gitters berührte.

Erst einige Jahre später konnte der italienische Physiker Alessandro Volta (nach dem die elektrische Spannungseinheit Volt benannt wurde) nachweisen, daß im Gegensatz zur Annahme Galvanis hier keinerlei tierische Elektrizität vorliegt. Volta fand, daß immer eine elektrische Spannung auftritt, sobald zwei verschiedene Metalle in eine bestimmte Flüssigkeit tauchen. Er fand heraus, daß dabei ein elektrischer Strom fließt, sobald die beiden Metalle miteinander durch einen Leiter verbunden werden. Volta konstruierte das erste Element, das galvanische Elektrizität lieferte. Ihm zu Ehren wurde es Volta-Element genannt.

Alle galvanischen Elemente bestehen aus zwei verschiedenen Metallen, die in eine Säure, Lauge oder Salzlösung tauchen. Dabei kann das eine Metall auch durch Kohle ersetzt werden, wie beispielsweise bei unseren Taschenlampenbatterien. Zwischen den beiden Polen des galvanischen Elements besteht eine bestimmte, in Volt zu messende Spannung.

Schalten wir drei Volta-Elemente derart zusammen, daß jeweils der Pluspol des einen Elementes mit dem Minuspol des folgenden Elementes verbunden wird, so addieren sich die Spannungen. Bei einer solchen „Hintereinanderschaltung“ entsteht an den Enden der „Batterie“ eine Gesamtspannung von rund 3 V. Mit so einer Batterie können wir bereits eine elektrische Klingel in Betrieb setzen.

Die elektrische Energie der galvanischen Elemente entsteht durch



Drei Volta-Elemente von je 1 Volt hintereinandergeschaltet geben eine Spannung von 3 Volt

chemische Umwandlung, wobei das Zink mit der Zeit aufgezehrt wird. Beim Froschschenkelversuch Galvanis steht ebenfalls eine leitende Flüssigkeit, nämlich die Blut- und Gewebeflüssigkeit des Froschschenkels, mit zwei verschiedenen Metallen, Eisen und Kupfer, in Berührung, sobald der Froschschenkel vom Wind an den Eisenstab geschleudert wird. Dann fließt also in diesem galvanischen Element ein Strom, der in ähnlicher Weise ein Zucken des Muskels verursacht wie ein elektrischer Strom, der beim Elektrisieren unseren Körper durchsetzt.

Taschenlampenbatterien sind aus drei hintereinandergeschalteten Trockenelementen zusammengesetzt. Jedes einzelne Element besteht aus einem Zinkgefäß, das als Minuspol wirkt und mit einer Salmiaklösung gefüllt ist. Sie wird mit Sägespänen zu einer feuchten Masse angedickt. Darin steht ein Kohlestab als Pluspol. Der Kohlestab steckt in einem Beutel mit Braunsteinpulver, wodurch ein vorzeitiges Absinken der elektrischen Spannung verhindert wird.

Auch für Klingelanlagen werden solche Salmiakelemente häufig verwendet.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

33. Zerlege eine verbrauchte Taschenlampenbatterie. Schau nach, wie sie aufgebaut ist!
34. Wenn man die beiden Pole einer Taschenlampenbatterie an die Zunge hält, empfindet man einen salzigen Geschmack. Warum?
35. Die Spannung einer Taschenlampenbatterie beträgt 4,5 V. Wie groß ist die Spannung eines der drei hintereinandergeschalteten Salmiakelemente?

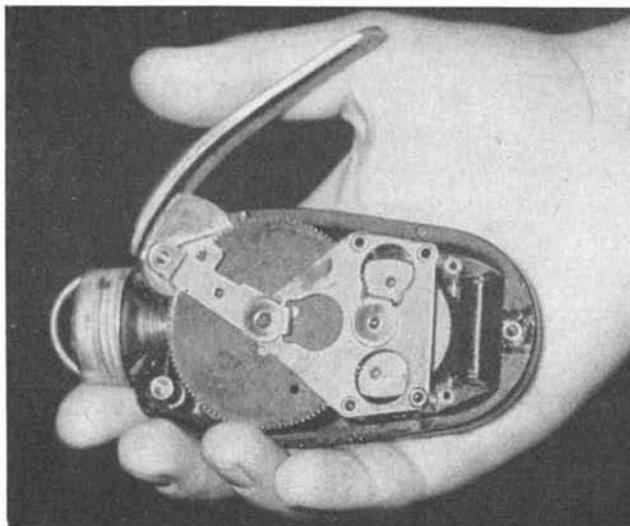
## Der Dynamo in der Taschenlampe

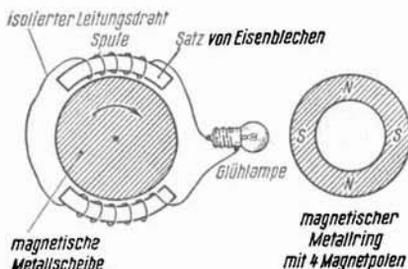
Taschenlampen enthalten eine Batterie, die den elektrischen Strom liefert. Ist die Batterie erschöpft, brennt die Lampe nicht mehr, und die Batterie muß durch eine neue ersetzt werden.

Es gibt aber auch Taschenlampen, die keine Batterie, sondern eine kleine Dynamomaschine enthalten, die elektrischen Strom erzeugt. Während eine Batterie die elektrische Energie auf chemischem Wege erzeugt, entsteht sie in der Dynamomaschine aus mechanischer Energie, die in elektrische Energie umgewandelt wird.

Bei einer Dynamo-Taschenlampe müssen wir die Antriebsenergie für die Dynamomaschine selbst aufwenden. Zu diesem Zweck ragt aus dem Gehäuse der Lampe ein Antriebshebel heraus, den wir mit der

Dynamo-Taschenlampe. Durch Niederdrücken einer Antriebsstange wird über ein Zahnrad eine kleine Dynamomaschine in Betrieb gesetzt, die den Strom für die Glühlampe liefert





Aufbau der Dynamo-Taschenlampe

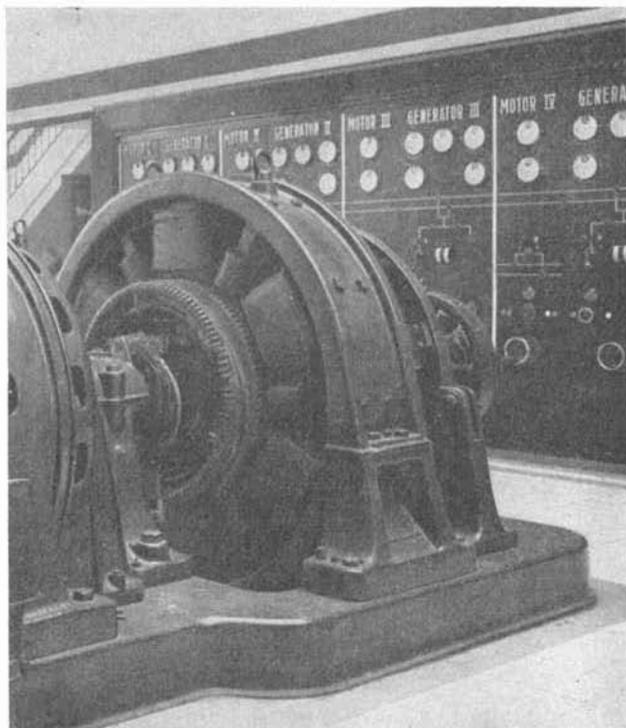
Hand niederdrücken müssen. Eine Feder bringt den Hebel wieder nach oben. Je rascher wir drücken, um so heller brennt die Lampe. Dabei gibt es ein surrendes Geräusch. Wenn wir die Antriebsstange niederdrücken und dann unten lassen, so schnurrt es in dem Gehäuse noch zwei bis drei

Sekunden weiter. Es dreht sich also etwas im Innern. Solange wie es schnurrt und der kleine Dynamo läuft, leuchtet die Lampe noch, bis sie schließlich langsam verlischt.

Der Deckel des Gehäuses läßt sich, wenn wir zwei Schrauben lösen, leicht abheben; dann liegt das Geheimnis der Stromerzeugung offen vor uns. Wir erkennen sofort, daß die Antriebsstange gezahnt ist und über eine Zahnradübersetzung eine etwa 1 cm dicke Metallscheibe in rasche Drehung versetzt. Um diese Scheibe sind zwei Spulen aus isoliertem Draht gelagert, die jede über einen Satz von dünnen Eisenblechen gewickelt ist. Diese Eisenbleche sind der Kreisform der Scheibe angepaßt. Der Strom entsteht offensichtlich in den beiden Spulen, denn sie sind durch einen Leitungsdraht miteinander verbunden. Von den anderen beiden Enden der Spulen führt ein Draht zu den Kontaktstellen der Glühlampe. Dreht sich die Metallscheibe, entsteht elektrischer Strom. In der Metallscheibe, die aus Zink besteht, ist ein magnetischer Stahlring mit vier Magnetpolen eingebettet. Immer, wenn ein Pol an einer Spule vorbeigedreht wird, entsteht in der Spule ein elektrischer Strom. Auch wenn umgekehrt eine Spule oder ein Leiter an einem feststehenden Magnet vorbeibewegt wird, entsteht in der Spule ein Strom. Diese Erscheinung wird Induktion genannt. Im Physiklehrbuch, das ihr in der Schule benutzt, könnt ihr mehr über die Induktion nachlesen.

Auf Induktion beruht jede Dynamomaschine. Der gesamte elektrische Strom, den die Kraftwerke liefern, wird durch Induktion erzeugt. Er heißt im Gegensatz zum galvanischen deshalb auch Induktionsstrom.

Unsere kleine Dynamo-Taschenlampe ist auch ein kleines Elektrizitätswerk. Sie liefert Wechselstrom von etwa 30 Polwechseln in der Sekunde. Die Spannung beträgt 3,8 V, die Stromstärke 0,07 A. Die Lebensdauer des elektrischen Teiles dieser Taschenlampe ist fast



Die Dynamomaschinen (Generatoren) der Elektrizitätswerke erzeugen elektrischen Strom durch Induktion

unbegrenzt. Wir brauchen keine neue Batterie, wenn wir mit einer Dynamo-Taschenlampe den Strom selbst erzeugen.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

36. Wie wird der drehbare Teil des Dynamos für die Fahrradbeleuchtung angetrieben?
37. Mit welchen Maschinen werden in den Elektrizitätswerken die Dynamomaschinen angetrieben?
38. Beschreibe die Energieumwandlung bei der Induktion!

#### Der Kopfhörer

Vor etwa 35 Jahren wurden die ersten deutschen Rundfunksender eingerichtet. Damals sahen die Radioapparate wesentlich anders aus als heute. Da gab es noch keine Lautsprecher, mit denen man die Sendungen in Zimmerlautstärke hörte. Man verwendete Kopfhörer, war glücklich und bestaunte die neue technische Errungenschaft des Rundfunks, wenn man die Sendungen nur in ganz leiser Telefonstärke sauber hörte.

Wenn wir eine Hörmuschel eines solchen Kopfhörers oder eines Fernsprechhörers aufschrauben, sehen wir ein kreisrundes dünnes Stahlblech, die Membran. Sie gibt in vollendeter Form die auf elektrischem Wege übermittelte Sprache und Musik wieder. Schieben wir die Membran eine Kleinigkeit beiseite, so stellen wir fest, daß sie an ihrer Unterlage klebt: sie wird von magnetischen Kräften festgehalten. Heben wir die Membran ab, so sehen wir die beiden Magnetpole eines Dauermagneten, auf die je eine kleine Spule mit

vielen dünnen Drahtwindungen aufgeschoben ist. Durch diese Spulen werden die elektrischen Stromstöße geleitet, mit denen man Sprache und Musik im Draht der Fernsprechleitung oder auf drahtlosem Wege überträgt. Die



So sieht es im Innern eines Kopfhörers aus

Stromstöße rufen in den Spulen Elektromagnetismus hervor, der stoßweise die Anziehungskraft der beiden Magnetpole verstärkt oder schwächt. Dadurch wird die Membran in die gleichen Schwingungen versetzt wie die Mikrofonmembran, die im Sendehaus oder vom anrufenden Fernsprechteilnehmer besprochen wird. Die Membran der Hörmuschel schwingt. Sie erzeugt die gleichen Schallwellen, die auf der Sendestation ins Mikrofon gesprochen werden.

In der Hörmuschel werden also elektrische Stromstöße in Schallwellen umgewandelt. Im Mikrofon hingegen werden Schallwellen in elektrische Stromstöße von entsprechendem Rhythmus umgewandelt. Mit den beiden Hörmuscheln eines Kopfhörers kann man ohne Stromquelle und ohne ein besonderes Mikrofon auf eine Entfernung von etwa 50 m telefonieren.

Die beiden Enden der einen Hörmuschel werden mit den beiden Enden der anderen Hörmuschel durch zwei entsprechend lange Leitungen aus Klingeldraht verbunden. Damit ist die Fernsprechanlage schon fertig. Jede der beiden Hörmuscheln kann dabei sowohl zum Abhören als auch zum Besprechen benutzt werden. Verwunderlich erscheint zunächst, daß hier keine Stromquelle notwendig ist und daß die Hörmuschel auch als Mikrofon verwendet werden kann, obwohl sie doch eigentlich nur zum Abhören bestimmt ist. Wie ist das möglich?



Telefoniere mit zwei Hörmuscheln ohne Stromquelle, ohne Mikrofon

Beim Betrachten der Dynamo-Taschenlampe erfuhren wir, daß in einem Leiter ein Strom entsteht, wenn er in der Nähe eines Magneten bewegt wird. Wir weisen darauf hin, daß in gleicher Weise in diesem Leiter auch ein Strom entsteht, wenn der Leiter fest steht und in seiner Nähe ein Magnet bewegt wird. Die Membran der Hörmuschel wird von dem unter ihr liegenden Dauermagneten magnetisch angezogen und dabei selbst zum Magneten. Sprechen oder singen wir gegen die Membran, so wird die magnetische Membran durch die Schallwellen in Schwingungen versetzt. Der Membran-Magnet bewegt sich also in der Nähe der Leiterspulen der Hörmuschel. So entstehen beim Besprechen der Membran im Rhythmus der Sprache Induktionsströme, die durch den Leitungsdraht zur anderen Hörmuschel fließen. Die besprochene Hörmuschel wirkt also wie eine Dynamomaschine und erzeugt Strom, und zwar sofort im Rhythmus der Sprachschwingungen. Beim Besprechen der Hörmuschel wird also ein Teil der Schallenergie in elektrische Energie umgewandelt, die in der anderen Hörmuschel wieder in Schallenergie umgewandelt wird.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

39. Wie erkennt man beim Telefonieren, daß eine angerufene Nummer besetzt ist?
40. Welche Aufgabe haben Mikrophon und Hörmuschel?
41. Kann in der Hörmuschel eine Membran aus Kupferblech verwendet werden?

## Es knackt im Lautsprecher

Zum Ein- und Ausschalten des Lichtes in unserer Wohnung verwenden wir Drehschalter, Kippschalter, Druckknopfschalter und Zugschalter. In allen diesen Schaltern befindet sich eine Kontaktfeder.

Spielt gerade unser Rundfunkempfänger, so knackt es im Lautsprecher, sobald wir das Licht ausschalten. Selbst beim Ausschalten des Lichtes in anderen Zimmern oder auch Wohnungen hören wir ein solches Knacken im Lautsprecher. Wie ist das zu erklären?

Beim Ausschalten des Lichtes entstehen im Schalter an den Kontakten winzige Funken. Elektrische Funken erzeugen immer elektrische Wellen von der Art der Rundfunkwellen. Sie gelangen über die Netzleitung, an die ja auch der Rundfunkempfänger angeschlossen ist, oder auch frei durch den Raum über Antenne oder Erde in den Empfänger und verursachen das Knacken im Lautsprecher.

Wir sagen „Rundfunk“, obwohl Musik und Sprache heute keineswegs durch elektrische Funken übermittelt werden. Die erste drahtlose Nachricht, in Form eines Telegramms, übermittelte 1896 der russische Physiker Popow. Er verwendete dabei elektrische Funken in der Sendestation. Deshalb wurden die Sende- und Empfangsgeräte „Funkgeräte“, die entsprechende Tätigkeit „Funken“ genannt. Man sprach von Funkentelegrafie und behielt das Wort „Funken“ für alle drahtlosen Übertragungen von Telegrammen, Sprache und Musik bei. Später wurde das Wort „Rundfunk“ geprägt, obwohl schon in den ersten Sendestationen des Rundfunks nicht mehr mit elektrischen Funken, sondern fast ausschließlich mit Senderöhren gearbeitet wurde. Funk und Funken sind Beispiele dafür, daß Worte im Laufe der Zeit oft eine ganz andere Bedeutung erhalten können, als sie ursprünglich hatten.

Die Tatsache, daß von elektrischen Funken elektrische Wellen ausgehen, die sich frei durch den Raum fortpflanzen können, wurde im Jahre 1887 von dem deutschen Physiker Heinrich Hertz nach-



Fotografie einer Funkenentladung. Sie zeigt uns, daß viele Teilfunken in wechselnder Richtung die Funkenstrecke überbrücken

gewiesen. Er schuf damit die Grundlage für die Funktechnik. Zuvor hatten andere bereits erkannt, daß ein elektrischer Funke nicht etwa ein einmaliges Ereignis ist, bei dem Elektrizität eine kurze Luftstrecke überspringt. Vielmehr erfolgt ein elektrischer Funkenschlag in Form einer sehr raschen elektrischen Schwingung derart, daß die Funkenstrecke während des Funkenschlages in kürzesten Zeitspannen wiederholt in wechselnder Richtung von Funken überbrückt wird. Ein elektrischer Funke, der vielleicht eine Gesamtdauer von  $\frac{1}{60\,000}$  s hat, besteht aus einzelnen Funkenentladungen wechselnder Richtung, die jeweils in  $\frac{1}{500\,000}$  s ablaufen. Schnelle elektrische Schwingungen, wie sie im elektrischen Funken vorliegen, erzeugen elektrische Wellen, die sich nicht nur in Drähten, sondern auch frei durch den Raum fortpflanzen können. Wie schon gesagt, wurden für die ersten drahtlosen Telegramme Funkensender benutzt. Mit einer geeigneten Apparatur ließ man auf der Sendestation in mehr oder weniger langen Zeitspannen und Zeitabständen elektrische Funken springen. Eine kurze Funkenentladung bedeutete einen Punkt des Morsealphabetes, eine längere einen Strich. Die Zeichen wurden auf der Empfangsstation gehört und dem Morsealphabet entsprechend wieder in Buchstaben übersetzt.

Das Knacken im Lautsprecher, das wir beim Ausschalten und auch beim Einschalten des Lichtes oder eines elektrischen Gerätes hören, rührt also von dem elektrischen Funken her, der eine elektrische Welle erzeugt.

## Zum Beobachten und Nachdenken

42. Beim Einschalten eines Elektromotors, eines Staubsaugers, eines Föns sind meist elektrische Störungen im Rundfunkempfänger zu hören. Warum?
43. Solche Störquellen für den Rundfunkempfang können beseitigt werden. Was wird durch die Entstörungsmaßnahmen erreicht?

## Der Staubsauger

Wieviel Staub sich in Teppichen bei täglicher Benutzung ansammelt, wird schon beim Teppichklopfen durch die dicken Staubwolken sichtbar, die unter den knallenden Schlägen des Teppichklopfers aufwirbeln. Mit dem Staubsauger dagegen wird der Staub nicht aufgewirbelt, sondern unmittelbar abgesaugt und aufgefangen. Er ermöglicht ein sauberes und hygienisches Reinigen.

Durch eine lange Leitungsschnur, die volle Bewegungsfreiheit gestattet, verbindet die Hausfrau den Staubsauger mit der Steckdose, und schon ist das Gerät betriebsfertig. Mit einer Saugdüse fährt sie über die zu reinigenden Gegenstände. Der Staub wird durch Rohre oder einen Schlauch in den Auffangbeutel geleitet.

Halten wir die Hand an die Saugdüse, so empfinden wir einen kräftigen Sog. Beim Abtasten des Teppichs reißt dieser Saugstrom den Staub mit sich. Ist die Reinigungsarbeit beendet, wird das Gehäuse dort, wo der Schlauch eingesteckt war, geöffnet. In einem kleinen Beutel hat sich der Staub gesammelt. Der mit Staub beladene Saugstrom dringt durch den Stoff dieses Beutels hindurch und tritt am anderen Ende des Staubsaugergehäuses aus, während der mitgeführte Staub die feinen Poren des Stoffes nicht durchdringen kann; er wird



Schnell und hygienisch hilft uns der Staubsauger beim Reinigen

in dem Beutel aufgefangen. Bevor die Hausfrau den Staubsauger wieder wegstellt, muß sie den Beutel entleeren. Der Luftstrom im Inneren des Staubsaugers wird durch einen Ventilator erzeugt. Im einfachsten Falle benutzt man dazu ein Rad (Ventilator) mit schräggestellten Metall-schaufeln, die bei Drehung des Rades die umliegende Luft aus dem Staubsaugergehäuse herausdrücken. Dadurch entsteht hinter dem Schaufelrad ein luftverdünnter Raum, der über die Düse einen kräftigen Luftstrom ansaugt. Liegt die Saug-

düse auf dem Teppich, so reißt der angesaugte Luftstrom den Staub mit sich.

Der Ventilator wird durch einen kleinen Elektromotor sehr schnell gedreht. Er wandelt die elektrische Energie um. Seine Wirkungsweise ist also umgekehrt wie die der Dynamomaschine, die mechanische Energie in elektrische Energie umformt.

Im Dynamo der Taschenlampe wird, wie wir gesehen haben, unter Aufwand von mechanischer Energie ein Magnet gedreht, der in der umliegenden festen Spule einen Induktionsstrom erzeugt. Im Elektromotor dagegen wird durch den elektrischen Strom ein

Elektromagnet gedreht. Ein Elektromagnet? Wie sieht so ein Elektromagnet aus?

Eine aus isoliertem Draht gewickelte Spule wird zum Magneten, sobald in ihr ein elektrischer Strom fließt. Das eine Ende der Spule wirkt wie ein magnetischer Nordpol, das andere wie ein magnetischer Südpol. Der Magnetismus wird um vieles stärker, wenn wir in die Spule einen Eisenstab hineinstecken oder wenn wir den isolierten Draht auf einen „Eisenkern“ wickeln. Das ist ein Elektromagnet.

Im Elektromotor stehen sich im einfachsten Falle zwei festmontierte Elektromagnete, die Feldmagnete, gegenüber. Diese Feldmagnete erhalten ihre Kraft durch den zugeführten elektrischen Strom.

Der magnetische Südpol des einen Feldmagneten und der magnetische Nordpol des anderen Feldmagneten sind einander zugekehrt. Sie sind an ihren Enden derart gerundet, daß ein in ihrem Zwischenraum drehbar gelagerter „Anker“ möglichst dicht an den Polen vorbeigleiten kann.



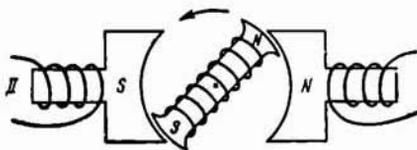
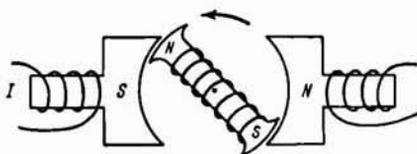
Ventilator und Motor des Staubsaugers



Eine stromdurchflossene Spule wirkt wie ein Stabmagnet



Ein Elektromagnet besteht aus einer Spule aus isoliertem Leiterdraht, die auf einen Eisenkern gewickelt ist.



Wirkungsweise des Elektromotors

Dieser Anker ist ebenfalls ein Elektromagnet. Der drehbare Anker auf Abb. I hat oben einen magnetischen Nordpol und unten einen magnetischen Südpol. Der Südpol des linken Feldmagneten zieht den Nordpol des Ankers an. Infolgedessen dreht sich der Anker.

In dem Augenblick, wo der Anker mit seiner Drehschwingung an den Polen der Feldmagnete vorbeigleitet, wird durch einen besonderen Mechanismus am Elektromotor die Stromrichtung im Anker umgekehrt. Dadurch wird der bisherige Nordpol des Ankers zum Südpol, der bisherige Südpol zum Nordpol. Jetzt stößt der Südpol des linken Magneten den Südpol des Ankers ab, und der Anker dreht sich in der gleichen Richtung weiter. Immer, wenn der Anker waagrecht liegt, wird der Strom in ihm umgekehrt.

Durch die Kraft eines Elektromagneten wird auch in der elektrischen Klingel der Klöppel an die Glocke geschlagen. Der Schreibstift im Telegrafen und die Zeiger elektrischer Meßinstrumente werden durch die magnetische Kraft von Elektromagneten bewegt. Die Membran des Lautsprechers wird durch magnetische Kräfte in Schwingungen versetzt. Die automatischen Weichen der Straßenbahn werden von Elektromagneten gestellt.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

44. Welche Energieumwandlung findet im Dynamo statt?
45. Welche Energieumwandlung vollzieht sich im Elektromotor?
46. Warum verursacht der Staubsauger im allgemeinen starke Störgeräusche im Rundfunkempfänger?

## AUF DER STRASSE

### Rammen

Kräftige Muskeln und Fäuste gehören zur Arbeit mit der Handramme, denn sie wiegt zwischen 15 und 60 kg. Da muß einer schon zupacken können!

Der Arbeiter hebt die Handramme vielleicht 20 cm hoch, dann läßt er sie fallen. Durch die Wucht des Aufschlages werden die Pflastersteine fest in den Boden gedrückt. Die eigentliche Arbeit wird dabei von der Schwerkraft der Erde verrichtet. Sie zieht die schwere Eisenmasse mit großer Kraft wieder zum Boden und verleiht ihr Geschwindigkeit und Wucht. Der Arbeiter schafft durch das Anheben der Ramme lediglich die Voraussetzungen dafür, daß sich die Schwerkraft frei auswirken kann. Hier wird also die Anziehungskraft der Erde zum Verrichten einer Arbeit ausgenutzt.

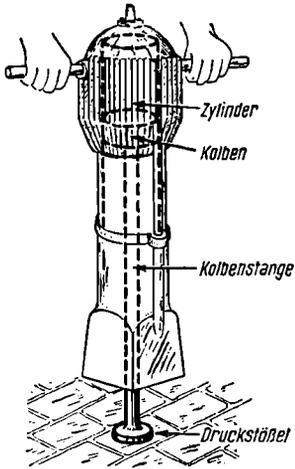
Wir bemühen uns heute, die Arbeit zu mechanisieren und schwere körperliche Arbeit immer mehr von Maschinen ausführen zu lassen. Ein Beispiel hierfür ist die Explosionsramme. Hier verrichtet die Kraft explodierender Gase die schwere Arbeit des Anhebens der Ramme.

So eine Explosionsramme wiegt 200 kg. Sie enthält einen Verbrennungsmotor, in dessen Zylinder ein Gemisch von Benzindampf und Luft durch einen elektrischen Funken zur Explosion gebracht wird. Während im allgemeinen in einem Verbrennungsmotor der Zylinder des Motors fest steht und der Kolben sich bewegt, ist es bei der Explosionsramme umgekehrt. Wenn die Ramme auf dem Boden steht, ist der Zylinder mit explosivem Gasgemisch gefüllt. Sobald der Arbeiter mit einem Kontakt am Handgriff den elektrischen Zündstrom einschaltet, explodiert das Gasgemisch. Da die Kolbenstange

mit dem Druckstößel fest auf dem Pflaster steht, wird durch die Kraft der sich ausdehnenden Gase der Zylinder mit der gesamten Ramme hochgeworfen. Der Kolben mit der Kolbenstange steht dabei fest. Kurz nach dem Abwurf wird durch einen geeigneten Mechanismus die Kolbenstange mit dem Druckstößel eingezogen, so daß die Ramme mit der gesamten Grundfläche und mit voller Wucht auf das Pflaster schlägt.

Arbeit mit der Handramme



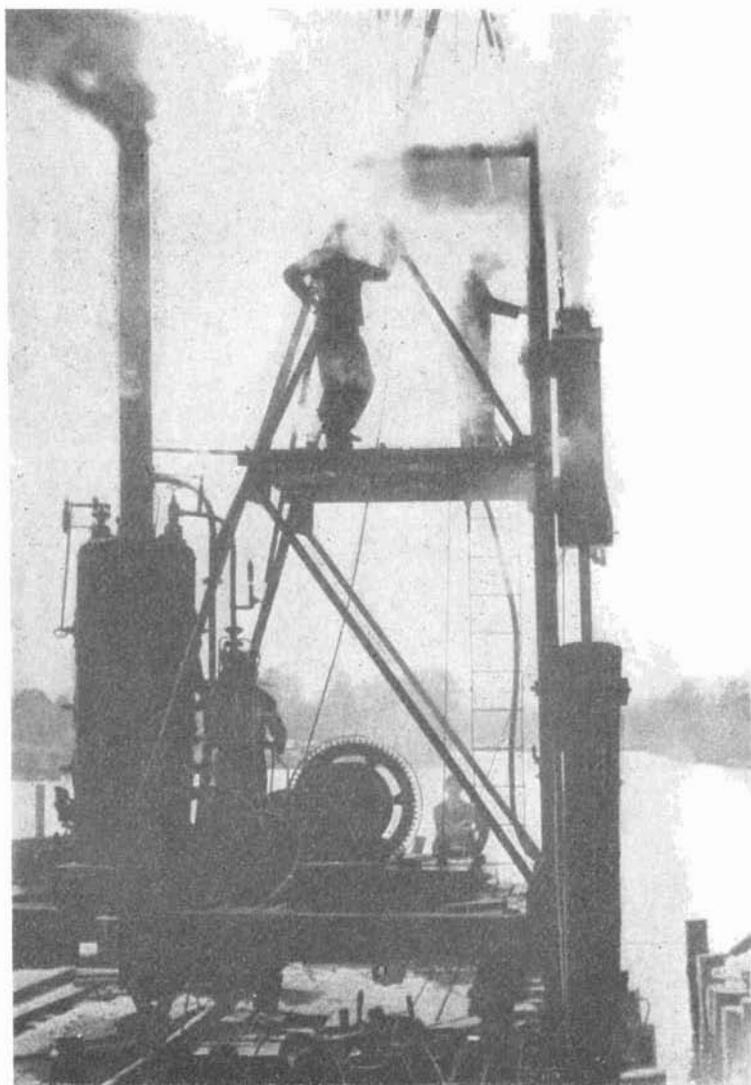


Bei feststehender Kolbenstange mit Druckstößel stößt sich der Zylinder mit der Explosionsramme vom Boden ab

Bei der Dampfhammer, deren Schlaggewicht Bär heißt und bis 2500 kg schwer sein kann, wird der Bär durch Dampfkraft gehoben. Diese Ramme wird zum Einrammen starker Pfähle benutzt. Die eigentliche Arbeit verrichtet auch hier die Schwerkraft.

Zum Beobachten und Nachdenken

47. Eine Handramme von 30 kg Masse drückt mit einer Kraft von 30 kp auf den Boden. Wieviel Kilopondmeter Arbeit sind zu verrichten, wenn die Ramme um einen halben Meter gehoben wird?
48. Welche Vorgänge finden in einem Verbrennungsmotor statt?



Dampftramie. Der Bär saust gerade auf einen einzurammenden Pfahl nieder



Blick durch  
das Fenster  
am Führer-  
stand einer  
Straßenbahn

### Die elektromagnetische Weiche

Wir stehen auf dem Vorderrperron des Triebwagens der Straßenbahn, dicht neben dem Wagenführer. Wir haben beobachtet, wie er mit der linken Hand die Fahrkurbel nach rechts dreht. Dadurch schaltet er den Strom ein und bringt die Straßenbahn zum Anfahren. Mit der Fahrkurbel wird auch die Geschwindigkeit erhöht oder vermindert. Da kommt eine Weiche in Sicht! Wir erkennen, daß die Weiche nach rechts gestellt ist, während unsere Bahn aber geradeaus weiterfahren muß.

Früher hielt die Straßenbahn vor jeder Weiche. Der Schaffner oder Fahrer nahm den Weichenstellhebel und drückte mit ihm die beiden Zungen der Weiche in die gewünschte Richtung. Heute werden die

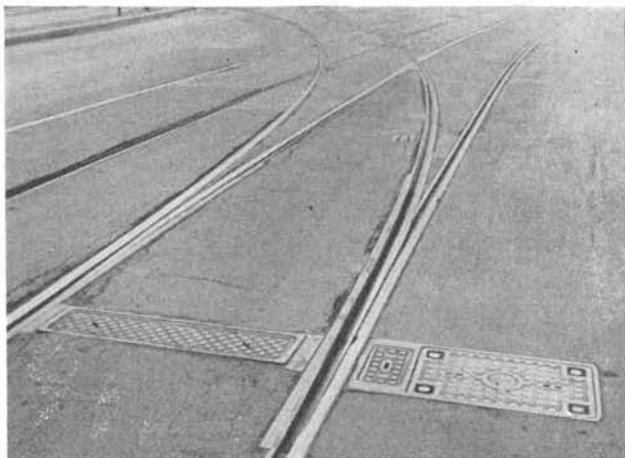
Weichen meist vom Führerstand aus gestellt. Wir wollen aufpassen, um zu erfahren, wie das vor sich geht.

Wer vielleicht vermutet, daß der Straßenbahnführer hierzu irgendeinen besonderen Hebel betätigt, der irrt sich. Wenn wir den Straßenbahnführer beim Anfahren gegen eine Weiche genau beobachten, können wir auch kaum etwas Besonderes feststellen. Manchmal dreht der Fahrer dabei zwar die Fahrkurbel nach links oder rechts. Das macht er aber auch während der Fahrt auf freier Strecke. Er reguliert damit die Stromzufuhr und dadurch die Geschwindigkeit. Kurz vor dem Einfahren in die Weiche stellen sich die Zungen ruckartig in die gewünschte Richtung.

Wenn wir den Straßenbahnführer fragen, wie er denn die Weiche jetzt richtig gestellt hat, sagt er meist: „Das ist ganz einfach. Das



Straßenbahnweiche. Unter der Eisenplatte liegt der Elektromagnet, mit dem die Weiche umgestellt wird

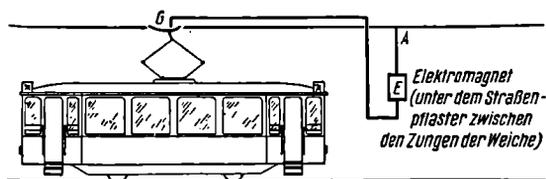


geschieht elektrisch. Steht die Weiche richtig, so drehe ich die Fahrkurbel nach links, fahre also ohne Strom auf die Weiche. Muß sie dagegen umgestellt werden, so fahre ich mit Strom gegen die Weiche an. Dabei betätigt der Strom einen Elektromagneten, mit dem die Weiche gestellt wird.“

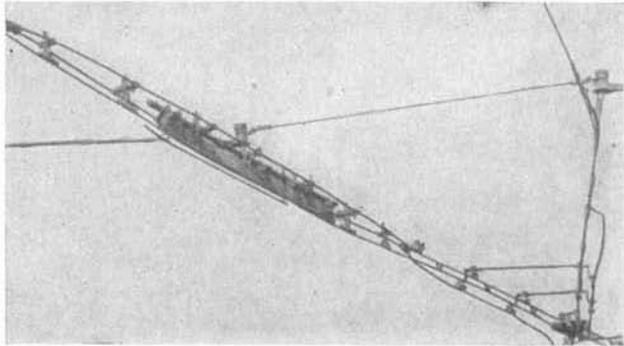
In der Nähe der Weiche ist das Straßenpflaster durch eine Eisenplatte unterbrochen. Darunter liegt die elektromagnetische Stellvorrichtung. Zum Umstellen der Weiche wird die Kraft eines Elektromagneten verwendet, der mit einem Gestänge die beiden Zungen der Weiche in die gewünschte Lage rückt. Ein Elektromagnet besteht aus einer Spule, die um einen Eisenkern gewickelt ist. Sobald durch die Spule der elektrische Strom fließt, tritt eine starke magnetische Kraft auf, von der Eisen angezogen wird.

Der Fahrdraht der Straßenbahn führt eine elektrische Gleichspannung von 500 bis 600 V. Der Stromabnehmer leitet den Strom vom Fahrdraht durch den Elektromotor des Triebwagens. Als Rückleitung für den Strom dient die Fahrschiene. Der Elektromotor des Triebwagens ist also, sobald der Strom mit der Fahrkurbel eingeschaltet wird, einerseits mit dem Fahrdraht, andererseits mit der Schiene leitend verbunden. Entsprechend ist im Kraftwerk, das den Fahrstrom erzeugt, der eine Pol der stromerzeugenden Dynamomaschine mit dem Fahrdraht, der andere mit der Fahrschiene verbunden.

Aus dem Fahrdraht wird auch der Strom für den Elektromagneten entnommen, der die Weiche umstellt. Einige Meter vor der Weiche gleitet der Stromabnehmer über ein Gleitstück G, das sich in nächster



Schematische Darstellung des Stromkreises zum Umschalten der elektromagnetischen Weiche



Gleitstück am Fahrdraht der Straßenbahn

Nähe des Fahrdrahtes befindet, aber keine Spannung führt, da es gegenüber dem Fahrdraht isoliert ist.

Die Spule des Elektromagneten E der Weiche ist einerseits durch ein unterirdisch geführtes Kabel AE mit dem spannungführenden Fahrdraht, andererseits durch ein entsprechend verlegtes Kabel EG mit dem isolierten Gleitstück G verbunden. Liegt die Weiche falsch, so fährt der Straßenbahnführer mit Strom gegen die Weiche an, es besteht dann also eine leitende Verbindung vom Fahrdraht über den Elektromotor zur Schiene. Gleitet der Stromabnehmer dann auf das Gleitstück G, so ist zwar sofort für kurze Zeit der Triebstrom für den Elektromotor unterbrochen, aber es besteht weiter die leitende Verbindung vom Stromabnehmer über den Motor zur Schiene. Jetzt fließt infolgedessen ein elektrischer Strom vom Fahrdraht über den Elektromagneten der Weiche, von dort zum Gleitstück und dann über den Stromabnehmer und den Elektromotor zur Schiene. Damit ist der Stromkreis für die Weiche geschlossen. Durch diesen Strom wird der Elektromagnet erregt und erzeugt dabei die magnetische Kraft, mit der die Weiche umgestellt wird. Nach dem Passieren des Gleitstückes liegt der Stromabnehmer wieder am Fahrdraht, und es fließt wieder Triebstrom durch den Motor.

Steht die Weiche jedoch richtig, so schaltet der Straßenbahnführer mit der Fahrkurbel den Strom aus und fährt ohne Strom gegen das Gleitstück an. Es wird also keine leitende Verbindung vom Fahrdrabt über den Elektromotor zur Schiene hergestellt. Der Wagen fährt dann mit eigenem Schwung unter dem Gleitstück dahin. Jetzt kann durch den Elektromagneten E kein Strom fließen. Die leitende Verbindung von A über E zum Gleitstück ist zwar vorhanden, jedoch nicht vom Gleitstück über Stromabnehmer und Elektromotor zur Schiene. Die Fahrkurbel steht ja auf „Null“, und damit ist der Stromkreis unterbrochen.

Die bereits richtig stehende Weiche bleibt also in ihrer Lage. Nach dem Passieren des Gleitstückes liegt der Stromabnehmer wieder am Fahrdrabt, und der Fahrstrom ist wieder eingeschaltet.

Sehr viel Überlegung war notwendig, um diese ebenso einfache wie sinnreiche Einrichtung der elektromagnetischen Weiche zu konstruieren und dadurch dem Wagenpersonal das Weichenstellen zu erleichtern.

#### • Zum Beobachten und Nachdenken

49. Welche Spannung führt der Fahrdrabt der Straßenbahn?
50. Wo liegt der Elektromagnet, der die Zungen der Straßenbahnweichen umstellt?
51. Was muß der Straßenbahnführer beachten, wenn er gegen eine Weiche anfährt?
52. Kann eine Glühlampe brennen, deren einer Anschlußkontakt mit nur einem spannungführenden Pol der Steckdose und deren anderer Anschlußkontakt leitend mit dem Hahn der Wasserleitung verbunden ist?

## Lichtbogenschweißen

Durch die Schmelzschweißung kann man zwei Werkstücke verbinden, die im allgemeinen aus dem gleichen Werkstoff bestehen. Zwei Straßenbahnschienen können derart aneinandergeschweißt werden, daß sie ein Ganzes bilden. Aber nicht nur viele Metalle und ihre Legierungen, sondern auch Glas und Kunststoffe können geschweißt werden. Dabei erhitzt man die beiden Werkstückenden, die sich verbinden sollen, so stark, daß sie ineinanderfließen. In vielen Fällen verwendet man noch einen „Schweißstab“ aus gleichem oder ähnlichem Werkstoff, der ebenfalls zum Schmelzen gebracht wird. Der flüssige Werkstoff füllt dann die Fuge zwischen den beiden Werkstücken.

Bei einem anderen Verfahren wird die Hitze des Lichtbogens zum Schweißen ausgenutzt. Zwischen zwei Kohlestäben kann ein Lichtbogen erzeugt werden. Man schiebt die beiden Stäbe, an denen über einen geeigneten Widerstand eine ausreichende elektrische Spannung liegt, mit den Spitzen zusammen. Zieht man dann die Kohlestäbe auseinander, so flammt zwischen ihnen ein greller Lichtbogen auf. Seine Temperatur beträgt über  $3000^{\circ}\text{C}$ .

Beim Schweißen von Metallen wird der Lichtbogen meist zwischen dem Schweißstab und dem Werkstück erzeugt. Das können wir oft bei Arbeiten an einer schadhaften Stelle der Straßenbahnschiene beobachten. Der Schweißer hält den Schweißdraht, der mit einem Pol der elektrischen Leitung verbunden ist, an einem isolierten Handgriff in der rechten Hand. Als elektrischer Gegenpol dient die Straßenbahnschiene selbst, die in der Erde liegt und daher geerdet ist. Es wird hier also nur ein spannungsführender elektrischer Pol benutzt. Berührt der Schweißer mit dem Stab die Schiene und hebt er ihn dann auf eine kurze Strecke von der Schiene ab, so flammt zwischen Schweißstab und Schiene ein Lichtbogen auf. Sein Licht ist so grell, daß wir nicht lange hineinschauen können. Das Ende des Schweißstabes erhitzt sich auf Weißglut und schmilzt, so daß flüssiges

Eisen auf die im Flammenbogen ebenfalls angeschmolzene Oberfläche der schadhaften Schiene tropft. Der Schweißer führt den Lichtbogen über die zu reparierende Stelle und füllt sie mit Eisen auf.

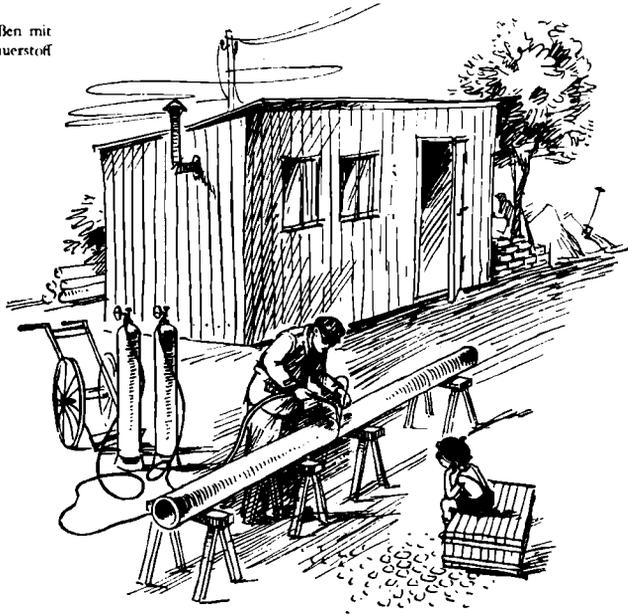
Nach Abschluß der Arbeit wird der Schweißstab weit von der Schiene abgehoben und dadurch der Lichtbogen getrennt. Die noch glühende verschweißte Stelle erkaltet rasch an der Luft. Der Schweißer trägt eine Schutzbrille mit dunkelfarbigen Gläsern, oder er hält in der linken Hand ein Schutzschild, durch dessen Dunkelglas er seine Arbeit beobachtet. Das ist nicht nur erforderlich, weil das Licht des Schweißbogens zu grell ist, sondern vor allem deshalb, weil der Lichtbogen viel ultraviolettes Licht (kurzwelliges, unsichtbares Licht) ausstrahlt, das dem Auge und der Haut gefährlich werden kann.

Der zu den Schweißarbeiten an den Straßenbahnschienen benötigte Strom wird dem Fahrdrabt

Schadhafte Stellen an der Straßenbahnschiene werden elektrisch geschweißt. Der Strom dafür wird aus dem Fahrdrabt entnommen

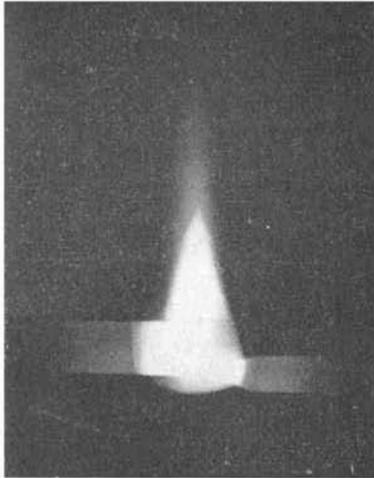


Autogenes Schweißen mit  
Azetylen und Sauerstoff



entnommen. Die Spannung wird in dem Umformerwagen, den wir stets in der Nähe solcher Schweißarbeiten sehen, auf eine Spannung von 25 bis 45 V gebracht. Da es sich um Gleichstrom handelt, besteht der Umformer im Wagen aus einem Elektromotor, der mit einer Dynamomaschine auf gleicher Achse gekoppelt ist. Der Elektromotor wird mit dem Strom aus dem Fahrdraht betrieben. Er dreht den Anker der Dynamomaschine, die Strom von niedriger Spannung, aber hoher Stärke erzeugt. Bei Lichtbogenschweißungen kann die Stromstärke bis zu 700 A betragen.

Beim autogenen Schweißen wird kein Lichtbogen, sondern eine sehr heiße Stichflamme benutzt. Als Brenngas verwendet man meist Azetylen. Das ist eine gasförmige, chemische Verbindung aus Kohlenstoff und Wasserstoff, die aus Wasser und Karbid entsteht.



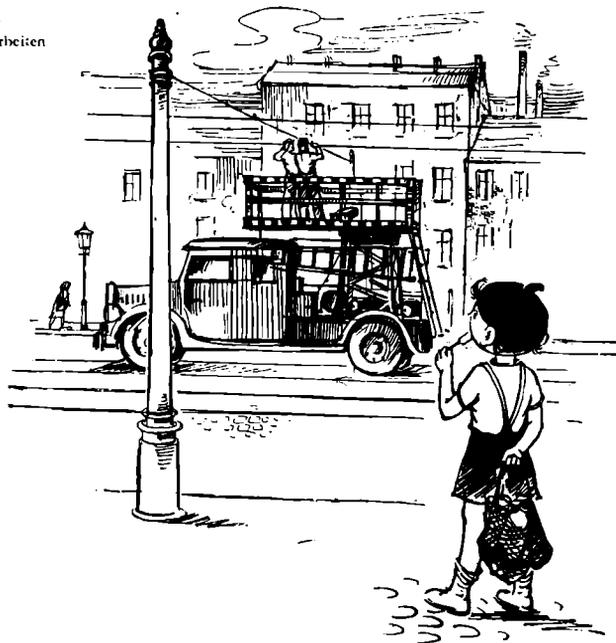
Elektrischer Lichtbogen zwischen zwei Kohlestäben

Dieses Gas wird im Schweißbrenner mit Sauerstoff vermischt, der einer Stahlflasche entnommen wird. In der frisch gefüllten Flasche steht der Sauerstoff unter einem Druck von 150 at. Das Acetylen wird entweder ebenfalls in einer Stahlflasche aufbewahrt oder in einem Acetylenentwickler an Ort und Stelle aus Karbid und Wasser hergestellt. Die Temperatur in der Schweißflamme beträgt ebenfalls etwa  $3000^{\circ}\text{C}$ .

#### Zum Beobachten und Nachdenken

53. Bei einer elektrischen Schweißung betrug die Stromstärke 200 A. Wievielmal so groß ist sie wie die Stromstärke einer normalen Netzleitung im Haus beim Betrieb einer 40-W-Lampe?
54. Welche Temperatur hat der Lichtbogen?
55. Wie heißt die chemische Formel für Karbid? Welche Formel hat Acetylen?

Reparaturwagen der  
Straßenbahn bei Arbeiten  
am Fahrdrabt



### Reparatur am Fahrdrabt

Auf der Brücke des Reparaturwagens der Straßenbahn stehen zwei Arbeiter und reparieren eine schadhafte Stelle an der Oberleitung. Unbesorgt hantieren sie am Fahrdrabt, greifen ihn mit der bloßen Hand an und ziehen gerade mit dem Schraubenschlüssel eine Mutter fest.

Wie ist das möglich? Der Fahrdrabt führt doch eine elektrische Spannung von 500 bis 600 V, und das Berühren einer solchen Spannung ist doch mit Lebensgefahr verbunden! Wenn durch irgendwelche Umstände der stromführende Fahrdrabt gerissen ist und fast bis auf die Straße herabhängt, so darf ihn niemand berühren!

Hat man vielleicht vor der Reparatur am Fahrdraht den Strom abgeschaltet? Nein, das kann nicht sein, denn eben ist eine Straßenbahn, die vom gleichen Fahrdraht den Strom entnimmt, bis dicht an den Reparaturwagen herangefahren und hält an. Der Fahrdraht steht also unter Spannung.

Einen elektrischen Schlag können wir nur immer dann erhalten, wenn wir entweder mit beiden Polen einer elektrischen Leitung in Berührung kommen oder wenn wir nur einen Pol berühren, andererseits aber irgendwie leitend mit der Erde verbunden sind.

Das Dach des Reparaturwagens der Straßenbahn besteht aus Holz und ist gegenüber dem Erdboden gut isoliert. Trockenes Holz ist kein elektrischer Leiter. Das Dach des Wagens und damit auch der auf ihm stehende Arbeiter ist nicht leitend mit dem Erdboden verbunden. Wenn der arbeitende Schlosser den Fahrdraht anfaßt, fließt also vom Fahrdraht über seine Hand und seinen Körper kein Strom, der ihn gefährden könnte. Bei einer solchen einwandfreien Isolierung gegenüber dem Erdboden ist das Berühren des spannungsführenden Fahrdrahtes für den Arbeiter auf dem Dach des Reparaturwagens nicht nur völlig ungefährlich, sondern der Arbeiter verspürt dabei auch nicht das geringste.

Ganz ausgeschlossen ist es, eine solche Arbeit bei Regenwetter auszuführen, denn Wasser leitet den Strom. Das nasse Holz des Wagendaches, auf dem der Arbeiter steht, und die nassen hölzernen Wagenwände würden eine leitende Verbindung zum Erdboden herstellen.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

56. Nenne Stoffe, die den elektrischen Strom leiten!
57. Nenne einige Isolatoren!
58. Eine Plätterin hielt in der rechten Hand eine an das Lichtnetz angeschlossene elektrische Platte und stellte mit der linken Hand die Dampfheizung ab. Dabei erhielt sie einen verhängnisvollen elektrischen Schlag. Warum?

## Die elektrische Hupe

Wer hätte nicht Lust, hier einmal zu hupen? Probieren wir es doch aus! Sobald wir auf den Druckknopf oder den Druckring drücken, ertönt die Hupe. Ganz einfach also und ähnlich wie bei einer Klingel. Solange wir auf den Knopf oder den Ring drücken, fließt ein elektrischer Strom zur Hupe und bringt sie zum Tönen. Wo steckt eigentlich die Hupe, das Horn, das den Ton erzeugt?

Wer schon einmal neugierig um einen Kraftwagen herumgeschlichen ist, um ihn näher zu ergründen, wird dabei auch das Horn gesucht und es in den meisten Fällen nicht gefunden haben. Da müssen wir schon einmal den Kraftfahrer fragen und ihn bitten, es uns zu zeigen. „Das Horn? Moment mal!“ Er klappt die Motorhaube auf. „Da ist es!“ Das Horn befindet sich meist unter der Motorhaube, seltener außen an der Karosserie des Wagens. Deutlich sehen wir die Leitung,

die dem Horn den Strom zuführt.

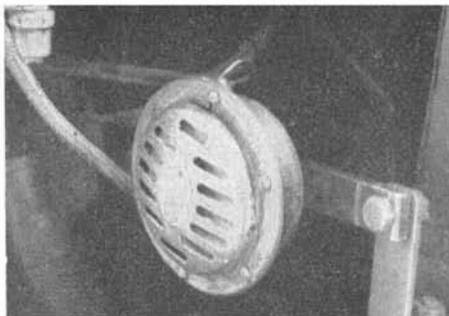
Wie war das doch gleich, wenn ein Ton entsteht? Bei der Geige zum Beispiel entsteht ein Ton, wenn wir eine Saite anzupfen oder durch Streichen mit dem Geigenbogen zum Schwingen anregen. Von der schwingenden Saite geht eine Folge fortwandernder Luftverdichtungen und Luftverdünnungen, eine Schallwelle, aus. Trifft sie an unser Ohr, so versetzt sie das Trommelfell in Schwingungen, und wir hören den



Die Hupsignale des Kraftwagens werden mit einem Druckknopf oder mit einem Druckring ausgelöst. Beide befinden sich unmittelbar am Lenkrad des Kraftwagens

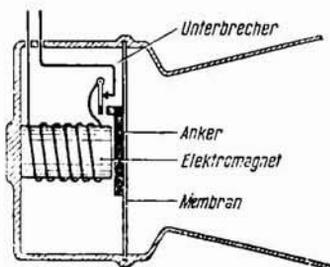
Ton. Töne entstehen durch schwingende Körper, die Schallwellen aussenden.

Der schwingende Körper im Horn des Kraftwagens ist ein dünnes Eisenblech, eine Eisenmembran. Mit ihr ist der eiserne Anker eines Elektromagneten starr verbunden. Sobald ein



Die elektrische Hupe ist meist unter der Motorhaube eingebaut

Strom durch die Spule des Elektromagneten fließt, wird der Eisenkern, um den die Spule gewickelt ist, magnetisch und zieht den Anker mit der Membran an, die sich zum Elektromagneten etwas durchbiegt. Wenn jetzt für längere Zeit ein Strom durch den Elektromagneten fließen würde, so würde die Membran in dieser Lage verbleiben. Da sie aber schwingen soll, muß der Stromkreis in rascher Folge abwechselnd unterbrochen, dann sogleich wieder geschlossen werden. Das Unterbrechen und Schließen des Stromes geschieht selbsttätig durch einen Unterbrecher. Wenn der Anker vom Eisenkern des Elektromagneten angezogen wird, stößt er mit einer „Nase“ an eine Unterbrecherfeder, die einen Kontakt öffnet und dadurch den



Wirkungsweise der elektrischen Hupe

Stromkreis unterbricht. Ist der Strom unterbrochen, verschwindet auch der Magnetismus. Der Anker mit der Membran wird jetzt nicht mehr angezogen und schnell in seine ursprüngliche Lage zurück. Dabei wird der unterbrochene Kontakt durch den zurückfedernden Unterbrecherhebel wieder geschlossen, und der Elektromagnet erhält

Strom. Durch dieses dauernde Fließen und Unterbrechen des elektrischen Stromes wird die Membran in regelmäßige Schwingungen versetzt und erzeugt eine Schallwelle, den Hupton. Je schneller der Strom unterbrochen wird, um so höher liegt der Ton der Hupe.

Dieser Vorgang wiederholt sich so lange, wie wir auf den Druckknopf am Lenkrad drücken. Lassen wir ihn los, drückt ihn eine Feder wieder in seine ursprüngliche Lage zurück. Damit ist der Strom unterbrochen und die Hupe außer Betrieb.

Die Batterie, die den Strom zum Betrieb des elektrischen Horns liefert, befindet sich, ebenso wie das Horn, meist unter der Motorhaube.

Die Batterie im Kraftwagen hat im allgemeinen eine Spannung von 6 bis 12 V. Sie liefert nicht nur den Strom für die Hupe, sondern bei stehendem Motor auch für den Anlasser und die Zündung, für Beleuchtung, Fahrtrichtungsanzeiger und Scheibenwischer. Während der Fahrt versorgt die Lichtmaschine die elektrische Anlage des Wagens. Das ist eine kleine Dynamomaschine, deren Anker vom Motor des Wagens gedreht wird. Zugleich wird während der Fahrt die Batterie durch die Lichtmaschine aufgeladen.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

59. Welchen Vorzug hat der Signalring gegenüber dem Signaldruckknopf?
60. Wie ändert sich der Ton des Horns, wenn die Unterbrechungszahl des Stromes verringert wird?
61. Warum sind Autobatterien so schwer?

## Der Geschwindigkeitsmesser

Auf dem Armaturenbrett jedes Kraftwagens befindet sich ein Geschwindigkeitsmesser, auch Tachometer genannt. Sein Zeiger gibt die augenblickliche Geschwindigkeit des Wagens in Kilometern je

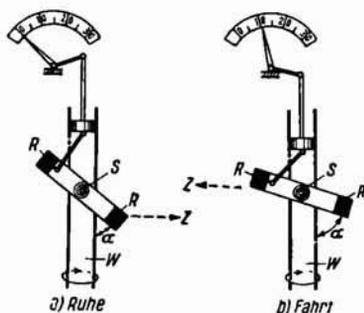


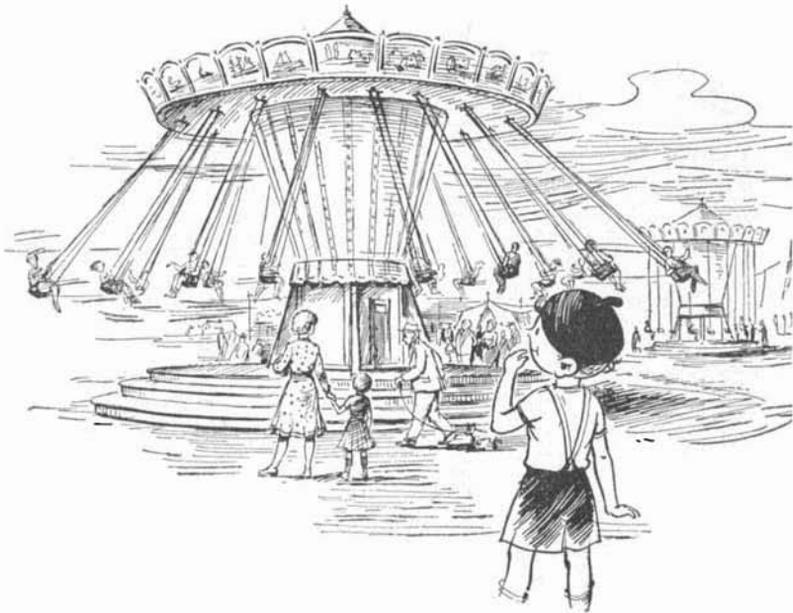
Geschwindigkeitsmesser  
am Armaturenbrett des Kraftwagens

Stunde an. Innerhalb einer Ortschaft fahren die Kraftwagen im allgemeinen mit einer mittleren Geschwindigkeit von 35 km/h, auf offener Landstraße mit 70 km/h und mehr. Die meisten in Kraftwagen üblichen Tachometer nutzen die Fliehkraft (Zentrifugalkraft) aus, um die Geschwindigkeit zu messen, und werden deshalb Fliehkrafttachometer genannt. Wir kennen alle die Fliehkraft. Sie zieht nach außen, wenn sich irgend etwas im Kreise dreht.

Sie wird auch beim Kettenkarussell ausgenutzt. Je schneller es sich dreht, um so mehr wird jeder Fahrgast nach außen und zugleich nach oben gezogen. Umgekehrt ist das Ausmaß, um das jeder einzelne Karussellfahrer samt der Kettenschaukel von der Fliehkraft nach außen gezogen wird, ein Maß für die Drehgeschwindigkeit des

Wirkungsweise  
des Fliehkrafttachometers,  
a) in Ruhe, b) in Fahrt





Karussells. In ähnlicher Weise wird beim Fliehkrafttachometer die Geschwindigkeit des Wagens ermittelt. Das Fliehkrafttachometer enthält eine drehbare Welle  $W$ , die mit der Radachse gekoppelt ist und sich um so rascher dreht, je schneller sich die Räder des Wagens drehen, also je größer die Fahrgeschwindigkeit ist. Um diese Welle ist ein eiserner Ring  $RR$  um eine Achse drehbar gelagert, die senkrecht auf der Wellenachse steht. Bei stehendem Wagen wird der Kreisring durch eine Schneckenfeder  $S$  derart gehalten, daß er mit der Welle einen spitzen Winkel  $\alpha$  (Alpha) bildet. Sobald der Wagen fährt, dreht sich die Welle  $W$  um ihre Achse. Je größer die Geschwindigkeit des Wagens ist, um so schneller dreht sich auch die Welle. An dem sich dabei mitdrehenden Kreisring  $RR$  greift die Fliehkraft  $Z_{\text{afl}}$ . Sie zieht nach außen und würde den Kreisring sofort in die waagerechte Lage bringen, wenn die Schneckenfeder  $S$  dem nicht

entgegenwirken würde. Je schneller der Wagen fährt und je stärker somit die Zentrifugalkraft ist, desto weitgehender kann die Haltekraft der Schneckenfeder von der Zentrifugalkraft überwunden werden und um so größer wird der Winkel  $\alpha$ . Die Schräglage des Kreisringes nähert sich immer mehr der waagerechten Lage. Diese Bewegung wird durch einen einfachen Mechanismus auf einen Zeiger übertragen, der auf einer Skala die jeweilige Fahrgeschwindigkeit anzeigt.

Im Fliehkrafttachometer wird also die Geschwindigkeit des Wagens durch die Wirkung der Zentrifugalkraft angezeigt.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

62. Welche Geschwindigkeit zeigt das Tachometer auf dem Bild an?
63. Wie verändert sich die Schräglage des Kreisringes RR, wenn der Wagen seine Geschwindigkeit verringert?
64. Ein Kraftwagen fährt mit einer Geschwindigkeit von 35 km/h. Welchen Weg legt er in einer Sekunde zurück?

## AUF DER POST

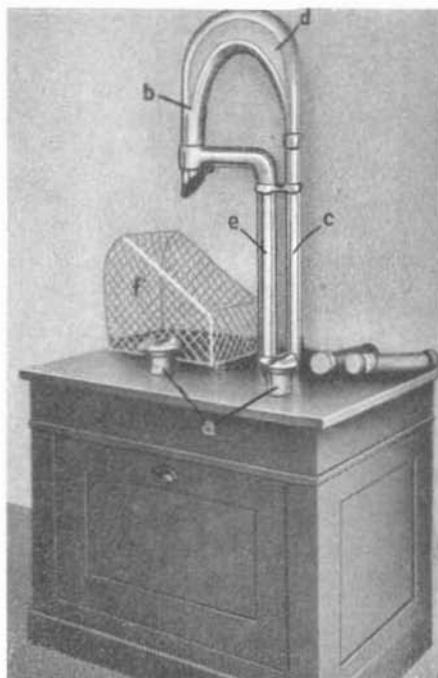
### Rohrpost

Rohrpostanlagen dienen zum schnellen Befördern von Schriftstücken, Briefen und Telegrammen. Eine Haus-Rohrpost gibt es in vielen großen Postscheckkämtern. Der Postscheckkunde gibt unten im Erdgeschoß seinen Scheck ab, der durch die Rohrpost rasch in

die oberen Stockwerke zur Kontroll- und Abrechnungsstelle gebracht wird. Durch Rohrpost kommt dann der geprüfte Scheck schnell zur Kasse ins Erdgeschoß zurück.

Bei solchen Anlagen werden die Schriftstücke in Stahl- oder Messingrohren von fünf bis acht Zentimeter Durchmesser befördert.

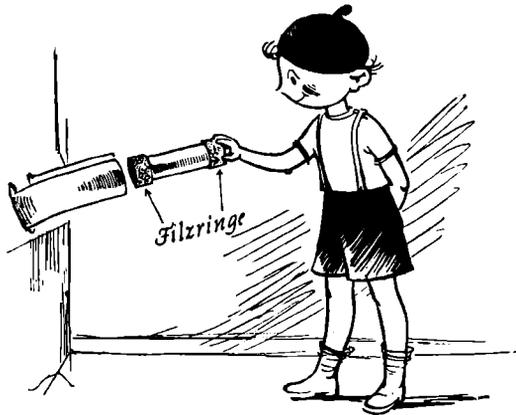
Meist sind die Rohrpoststationen mit einem Rohr zum Absenden und einem zweiten Rohr zum Empfang.



Station einer Hausrohrpostanlage:

- a) Druckluftsender
- b) Saugluftempfänger
- c) Anschluß für Fahrrohr
- d) Übergangsbogen
- e) Luftrohr zur Maschine
- f) Auffangkorb

Büchse für  
Rohrpostsendungen



fangen ausgestattet. Die Büchse aus Leichtmetall oder Kunststoff wird mit dem inliegenden Schriftstück im Rohr rasch von der Sendestation zur Empfangsstation bewegt.

Die Büchsen sind 10 bis 18 cm lang, haben einen Durchmesser von knapp 5 bis 8 cm und sind an ihren Enden mit je einer Filz- oder Ledermanschette versehen, die den Raum zwischen Büchse und Rohr luftdicht abschließt.

Sie werden in dem Rohr entweder durch Saugluft oder durch Druckluft bewegt. Bei Haus-Rohrpostanlagen wird meist Saugluft verwendet. Ist die Büchse in das Rohr eingesteckt, wird die Luft im Rohr durch Betätigen eines Druckknopfes oder auch automatisch abgesaugt. Im Rohr entsteht dadurch vor der Büchse ein luftverdünnter Raum von etwa  $\frac{1}{4}$  at. Die Außenluft dringt wegen ihres höheren Druckes von 1 at über die Sendeöffnung in das Rohr ein und schiebt die luftdicht eingesetzte Büchse vor sich her. In den Haus-Rohrpostanlagen erreicht sie eine Geschwindigkeit von 6 bis 8 m/s.

Die Luft wird durch ein Gebläse abgesaugt, das ein Elektromotor antreibt. Es arbeitet so ähnlich wie das Gebläse des Staubsaugers. An der Empfangsstation fällt die Büchse aus dem Rohr in einen Korb.

Rohrpostanlagen werden nicht nur innerhalb eines Hauses verwendet, sondern werden auch zur raschen Telegramm- und Briefbeförderung zwischen den Postämtern großer Städte benutzt. Vor dem Kriege waren in Berlin 89 Postämter durch Rohrpost miteinander verbunden. Die Gesamtlänge der Rohre dieses Netzes betrug 252 km.

In Paketrohrpostanlagen, deren Büchsen einen Durchmesser von etwa 20 cm haben und etwa 80 cm lang sind, können ganze Pakete von Eilbriefen befördert werden.

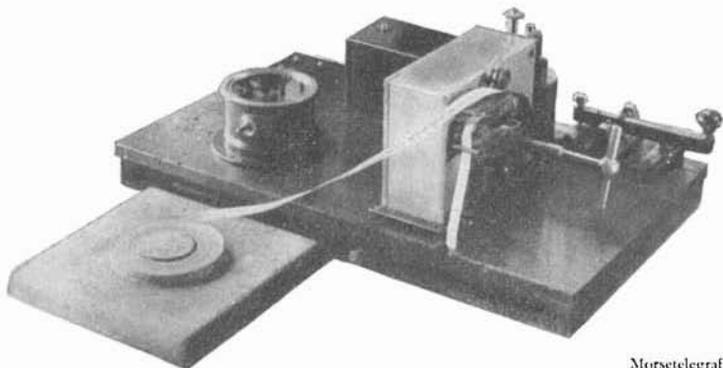
#### Zum Beobachten und Nachdenken

65. In einer Rohrpostanlage wird die Büchse mit einer Geschwindigkeit von 8 m/s bewegt. Wie hoch ist ihre Stundengeschwindigkeit?
66. In einem Saugluftrohr beträgt der Druck  $\frac{1}{4}$  at. Von welchem Druck wird die Büchse im Rohr bewegt?
67. Warum sind die Büchsen der Rohrpost mit Filzringen versehen?

#### Der Fernschreiber

Der nach seinem Erfinder Morse benannte Morsetelegraf ermöglicht es, Nachrichten durch den elektrischen Strom zu übermitteln, der in einer Drahtleitung von der Sendestation zur Empfangsstation fließt. Dazu wird das Morsealphabet verwendet, in dem jeweils eine besondere Zusammenstellung von Punkten und Strichen einen bestimmten Buchstaben oder eine bestimmte Ziffer bedeutet.

Auf der Empfangsstation entziffert der Postangestellte die Morsezeichen auf dem abrollenden Papierstreifen und schreibt den Klartext auf.



Morsetelegraf

Zum Geben der Morsezeichen in der Sendestation dient die Morsetaste. Soll ein Punkt gesendet werden, so wird die Taste nur ganz kurz niedergedrückt, beim Senden eines Striches dagegen etwas länger.

Bei jedem Niederdrücken der Taste fließt in der Drahtleitung zwischen Sende- und Empfangsstation ein Strom, der den Elektromagneten der Empfangsstation so lange magnetisch macht, wie der Strom fließt. Dabei wird der Eisenanker vom Elektromagneten angezogen und infolgedessen der Schreibstift gegen den vorbeirrollenden Papierstreifen gedrückt, auf den die Morsezeichen aufgeschrieben werden.

#### MORSEALPHABET

a	· —	i	· — · —	r	· — · — · —
ä	· — · —	j	· — · — · —	s	· — · — · —
b	— ·	k	— · —	t	— · — · —
c	— · — · —	l	— · — · —	u	— · — · — · —
ch	— · — · — · —	m	— · — · —	ü	— · — · — · — · —
d	— · — · —	n	— · — · —	v	— · — · — · — · —
e	— · —	o	— · — · — · —	w	— · — · — · — · —
f	— · — · —	ö	— · — · — · — · —	x	— · — · — · — · — · —
g	— · — · —	p	— · — · — · — · —	y	— · — · — · — · — · —
h	— · — · —	q	— · — · — · — · —	z	— · — · — · — · — · —



Fern-  
schreiber

Das Wort „Telegraf“ stammt aus dem Griechischen und bedeutet soviel wie „Fernschreiber“. Unter einem „Fernschreiber“ verstehen wir jedoch heute noch etwas anderes.

Der Fernschreiber sieht so ähnlich aus wie eine Schreibmaschine. Der aufzugebene Text wird ebenfalls auf ein Blatt Papier getippt. Gleich-

zeitig werden beim Niederdrücken einer jeden Taste bestimmte Stromstöße in die Drahtleitungen geschickt, die zum Empfänger gelangen. Jedem Buchstaben entspricht eine bestimmte Gruppierung von Stromstößen. Auf der Empfangsstation wird durch Stromstoßgruppierung, die dem Buchstaben A entspricht, die A-Taste niedergedrückt, so daß auf einem vorbeierollenden Papierstreifen oder auch auf einem Blatt Papier der Buchstabe A gedruckt wird. Der Fernschreiber schreibt das ankommende Telegramm also unmittelbar im Klartext maschinell nieder. Im gleichen Augenblick, in dem auf der Sendestation eine Taste niedergedrückt wird, erscheint der entsprechende Buchstabe gedruckt auf dem Papierstreifen der Empfangsstation. Der Mechanismus, der auf der Sendestation für jeden Buchstaben und jede Ziffer eine bestimmte Gruppe von Stromstößen auslöst und auf der Empfangsstation durch eine bestimmte Stromstoßgruppierung nur eine ganz bestimmte Taste zum Anschlag bringt, ist ein Musterbeispiel für elektromechanische Präzisionsarbeit.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

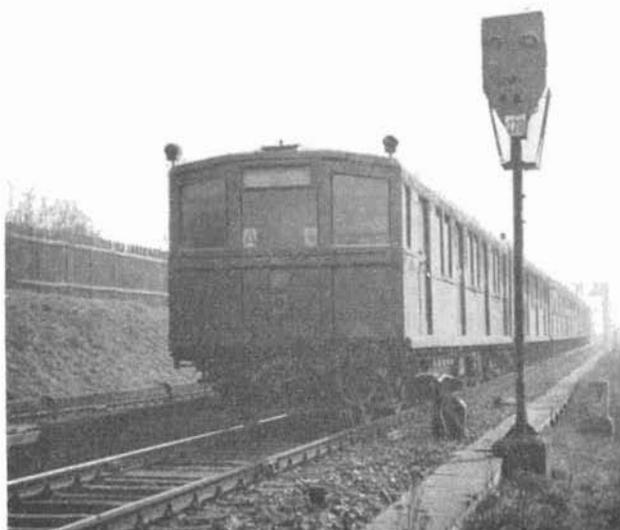
68. Was bedeuten die Morsezeichen: . . . . . ,  
— — — — — — — — — ?
69. Schreib deinen Namen in Morseschrift!
70. Was geht schneller, ein Morsetelegramm aufzugeben oder ein Fernschreiben?

## DIE S-BAHN

Wer schließt die Türen?

Die Berliner S-Bahn ist eine elektrisch betriebene Schnellbahn, deren Züge mit einer Höchstgeschwindigkeit von 60 bis 80 km/h und mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 40 bis 50 km/h die Stadt in regelmäßigen Zeitabständen durchziehen.

Berlin umfaßt eine Fläche von etwa 880 km<sup>2</sup>, das ist ein Quadrat von nicht ganz 30 km Seitenlänge. Wenn man da von einem Stadtteil zum anderen gelangen will, müßte man oft viele Stunden laufen, wenn die S-Bahn nicht wäre.



Zug der  
Berliner  
S-Bahn

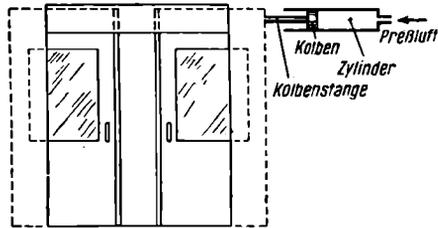
Der Schienenstrang und die Bahnhöfe der S-Bahn liegen teils zu ebener Erde, teils auf Mauerwerken oder eisernen Gerüsten über der Straße (Hochbahn-Strecke) und zu einem erheblichen Teil auch in Tunnels unter der Erde (Untergrund-Strecken).

Im Mittelpunkt des Berliner S-Bahn-Netzes liegt der zentrale große Bahnhof von Berlin, der Bahnhof „Friedrichstraße“. Hier kreuzt sich die Ost-West-Bahn, die der Berliner „Stadtbahn“ nennt, mit der Nord-Süd-Bahn, die von den Berlinern scherzhaft „Kellerbahn“ genannt wird, weil ein großer Teil dieser Strecke unterirdisch verläuft. Die Ringbahn umkreist von Ostkreuz über Gesundbrunnen, Westkreuz und Papestraße den inneren Teil der Stadt.

Außer der S-Bahn gibt es in Berlin noch die U-Bahn, die Untergrundbahn. Der Name ist insofern nicht ganz richtig, als die U-Bahn — ebenso wie die S-Bahn — auch nur zum Teil unter der Erde fährt. Das U-Bahn-Netz verläuft im wesentlichen nur im Zentrum der Stadt, während das Netz der S-Bahn weit hinaus bis an den Rand der Stadt und in die Vororte reicht.

Wenn wir zum ersten Male in einem S-Bahnhof einen Zug herabrauschen sehen, fällt uns auf, daß er mit viel höherer Geschwindigkeit in den Bahnhof einfährt als Eisenbahnzüge. Der Bremsweg, auf dem ein S-Bahn-Zug zum Stehen kommt, ist viel kürzer als bei der Eisenbahn. Kaum hat der Zug gehalten, da ruft es schon aus den Lautsprechern des Bahnsteiges: „Beim Ein- und Aussteigen bitte beeilen!“ Alles geht in Eile! Sobald der Fahrdienstleiter dann den Befehlsstab hebt und das grüne Licht aufleuchten läßt, schließen sich die Doppelschiebetüren der S-Bahn-Wagen von selbst. Wer gerade noch eingestiegen ist, muß aufpassen, daß er nicht eingeklemmt wird. Damit niemand verletzt wird, sind die Verschußleisten der beiden Türhälften mit dicken Gummipolstern belegt. Wenn man dann im S-Bahn-Abteil an der verschlossenen Tür steht und den Türrahmen auf Einrichtungen absucht, die das selbsttätige Schließen der Türen bewirken, so kann man kaum etwas entdecken. Wie von unsichtbarer Hand bewegt, schließen sich auf jeder Station bei Abfahrt des Zuges die

Abteiltüren. Rechts oben neben der rechten Türhälfte liegt unter der Wandverkleidung das Geheimnis. Dort ist ein Zylinder eingebaut, in dem sich ein Kolben mit Kolbenstange bewegen kann. Sobald das Abfahrtssignal gegeben ist,



Türschließanlage der S-Bahn

wird in den Zylinder Druckluft von etwa drei at Überdruck eingeleitet. Sie bewegt den Kolben und damit auch die Kolbenstange, die wiederum gegen den äußeren Rand der rechten Türhälfte drückt und sie zuschiebt. Durch eine Kettenübertragung wird gleichzeitig die linke Türhälfte geschlossen. Nach etwa 20 s ist so viel Druckluft aus dem Zylinder entwichen, daß darin kein Überdruck mehr herrscht. Infolgedessen läßt sich die Schiebetür beim nächsten Halten des Zuges leicht öffnen. Dabei werden Kolben und Kolbenstange nach rechts geschoben. Man sagt bei so einer Anlage auch: Die Türen werden pneumatisch geschlossen. Die Druckluft wird in elektrisch angetriebenen Luftverdichtern (Kompressoren) erzeugt, die sich ebenso wie Druckluftbehälter unter den Triebwagen befinden. Durch den gesamten Zug läuft eine Rohrleitung für Druckluft. Zwischen je zwei Wagen sehen wir Gummischläuche. Sie verbinden die Druckluftrohre von einem Wagen zum anderen. Sobald das Abfahrtssignal gegeben ist, öffnet der Zugführer elektrisch die Ventile, die der Druckluft den Weg von der Druckluftleitung zu dem Zylinder freigeben.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

71. Beobachte einen Schweißer bei seiner Arbeit mit Azetylen und Sauerstoff. Laß dir den Zweck der beiden Manometer an der Sauerstoffflasche erklären! Welcher Druck herrscht in der frisch

- gefüllten Sauerstoffflasche? Unter welchem Druck läßt der Schweißer durch geeignete Einstellung des Druckminderventils den Sauerstoff in den Schweißbrenner einströmen?
72. Der mittlere Überdruck im Fahrradreifen beträgt 2,5 at. Mit welcher Kraft drückt die eingepreßte Luft auf jeden  $\text{cm}^2$  des Reifens?
73. Wo wird die Druckluft in der Technik noch angewendet?

### Stromleitung

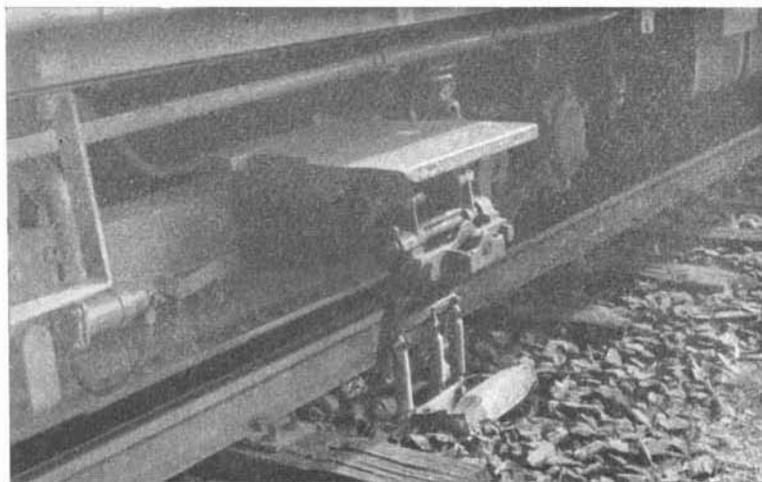
Während bei der Straßenbahn der stromführende Fahrdraht hoch über den Schienen und über den Wagen hängt, verläuft die Stromschiene der S-Bahn dicht neben den Gleisen, etwa 50 cm über dem Erdboden.

Die Fahrstromspannung der Straßenbahn liegt meist etwa bei 500 V. Die Stromstärke, die aus dem Fahrdraht zum Betrieb der Elektromotoren des Triebwagens entnommen wird, beträgt beim Anfahren etwa 150 A. Für diese Stromzufuhr genügt ein Fahrdraht von kleinem Durchmesser.

Die S-Bahn-Triebwagen dagegen brauchen Stromstärken von mehreren Hundert bis etwa 2000 A. Für diese gewaltigen Ströme ist eine starke Stromschiene erforderlich.

Wir können sie im allgemeinen nicht sehen, weil sie von einem unten offenen Holzkasten überdeckt ist. Die Holzverkleidung dient hier als Berührungsschutz. Die Stromschiene führt eine lebensgefährliche elektrische Gleichspannung von 800 V. Sie wird von gekrümmten stählernen Bügeln getragen, die in einem Abstand von etwa vier Metern stehen. Die Schiene selbst liegt in Porzellanisolatoren.

Am vorderen Teil des Triebwagens ragt unterhalb des Führerstandes ein Bügel heraus, der einen metallenen Schleifschuh an die untere Fläche der Stromschiene drückt und den Strom von der Schiene



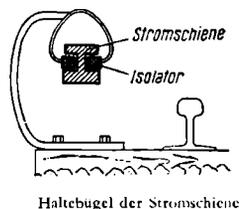
Mit dem an der unteren Fläche der Stromschiene entlanggleitenden Schleifschuh wird der Strom für den Elektromotor des Triebwagens entnommen



Dicht neben dem Schienenstrang der S-Bahn verläuft erhöht die Stromschiene

abnimmt, der den Elektromotoren des Triebwagens zugeleitet wird. Während der Fahrt gleitet der Schleifschuh an der Stromschiene entlang.

Jeder Gleichstrommotor wird bei Inbetriebnahme im allgemeinen durch zwei Leitungen mit den beiden elektrischen Polen des Gleichstromnetzes verbunden. In der einen Leitung fließt der elektrische Strom in den Elektromotor hinein, über die andere fließt er ab. Bei der Straßenbahn und bei der S-Bahn leiten die Fahr-schienen den Strom zurück.



#### Zum Beobachten und Nachdenken

74. Wird der Strom am Fahrdrabt der Straßenbahn durch einen Schleifkontakt abgenommen?
75. Warum muß der Durchmesser einer elektrischen Leitung desto größer sein, je stärker der durchgeleitete Strom ist?
76. Worauf beruht die Wirkung der elektrischen Sicherungen im Haushalt?

#### Leuchtstofflampen

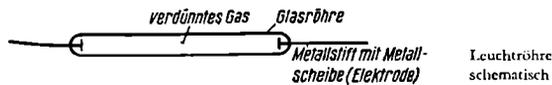
Abends, wenn es dunkel wird oder wenn die S-Bahn in einen Tunnel oder eine Untergrundstrecke einfährt, leuchtet taghelles Licht im Abteil auf. An der Decke sind stabförmige Glasröhren von etwa 50 cm Länge angebracht. Betrachten wir die Röhren, so sehen wir keine glühenden Metallfäden wie bei einer elektrischen Glühlampe. Hier leuchtet der gesamte Innenraum der Röhre durch ein Gas, das

zum Glühen gebracht wird. Meist bemerken wir in der Röhre einige Kügelchen von flüssigem Metall, Quecksilber. Durch die Erschütterung während der Fahrt rollen diese Kügelchen hin und her.

Bunt leuchtende Glasröhren werden für Reklamezwecke verwendet. Sie sind zu Buchstaben oder Reklamezeichen geformt, so daß dann abends in den Straßen der Großstadt Namen von Betrieben oder Fabrikaten in bunten Farben aufleuchten. Diese gläsernen Leuchtröhren sind mit Edelgasen, wie Neon, Argon, Helium, oder auch mit Wasserstoff, Stickstoff, Kohlendioxyd von geringem Druck gefüllt.

Wie stellt man Leuchtröhren her?

Sie werden zunächst völlig luftleer gepumpt. Dann wird so wenig Gas eingefüllt, daß der Druck des Gases im Rohr nur etwa 3 mm gegenüber dem normalen Luftdruck von 760 mm beträgt. An den



beiden Enden der Röhre ist als Elektrode je ein Metallstift luftdicht in das Glas eingeschmolzen, der eine kleine Metallscheibe trägt. Wird an die beiden Metallstifte eine Hochspannung von etwa 6000 V gelegt, so fließt durch das verdünnte Gas ein elektrischer Strom, der das Gas zum farbigen Aufleuchten bringt.

Dieses Aufleuchten beruht darauf, daß kleinste negative Elektrizitätsteilchen (Elektronen) im Entladungsraum vom Pluspol angezogen werden und dabei eine so große Geschwindigkeit erlangen, daß sie wie Wurfgeschosse auf die Gasatome wirken, denen sie begegnen. Durch diese „Elektronenstöße“ werden die Gasatome zum Ausstrahlen von farbigem Licht angeregt. Gleichzeitig werden aus den Atomen Elektronen frei, die wieder vom Pluspol angezogen werden. Die jeweils auftretende Farbe ist von dem verwendeten Gas abhängig. Leuchtröhren, die mit dem Edelgas Neon gefüllt sind, ergeben rotes Licht. Oft enthalten die Leuchtröhren einige Tropfen Quecksilber, das infolge der Wärmewirkung des Entladungsstromes Quecksilber-

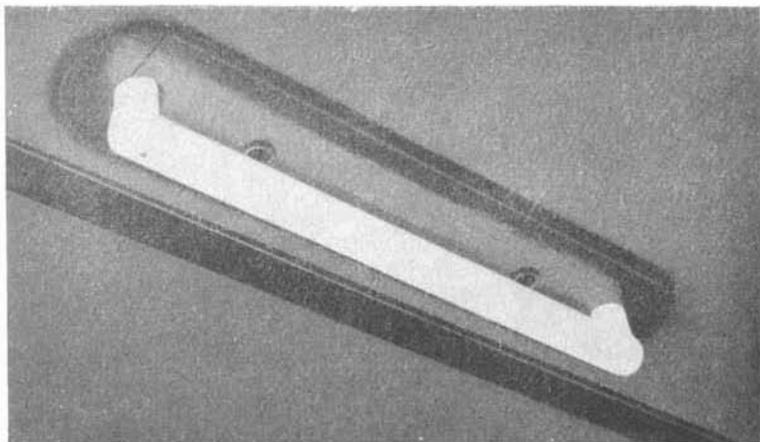
dampf abgibt, der sich dem Gas beimischt. Auch der Quecksilberdampf wird durch die elektrische Entladung zum Leuchten gebracht und beeinflusst dadurch die Farbe im Entladungsrohr.

Zur Raumbelichtung sind solche Leuchtröhren im allgemeinen nicht geeignet, weil sie meist kein weißes Licht ausstrahlen und keine ausreichende Helligkeit ergeben. Außerdem müssen sie mit Hochspannung gespeist werden, die man im Zimmer aus Sicherheitsgründen nicht anwenden kann.

Ausgehend von diesen Leuchtröhren wurden die sogenannten Leuchtstoffröhren oder Leuchtstofflampen entwickelt, die heute in der S-Bahn, in der Straßenbahn, in vielen Betrieben, Arbeitsräumen und auch in Wohnungen als Lichtquelle dienen. Die Leuchtstofflampen sind die Lichtquellen der Zukunft, sie werden mit der üblichen Netzspannung von 220 V betrieben, liefern weißes Licht und haben einen besseren Wirkungsgrad als Glühlampen.

Warum heißen diese Lampen *Leuchtstofflampen* oder *Leuchtstoffröhren*? Auf ihrer Innenwand sind bestimmte Chemikalien (Sulfide, Borate, Silikate) aufgestrichen, die zu leuchten beginnen, wenn sie von ultraviolettem Licht getroffen werden. In den Leuchtstoffröhren und Leuchtstofflampen entsteht durch die elektrische Entladung, ebenso wie in der künstlichen Höhensonne, viel ultraviolettes Licht. Es ist unsichtbar und hat die Eigenschaft, unsere Haut rasch zu bräunen. Wenn das bei der Entladung in der Leuchtstofflampe entstehende ultraviolette Licht die Leuchtstoffschicht auf der Glasinnenwand trifft, leuchtet diese hell auf. Die Leuchtstoffe verwandeln also unsichtbares Licht in sichtbares Licht. Dadurch wird die Helligkeit der Lampe gesteigert.

Würde man unmittelbar an die beiden Elektroden einer Leuchtstoffröhre die übliche Netzspannung von 220 V legen, so würde die Lampe nicht zünden, weil hierzu eine weit höhere Spannung erforderlich ist. Man muß durch eine besondere Einrichtung dafür sorgen, daß eine Zündspannung vorliegt, die weit höher ist als die Spannung des Lichtnetzes von 220 V.



Leuchtstofflampen im S-Bahn-Abteil



Um eine ausreichend große Stromstärke in der Lampe zu erzielen, muß ferner dafür gesorgt werden, daß im Augenblick des Einschaltens des Entladungsstromes viele Elektronen für die Elektronenstöße auf die Gasatome vorhanden sind.

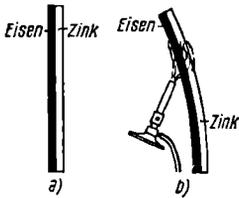
Diese beiden Notwendigkeiten werden in der neuzeitlichen Leuchtstofflampe durch eine überaus sinnreiche Einrichtung erfüllt.

Hierbei wird ein Bimetallstreifen benutzt. Darunter versteht man zwei aufeinandergelötete Metallstreifen, von denen der eine aus Eisen, der andere aus Zink besteht. Wird ein solcher Bimetallstreifen erwärmt, biegt er sich nach der Seite des Eisens durch, weil sich Zink in der Wärme stärker ausdehnt als Eisen. Kühlt der Streifen ab, so nimmt er seine ursprüngliche Form an. Diese Eigenschaft kann zum automatischen Ein- und Ausschalten eines Stromes verwendet werden.

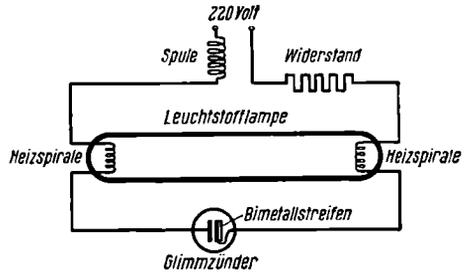
Für die Zündspannung sorgt der Glimmzünder, ein kleiner Glaskolben, der mit verdünntem Edelgas gefüllt ist und zwei Elektroden enthält.

Die eine Elektrode des Glimmzünders ist ein Bimetallstreifen.

Sobald die Leuchtstofflampe an das Lichtnetz angeschlossen wird, liegen sowohl an den Elektroden der Lampe selbst als auch an den Elektroden des Glimmzünders 220 V. Diese Spannung reicht aber nicht aus, um die Leuchtstoffröhre zu zünden. In der Glimmröhre jedoch, deren Elektroden dicht nebeneinander stehen, ist sofort eine glimmende, schwach leuchtende Gasentladung zu beobachten. Bei dieser Gasentladung werden die beiden Elektroden des Glimmzünders erwärmt. Infolgedessen biegt sich der Bimetallstreifen nach kurzer Zeit nach links und berührt die linke Elektrode des Glimmzünders. Während bisher nur ein sehr schwacher Strom durch den Glimmzünder floß, weil seine Entladungsstrecke dem Strom einen großen Widerstand bietet, ist jetzt die Entladungsstrecke kurzgeschlossen. Der Glimmzünder verlischt, und es fließt ein kräftiger Strom. Dieser Strom fließt auch durch die beiden Wolframdrähte, die als Elektroden in die Leuchtstoffröhre ein-



a) Ein Bimetallstreifen aus Zink und Eisen, b) biegt sich beim Erwärmen nach der Seite des Eisens



Schaltung der Leuchtstofflampe

geschmolzen sind, und bringt sie zum Glühen. Die Wolframdrähte sind, ähnlich wie die Glühdrähte in Radoröhren, mit bestimmten Oxyden (Sauerstoffverbindungen) belegt, die bei Erwärmung Elektronen abgeben. Damit ist die eine Voraussetzung für das Zustandekommen eines Entladestromes in der Leuchtstofflampe erfüllt. Durch den starken Strom wird zugleich die im Stromkreis liegende Spule stark magnetisch.

Da die beiden Elektroden des Glimmzünders jetzt kurzgeschlossen sind, findet dort keine Glimmentladung mehr statt, durch die ja der Bimetallstreifen erwärmt und ausgebogen wurde. Dadurch kühlt er sich rasch wieder ab und biegt sich in seine alte Lage zurück, wobei er den starken Strom plötzlich unterbricht. Es verschwindet auch sofort der Magnetismus in der im Stromkreis eingebauten Spule. Dadurch wird, ähnlich wie beim Wegbewegen eines Magneten, in der Spule und im gesamten Stromkreis ein Induktionsstrom von wesentlich höherer Spannung als 220 V erzeugt. Dieser „Induktionsstoß“ zündet die Leuchtstofflampe. Der gesamte Zündungsvorgang dauert nur wenige Sekunden. Sobald die Lampe gezündet ist, sinkt die Spannung zwischen den Elektroden der Leuchtstoffröhre auf etwa 110 V ab. Der Glimmzünder, der erst bei 220 V anspringt, ist also jetzt nicht mehr in Betrieb, und die Elektroden der Leuchtstofflampe werden auch nicht mehr beheizt. Einmal gezündet, brennt die Leuchtstofflampe selbständig weiter.

Mit dem Bimetallstreifen des Glimmzünders wird also ein kurzes, kräftiges Aufheizen der Elektroden der Leuchtstofflampe und das anschließende Auslösen einer Induktionsspannung bewirkt. Sie ist wesentlich höher als die verwendete Betriebsspannung und zündet daher die Leuchtstofflampe.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

77. Beobachte, wieviel Sekunden nach dem Einschalten eine Leuchtstofflampe aufleuchtet!
78. Welche Aufgabe erfüllt der Glimmzünder?
79. Welchen Zweck hat die im Stromkreis eingeschaltete Spule?

.

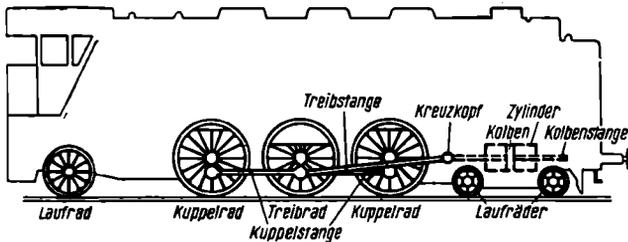
## BEI DER EISENBAHN

### Wie die Lok zieht

In der Feuerbüchse der Lokomotive wird aus der chemischen Energie, der Kohle, zunächst Wärmeenergie gewonnen. Mit dieser Wärmeenergie wird im Kessel Wasser unter Druck erhitzt. Bei einem Überdruck von beispielsweise 14 at siedet das Wasser erst bei 194° C. Der entstehende Dampf wird in sogenannten Überhitzerrohren weiter erwärmt, so daß er mit großem Druck in den Zylinder einströmt. Eine selbsttätige Steuerung leitet ihn abwechselnd recht und links vom Kolben in den Zylinder, während jeweils der Zylinderraum jenseits des Kolbens mit der Außenluft verbunden ist. Durch die Kraft des sich entspannenden und dabei ausdehnenden Dampfes wird der Kolben im Zylinder hin- und herbewegt.

Im Kreuzkopf, am Gelenk, ist die Treibstange eingehängt. Sie überträgt die Kraft der Kolbenstange auf das Treibrad. Durch zwei Kuppelstangen sind zwei Kuppelräder mit dem Treibrad verbunden, so daß auf jeder Seite der Lok die bewegende Kraft auf drei Räder (1 Treibrad, 2 Kuppelräder) übertragen wird. Die Laufräder werden nicht angetrieben.

Die Leistung der meist gebrauchten Personen- und Schnellzuglokomotiven beträgt 1700 PS. Es gibt aber auch Lokomotiven, die eine Leistung von 2500 PS haben. Bildlich gesprochen bedeutet das etwa: Eine solche Lokomotive kann soviel leisten wie 2500 vor den Zug gespannte Pferde. Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß ein Pferd auf die Dauer gar nicht die Leistung von einer Pferdestärke aufbringen kann. Eine Maschine leistet 1 PS, wenn sie in einer Sekunde 75 kpm Arbeit verrichtet. Wir erkennen an der genannten Leistungszahl der Lokomotive, welchen großen technischen Fortschritt sie für uns bedeutet.



Diese Lok hat (auf beiden Seiten gerechnet) 6 Laufräder, 2 Treibräder und 4 Kuppelräder

Eine Personen- oder Schnellzuglokomotive wiegt im Durchschnitt etwa 160 t, ein Personenwagen dagegen etwa nur 25 t.

Warum sind eigentlich Lokomotiven so schwer? Das gewaltige Gewicht ergibt sich nicht nur zwangsläufig aus ihrem stählernen Bau, der allen Festigkeitsansprüchen der Krafterzeugung und -übertragung gewachsen sein muß.

Es gibt Aluminiumlegierungen und Kunststoffe, die der Festigkeit und Härte des Stahls sehr nahekommen und dabei viel leichter sind als Stahl. Ob man diese Stoffe nicht zum Bau von leichten Lokomotiven verwenden könnte? Nein, das geht nicht. Eine solche Lokomotive könnte trotz gleicher Dampfkraft den Zug nicht fortbewegen. Die Maschine muß so schwer sein, sonst kommt sie mit angehängtem Zug nicht vom Fleck. Warum?

Vielleicht hat der eine oder andere schon einmal folgendes erlebt: Bei einer Eisenbahnfahrt an einem besonders kalten Wintertag hat der Zug auf irgendeiner kleinen Station gehalten. Fahrplanmäßig will der Lokführer weiterfahren, gibt Dampf, aber die Lok zieht nicht an. Die Treib- und Kuppelräder der Lok drehen sich wohl, rutschen aber auf den Schienen durch, so daß die Lokomotive nicht von der Stelle kommt. Die Schienen sind vereist; da kommt die Lok trotz aller Dampfkraft nicht vorwärts. Zum Fortbewegen der Lokomotive ist nicht nur eine entsprechende Antriebskraft, sondern auch eine große Haftreibung der Treib- und Kuppelräder auf den Schienen notwendig.

Diese Räder dürfen auf den Schienen nicht durchrutschen. Den Lauf-  
rädern der Lokomotive und den Rädern der angehängten Wagen  
schadet das Glatteis auf den Schienen keineswegs. Im Gegenteil, die  
Reibung dieser lediglich rollenden Räder ist auf den vereisten  
Schienen geringer, und dadurch wird die Fortbewegung der Wagen  
erleichtert. Bei den Treib- und Kuppelrädern jedoch sieht das anders  
aus. Mit diesen Rädern stemmt sich die Lok auf den Schienen ab.  
Während sich die Laufräder und die Räder der Waggonen nur infolge  
der Vorwärtsbewegung des Zuges drehen, werden Treib- und Kup-  
pelräder durch die Dampfkraft angetrieben. Hebt eine aufgezo-  
gene Spielzeuglokomotive vom Gleis ab, die Treib- und Kuppelräder drehen  
sich durch Federkraft weiter, die Laufräder aber bleiben stehen.  
Wenn die Haftreibung der Treib- und Kuppelräder der Lok auf der  
Schiene zu gering ist, rutschen diese Räder durch und gleiten auf der  
Schiene.

Für solche Fälle von Glatteis ist auf der Lokomotive ein Sandstreuer  
eingebaut. Der Lokführer läßt dann vor die Treib- und Kuppelräder  
Sand auf die Schienen rieseln. Dadurch wird die Haftreibung erhöht,  
so daß die Räder nicht mehr auf den Schienen durchrutschen.

Damit die Lokomotive einen Zug vorwärts bewegen kann, ist also  
nicht nur eine große Antriebskraft, sondern auch eine gute Haft-  
reibung der Treib- und Kuppelräder auf der Schiene notwendig. Sie  
ist abhängig vom Material der Schiene und des Rades und vom  
Gewicht der Lokomotive. Je schwerer eine Maschine ist, desto gerin-  
ger ist die Möglichkeit, daß die Treib- und Kuppelräder durch-  
rutschen. Falls es überhaupt möglich sein sollte, eine Lokomotive aus  
stahlhartem Leichtmetall zu konstruieren, wäre sie nicht brauchbar,  
weil sie zu leicht ist und infolgedessen ihre Haftreibung nicht aus-  
reicht. Während wir die Reibung im allgemeinen als eine Kraft  
kennenzulernen, die der Antriebskraft entgegenwirkt, ist aber für Loko-  
motiven und Kraftwagen eine ausreichende große Haftreibung der  
Treibräder auf Schienen oder Fahrbahnen unbedingt erforderlich.  
Die Reibung hemmt einerseits, macht aber andererseits den Selbst-

antrieb von Fahrzeugen erst möglich. Auch wir können nur laufen, wenn die Reibung auf der Gehfläche genügend groß ist. Auf einer spiegelglatten Eisfläche kommen wir kaum vorwärts, weil unsere Füße darauf wegrutschen.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

80. Wieviel kg wiegt eine Lok von 160 t?
81. Wird bei Glatteis auch Sand vor die Laufräder der Lok gestreut?
82. Wozu dient Schmieröl?
83. Warum wird bei Kraftübertragungen durch Riemenscheiben die Innenseite des Riemens mit Riemenwachs bestrichen?
84. Wer ist der Erfinder der Dampfmaschine?
85. Wer baute die erste Lokomotive?

#### Die Notbremse

Die Notbremsen in den Eisenbahnzügen sind für Fälle höchster Gefahr bestimmt. Jeder Reisende kann damit den Zug zum Halten bringen.

Ihr Handgriff ist plombiert. Ein dünner Draht, durch eine kleine Bleiplombe verschlossen, sichert den Griff, damit er nicht aus Versehen benutzt wird. Erst durch kräftiges Ziehen am Handgriff reißt die Plombe und gibt dann die weitere Bewegung des Handgriffes frei. Ist die Notbremse gezogen, legen sich sofort alle Bremsbacken an die Räder, so daß der Zug nach kurzer Zeit zum Stehen kommt. Die Notbremsen sind in das normale Bremssystem des Zuges eingeschaltet. Sie ermöglichen dem Reisenden, den Zug in gleicher Weise zu bremsen wie der Lokomotivführer, wenn er den Zug in einer Station oder vor einem gesperrten Signal anhalten muß.



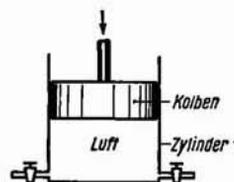
Notbremse im Eisenbahnabteil

Zum Anlegen der Bremsbacken an die vielen Räder des Zuges einschließlich der Lokomotive ist eine große Kraft erforderlich. Diese Kraft wird durch zusammengepreßte Luft ausgeübt, die durch Rohre zu allen Bremsen gelangt. Die Kraft wird auch hier wie bei den selbstschließenden S-Bahn-Türen pneumatisch übertragen.

Auf der Lok ist eine mit Dampfkraft betriebene kleine Maschine zum Verdichten von Luft eingebaut, ein Kompressor. In seinem Zylinder wird Luft komprimiert, das heißt zusammengedrückt.

Mit wuchtigem Schlag drückt der im Zylinder des Kompressors niederstoßende stählerne Kolben auf das Luftpolster und preßt die Luft auf einen Druck von etwa 5 at zusammen. Die dabei gewonnene Druckluft wird über ein Ventil in einen Behälter geleitet. Bei dem folgenden Anheben des Kolbens gelangt über ein anderes Ventil neue Luft in den Zylinder, die wieder zusammengepreßt wird.

Vom Druckluftgefäß erstreckt sich durch den ganzen Zug eine Rohr-



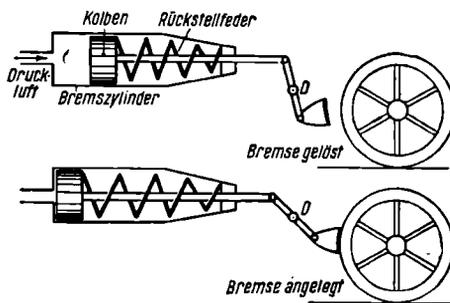
Zylinder des Kompressors schematisch

leitung. Die Druckluftrohre der einzelnen Wagen sind durch druckfeste Schläuche, sogenannte Bremsschläuche, miteinander verbunden, die man zwischen je zwei Wagen hängen sieht.



Die Druckluftleitung für die Bremsen läuft durch den ganzen Zug

Unter jedem Wagen und auch unter der Lok befinden sich Bremszylinder, die an die Druckluftleitung angeschlossen sind.



Bremszylinder schematisch

Läßt der Lokführer in die Bremszylinder Druckluft ein, so wird der Kolben im Zylinder nach rechts geschoben und dabei eine Stahlfeder, die Rückstellfeder, zusammengedrückt. So wird die Bremsbacke durch einen um D drehbaren Hebel vom Rad abgehoben. Während der Fahrt des Zuges sind also alle Bremszylinder sowie die gesamte Rohrleitung mit Druckluft gefüllt, die alle Bremsen löst. Will der Lokführer bremsen, so läßt er durch ein Ventil Druckluft aus der Rohrleitung ausströmen. Infolgedessen entspannt sich die Rückstellfeder in dem Bremszylinder, bewegt den Kolben nach links und legt dabei die Bremsbacke mehr oder weniger fest an die Räder. Nach dem Halten des Zuges wird vor dem Weiterfahren wieder Druckluft eingelassen, so daß der Kolben in dem Bremszylinder wieder nach rechts bewegt wird und dabei die Bremsen löst.

Wenn wir am Handgriff der Notbremse ziehen, öffnen wir über ein Drahtseil, mit dem der Handgriff verbunden ist, ein unter dem Wagen befindliches Ventil der Druckluftleitung. Dadurch kann die Luft ebenfalls entweichen, und die Bremsbacken werden an die Räder gepreßt.

Ist der Zwischenfall, der einen Reisenden zum Ziehen der Notbremse veranlaßte, behoben, so muß zunächst das mit der Notbremse geöffnete Ventil wieder geschlossen werden. Dann gibt der Lokführer Druck auf die Bremszylinder, löst damit die Bremsen, und der Zug kann weiterfahren.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

86. Warum hängen zwischen zwei Wagen eines Personenzuges zwei Schläuche?
87. Welcher Druck herrscht in der Druckluftleitung, wenn die Bremsen fest angezogen sind?
88. Welcher Druck herrscht in der Druckluftleitung, wenn die Bremsen gelöst sind?

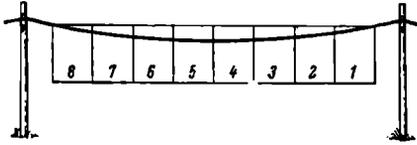
#### Am Abteilfenster

Beim Blick aus dem Fenster des Eisenbahnabteils hat jeder von uns schon bei voller Fahrt des Zuges das lustige Spiel der Telegrafendrähte beobachtet, die längs der Strecke auf Masten gespannt sind. Sie steigen langsam im Blickfeld, bis ein Mast vorüberhuscht, dann senken sie sich und steigen wieder bis zum nächsten Mast. Diese Drähte sind nicht geradlinig von Mast zu Mast gespannt, sondern hängen in der Mitte etwas durch, wie eine nur locker aufgehängte Wäscheleine. Das ist notwendig, weil sich die Drähte in der Winterkälte zusammenziehen und straffen. Hätte man sie schon beim Bau der Leitung im Sommer straff gespannt, so würden sie im Winter reißen. Wenn wir an solchen durchhängenden Drähten vorüberfahren, so erscheint das jeweils sichtbare Drahtstück in verschiedener Höhe des Fensterrahmens.



Im Rahmen des Abteiffensters tanzen die Telegrafendrähte auf und nieder

Die Zeichnung zeigt uns den Draht in verschiedenen Lagen vor dem Abteiffenster. Im Kästchen 4 liegt das gesehene Drahtstück tiefer im Fensterrahmen als im Kästchen 1. Da der Telegrafendraht dünn ist und wir einige Meter von ihm entfernt sind, können wir keine Einzelheiten der Drahtoberfläche erkennen. So merken wir nicht, daß wir nacheinander verschieden hoch hängende Teilstücke des Drahtes sehen, die sich meist pechschwarz gegen den Hintergrund abheben. Wir haben den Eindruck, als ob sich ein und dasselbe Drahtstück im Rahmen des Fensters senkt und hebt. Immer wieder beobachten wir gern dieses scheinbare Spiel der Telegrafendrähte vor dem Fenster. Unsere größte Aufmerksamkeit widmen wir natürlich beim Blick aus dem Abteiffenster der vorbeihuschenden Landschaft. Da erscheinen

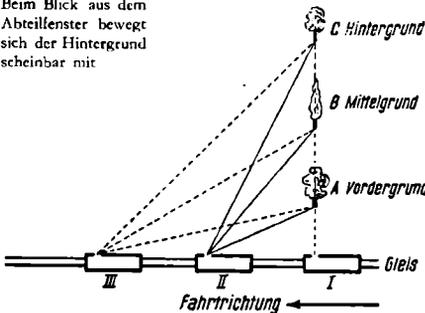


Während der Fahrt sehen wir immer ein anderes Stück des durchhängenden Drahtes. Die Ziffern kennzeichnen die verschiedenen Stellungen des Abteifensers

am linken Fensterrand Gebüsch, Häuser, auf dem Feldearbeitende Menschen, Bäume einer Landstraße im Hintergrund. All das Gesehene bewegt sich im Blickfeld der Fenster zum Beispiel von links nach

rechts und verschwindet dann am rechten Fensterrand aus unserer Sicht. Dabei fällt uns etwas auf. Beobachtet einmal genau den Vordergrund, den Mittelgrund und den Hintergrund der Landschaft. Alle Gegenstände des Vordergrundes wandern rasch durch das vom Fensterrahmen begrenzte Blickfeld. Demgegenüber haben wir aber manchmal den Eindruck, daß der Mittelgrund sich in der Fahrtrichtung mitbewegt. Der Hintergrund, vielleicht eine Pappelallee am Horizont, scheint sich sogar noch schneller mit uns vorwärts zu bewegen. Und wenn wir im abendlichen Dunkel bei Vollmond durch das Abteifenster blicken, so huscht wohl die gerade noch sichtbare Landschaft rasch vorbei, aber wir haben den Eindruck, als ob die Mondscheibe mit der gleichen Geschwindigkeit wie der Zug in Fahrtrichtung wandert. Hält der Zug, steht auch der Mond. Fährt er weiter, fliegt scheinbar der Mond wieder mit. Wie entstehen diese Täuschungen?

Beim Blick aus dem Abteifenster bewegt sich der Hintergrund scheinbar mit



unser Wagen in der Stellung I, so sehen wir die drei Bäume A, B, C hintereinander. Bei II sehen wir B links von A und C links von B. Im fahrenden Zug wird uns wohl bewußt, daß wir an dem im Vordergrund stehenden Baum A vorbeifahren, denn er ver-

schwindet aus unserem Blickfeld. Da B jetzt links von A erscheint, haben wir den Eindruck, daß B sich gegenüber A in Fahrtrichtung vorwärts bewegt. Noch schneller scheint C gegenüber B vorwärts zu eilen. Diese Sinnestäuschung tritt nur auf, wenn wir unser Augenmerk auf B richten, diesen Baum als „Bezugspunkt“ nehmen und dabei fälschlicherweise als ruhend betrachten. Blicken wir jedoch über den Fensterrand hinaus ins Gelände, können wir deutlich erkennen, daß nicht nur A, sondern auch B und C zurückbleiben; jedoch verschwindet B später als A aus dem Blickfeld und C noch später als B.

Doch nun zum „mitfliegenden“ Mond. Er ist von der Erde so weit entfernt, daß beim Eisenbahnfahren unsere Blickrichtung zum Mond praktisch unverändert bleibt. Während dabei das von der Landschaft im Dunkeln noch Sichtbare an uns vorbeihuscht, erscheint uns der Mond immer an der gleichen Stelle. Deshalb haben wir oft den Eindruck, als ob er sich mit der gleichen Geschwindigkeit wie der Zug fortbewegt.

Wenn es uns im Abteil zu warm wird, machen wir das Fenster auf. Beugen wir uns während der Fahrt hinaus, so spüren wir einen kräftigen Luftzug. Draußen ist es vielleicht völlig windstill. Und trotzdem zieht es ganz gewaltig. Das ist auch nur eine Täuschung. Im allgemeinen sprechen wir von „Wind“, wenn sich die Luft an uns vorbeibewegt. Hier aber steht die Luft vielleicht ganz still, und wir bewegen uns an der Luft vorbei. Der Erfolg ist der gleiche, wir spüren einen Zug.

Auf Wanderungen in der Sommerhitze wird der Inhalt unserer Feldflasche bald warm, obwohl sie in Filz gehüllt ist. Er hemmt den Wärmeaustausch und hält die Getränke kalt oder heiß, je nachdem wir sie eingefüllt haben. Aber bei starker Hitze reicht die Filzhülle nicht aus. Auf der Bahnfahrt können wir uns dann helfen. Wir tauchen die Flasche ins Wasser, so daß der Filz sich vollsaugt. Wir können auch noch ein nasses Tuch darumwickeln. Hängen wir die nasse Feldflasche dann an einem Riemen zum offenen Abteilstfenster hinaus, so verdunstet das Wasser im Tuch und Filz durch den starken Luftzug

rasch. Dabei, wie bei jedem langsamen Verdampfen des Wassers, wird Wärme verbraucht, die in diesem Falle über die Metallflasche der eingefüllten Flüssigkeit entzogen wird. Sie wird dabei gekühlt. Neulich fuhr ich einmal mit der Eisenbahn. Einer der Mitreisenden im Abteil sagte: „Na, wollen wir einmal ein wenig Musik machen!“ Stand auf, griff ins Gepäcknetz und nahm ein kleines Koffer-Rundfunkgerät herunter. Aha, sehr schön! Er schaltete ein. Drehte an der Skala. Wartete. „Nanu?“ Drehte hier und drehte dort. Aber es war nichts zu hören. Der Mann war betroffen, suchte nach dem Fehler und fand ihn nicht. War das Gerät defekt? „Moment mal“, sagte ein anderer. Er machte das Abteilstfenster auf, nahm den Empfänger in die Hand, ging damit zum Fenster. Der wird doch nicht etwa . . . Er hielt das Gerät nur ganz wenig zum Fenster hinaus und schon ertönte die schönste Musik. Nahm er den Apparat wieder herein, war sofort alles wieder aus.

Die unsichtbaren elektrischen Wellen des Rundfunks dringen durch Mauern und Wände hindurch in unsere Wohnung und können dort mit einem Kofferempfänger ohne besondere Antenne empfangen werden. Die elektrischen Wellen können aber keinen Metallkäfig durchdringen, der nur aus Drahtgeflecht zu bestehen braucht. Stülpt man einen Metalltopf oder auch nur eine Fliegenglocke aus Drahtgaze über einen Kofferempfänger, so verstummt er. Das Metall hält die elektrischen Wellen auf, so daß sie nicht in das Innere dieses Käfigs eindringen können. Ein Personenwagen der Eisenbahn besteht aus Stahlblech und wirkt wie ein Metallkäfig. Auch in geschlossene Personenkraftwagen können elektrische Wellen aus dem gleichen Grunde meist nicht eindringen. An Kraftwagen und an Eisenbahnwagen muß außen eine Antenne angebracht werden. Sie nimmt die elektrischen Wellen auf und leitet sie über einen Draht dem Empfänger zu.

Ein Metallkäfig, in dessen Innern elektrische Wellen nicht eindringen können, wird in der Physik als Faradayscher Käfig bezeichnet. Faraday ist der große englische Physiker, dem die Welt die Entdek-



Ein Kofferradio verstummt,  
wenn man einen großen me-  
tallenen Topf darüberstulpt

kung der Induktion verdankt, die Grundlage der Dynamomaschine. Dieser Gelehrte entdeckte auch die elektrisch abschirmende Wirkung eines Metallkäfigs. Um den Beweis dafür zu erbringen, ließ Faraday einen Metallkäfig bauen, in dem er selbst gut Platz hatte. Als man dann von außen starke blitzartige elektrische Entladungen auf den Käfig einwirken ließ, hatten sie weder einen Einfluß auf den Experimentator noch auf die Meßinstrumente, die er mit in den Käfig genommen hatte.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

89. Inwiefern ähnelt die Erscheinung der am Abteifenster des fahrenden Zuges sich scheinbar auf- und abwärts bewegenden Telegrafendrähte der Vorführung eines Filmes?

90. Warum frieren wir, wenn wir im Freibad aus dem Wasser steigen, obwohl die Lufttemperatur höher ist als die des Wassers?
91. Wo ist an Personenwagen die Antenne für den Rundfunkempfänger angebracht?
92. Das Glas der Röhren im Rundfunkempfänger ist oft mit einem Metallüberzug versehen. Oft stehen die Röhren unter einer Metallkapsel. Warum?

#### Der „schwarze Körper“

Noch etwas fällt uns immer wieder bei Eisenbahnfahrten auf. Offene Fenster von Häusern, an denen wir vorbeifahren, besonders die Fensteröffnungen von Neubauten, erscheinen tiefschwarz. Wohlgemerkt, am hellen Tag! Die Räume hinter diesen Fenstern sind hell! Und trotzdem sehen die Fenster tiefschwarz aus. Wie kommt das? In den Raum dringen viele Lichtstrahlen ein. Deshalb ist er taghell. Die eingedrungenen Lichtstrahlen werden dort, wo sie auf die Zimmerwand treffen, zu einem Teil verschluckt (absorbiert). Zum anderen Teil werden sie nach allen Richtungen zurückgeworfen (reflektiert). Die meisten Strahlen treffen wieder auf eine Wand und erleben noch ein paarmal dasselbe. Durch die Absorption von Lichtenergie beim wiederholten Auftreffen auf eine Wand verlieren die Lichtstrahlen den größten Teil ihrer Energie. Es gelangen nur wenige und nur sehr lichtschwache Strahlen durch das Fenster wieder nach außen. Fallen solche Strahlen am Auge des Beobachters vorbei, so werden sie von ihm nicht bemerkt. Das Fenster erscheint uns schwarz, weil aus ihm praktisch kein Licht austritt und in unser Auge gelangt. Das meiste in den Raum eingedrungene Licht verfährt und verbraucht sich im Raum.

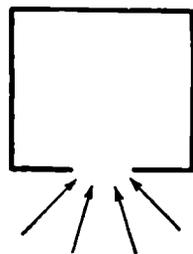


Wir bohren in die eine Wand einer Zigarrenkiste ein Loch, etwa von der Größe eines Zehnpfennigstückes. Dann streichen wir die Kiste innen und außen mit schwarzer Tusche. Betrachten wir diese Kiste aus einer Entfernung von etwa 2 m, so erblicken wir hinter der Lochfläche ein Schwarz, das viel dunkler ist als die Anstrichfarbe. Das beweist uns, daß das schwarz gestrichene Holz noch nicht völlig schwarz ist, sondern noch einen Teil der auftreffenden Lichtstrahlen zurückwirft. Der Hohlraum im Innern der Kiste wirft jedoch praktisch kein Licht zurück und erscheint deshalb absolut schwarz.

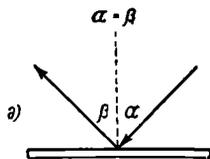
Wenn der Physiker von einem „schwarzen Körper“ spricht, so meint er einen Körper, der das auffallende Licht völlig absorbiert. Der schwarze Körper, das tiefste Schwarz, kann nur durch einen Hohlraum dargestellt werden, dessen Innenwände schwarz gestrichen sind und wovon eine mit einem kleinen Loch versehen ist. Schauen wir auf dieses Loch, sehen wir ein vollkommenes Schwarz.

Ein solcher „schwarzer Körper“ absorbiert alles einfallende Licht. Die dunklen Fensterhöhlen eines Neubaus sind annähernd „schwarze Körper“.

Wenn man einen hitzebeständigen Körper, ein Stück Stahl, auf geeignete Temperatur bringt, beginnt er zu glühen. Zuerst erreicht er die Rotglut, dann die Gelbglut und schließlich die Weiß-



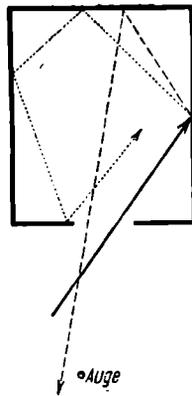
Durch das Fenster dringen viele Lichtstrahlen aus verschiedenen Richtungen in den Raum



a) Reflexion eines Lichtstrahles am Spiegel.  
Der Einfallswinkel ( $\alpha$ ) ist gleich dem Ausfallwinkel ( $\beta$ )



b) Reflexion eines Lichtstrahles beim Auftreffen auf einen nicht spiegelnden Gegenstand



Beim Auftreffen auf die Wand wird der Lichtstrahl nach allen Richtungen zurückgeworfen. Die meisten Strahlen treffen erneut auf eine Wand. Nur wenige gelangen aus dem Raum wieder heraus

glut. Auch der „schwarze Körper“ (also ein Hohlraum, der innen geschwärzt ist und ein Loch in der Wand trägt) kann — wenn er hitzebeständig ist — zum Glühen gebracht werden. Es hat sich gezeigt, daß der glühende schwarze Körper mehr Wärme- und Lichtstrahlen ausstrahlt, als jeder auf gleiche Temperatur gebrachte andere Körper.

Der „schwarze Körper“ hat also nicht nur die Eigenschaft, auffallendes Licht vollkommen zu absorbieren, sondern er ist auch der beste Ausstrahler für Wärme und Licht. Die Strahlung des schwarzen Körpers wird in der Physik als Hohlraumstrahlung bezeichnet.

Die Physiker haben sie genau untersucht und dabei festgestellt, daß die Stärke der Strahlung auf das 16fache ( $2^4$ fache) steigt, wenn man die absolute Glüh Temperatur verdoppelt. Verdreifacht man die absolute Temperatur (Celsius-Temperatur + 273 Grad), steigt die Strahlung auf das 81fache ( $3^4$ fache).

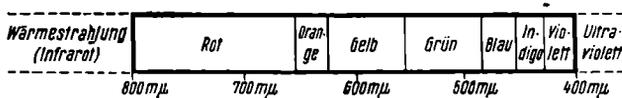
Man hat ferner gefunden, daß sich der Hauptanteil der Strahlung des „schwarzen Körpers“ um so mehr von Rot nach Gelb, Grün bis Violett verschiebt, je höher die Temperatur ist. Das gleiche hat man auch beim Glühen von Stahl festgestellt. Stahl von etwa  $600^\circ\text{C}$  glüht braunrot, bei etwa  $800^\circ\text{C}$  glüht er kirschrot, bei etwa  $1200^\circ\text{C}$  gelb, bei  $1300^\circ\text{C}$  weiß. Der große deutsche Physiker Max



Das Loch in einer innen und außen schwarz angestrichenen Zigarrenkiste erscheint schwarzer als der Anstrich

Planck versuchte diese beiden experimentell gefundenen Gesetze der Hohlraumstrahlung theoretisch zu begründen. Er machte sich bestimmte Gedanken über die Vorgänge bei der Aussendung und Absorption von Strahlen und versuchte ein allgemeines Strahlungsgesetz des „schwarzen Körpers“ zu finden.

Nach vielen vergeblichen Versuchen erkannte Max Planck, daß er nur unter der Annahme zum Ziel gelangen konnte, daß die Wärme- und Lichtenergie vom „schwarzen Körper“ in kleinsten Mengen, Energiequanten, abgegeben und aufgenommen wird. Auf diesem Wege fand er das nach ihm benannte Plancksche Strahlungsgesetz.



Zerlegt man das Sonnenlicht mit einem Glasprisma, so erhält man ein Spektrum, das die Farben Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett umfaßt. Diese Farben liegen in dem Wellenlängenbereich von rund 800 bis 400 millionstel Millimeter. Jenseits des Violett liegt die unsichtbare Ultraviolett-Strahlung, jenseits des Rot die unsichtbare Ultrarot-Strahlung (Wärmestrahlen)

Da die Formel des Planckschen Strahlungsgesetzes die oben genannten experimentell gefundenen Tatsachen bestätigte, ist erwiesen, daß auch die von Max Planck gemachte Annahme von Energiequanten der Strahlung richtig ist. Der Weg über die Hohlraumstrahlung führte zur Planckschen Quantentheorie.

Wir wissen, daß die Materie aus kleinsten Teilchen, aus Atomen, besteht. Max Planck erkannte auf Grund seiner Forschungen über die Hohlraumstrahlung, daß auch die Energie in kleinsten Teilchen in Erscheinung tritt. Strahlungsenergie (Wärme-, Licht-, Röntgen-,

Rundfunkstrahlung) wird nicht etwa in gleichbleibendem Fluß, sondern nur stoßweise in kleinsten Teilchen (Quanten) abgegeben und aufgenommen.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

93. Warum werden im Sommer helle Kleider und Anzugstoffe bevorzugt?
94. Wodurch werden „schwarze Körper“ am besten verwirklicht?
95. Was versteht man unter Quanten?

#### Die Lok pfeift

Wer schon einmal an den Bahndamm gerannt ist, um aus nächster Nähe den vorüberbrausenden D-Zug zu sehen, hat sicher schon einmal bemerkt, daß der Ton der pfeifenden Lok bei der Anfahrt höher und dann, sobald sich die Lok wieder vom Beobachter entfernt, tiefer wird. Die gleiche Tatsache erleben wir, wenn ein klingelnder Radfahrer rasch an uns vorüberfährt. Achtet einmal darauf, und prüft, in welchem Ausmaß sich der Ton verändert! Ihr werdet eine Erhöhung von etwa einem halben oder einem ganzen Ton feststellen. Das ist insofern verwunderlich, als ja die eigentliche Tonhöhe der Pfeife oder der Klingel unverändert bleibt. Der Lokführer und der Radfahrer selbst hören auch immer nur die gleiche Tonhöhe. Eine Veränderung des Tones wird hier nur von einem außenstehenden Beobachter bemerkt, an dem sich die Tonquelle vorbeibewegt. Wir wollen uns erinnern, wie ein Ton entsteht. Durch die Schwingungen einer Klaviersaite, einer Glocke oder der Luftsäule werden die benachbarten Luftteilchen in gleichartige Schwingungen versetzt. Ein



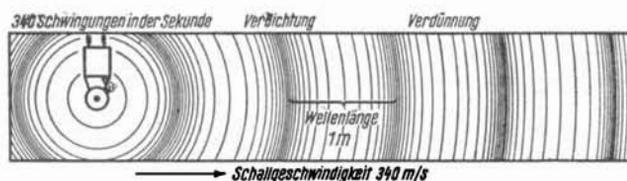
Wenn sich ein pfeifender Zug uns in voller Fahrt nähert, so erhöht sich der Ton der Dampfpfeife; ist die Lok an uns vorüber, sinkt die Tonhöhe

Luftteilchen stößt immer das nächste an, so daß schließlich eine Luftwelle, eine Schallwelle, entsteht. Schwingt eine Schallquelle in der Sekunde 340mal hin und her, so gehen von ihr in der Sekunde 340 Luftstöße aus. Dabei besteht jeder einzelne Luftstoß aus je einer Luftverdichtung und Luftverdünnung. Alle  $\frac{1}{340}$  s wird von dieser Schallwelle eine Luftverdichtung erzeugt, die sich mit der Schallgeschwindigkeit von 340 m/s (bei 18° C) nach allen Richtungen des Raumes fortpflanzt.

Wie weit ist die zuletzt erzeugte Schallwelle gewandert, wenn die nächste an der Schallquelle entsteht? Wie gesagt, die Luftverdichtungen folgen bei dem Ton der Schwingungszahl 340 je Sekunde in einem zeitlichen Abstand von  $\frac{1}{340}$  s aufeinander. Wenn eine neue Luftverdichtung entsteht, ist die letzte also gerade  $\frac{1}{340}$  s mit Schallgeschwindigkeit unterwegs. Da der Schall in einer Sekunde 340 m zurücklegt, hat die Luftverdichtung in  $\frac{1}{340}$  s also einen Weg von 1 m durchleitet.

Die von der ruhenden Schallquelle ausgehenden Luftverdichtungen folgen also in regelmäßigem Abstand von 1 m aufeinander. Dieser Abstand wird Wellenlänge genannt.

In 1 s treffen bei diesem Beispiel 340 Luftstöße ans Ohr des Beobachters. Er hört deshalb den Ton von der Schwingungszahl 340. Erzeugt eine Schallquelle einen höheren Ton, so schwingt sie rascher;



Von einem Tunerregger gehen Schallwellen aus. Je größer die Schwingungszahl ist, um so kleiner ist die Wellenlänge

die Luftstöße folgen dann in kürzeren Abständen aufeinander. Hat die Schallquelle die Schwingungszahl 680 (also doppelt so hoch wie zuvor), so beträgt die Wellenlänge der Schallwelle nur einen halben Meter. „Je höher die Schwingungszahl, um so kleiner die Wellenlänge“, wer das verstanden hat und sich einprägt, der versteht auch viele andere interessante und wichtige Erscheinungen, insbesondere der Optik und der Rundfunktechnik.

So ist das also, wenn die Entfernung zwischen Schallquelle und Beobachter unverändert bleibt.

Bewegt sich aber die Schallquelle rasch auf den Beobachter zu, so wird — wie wir feststellen können — der Ton höher, obwohl die Schwingungszahl der Schallquelle unverändert bleibt. Das kommt daher, weil die Lok und damit die Schallquelle jenem Schall, der unser Ohr trifft, naheilt. Wenn der zuletzt erzeugte Luftstoß 1 m von der Dampfpeife fortgewandert ist und die Peife den nächsten Luftstoß erzeugt, ist die Lok mit ihr vielleicht um etwa 10 cm weitergefahren. Die neue Luftverdichtung hat deshalb von der vorangehenden nicht mehr den Abstand von 1 m, sondern von nur 90 cm. Die Verdichtungen liegen jetzt also näher beieinander, und die Wellenlänge wird

dadurch kleiner. An unser Ohr gelangt dann eine kürzere Wellenlänge, und wir hören einen höheren Ton. Je größer die Geschwindigkeit des Zuges ist, um so höher wird der Ton.

Entfernt sich die Lok dann vom Beobachter, so eilt die Schallquelle dem Schall nicht nach, sondern sie bewegt sich in entgegengesetzter Richtung wie die Schallwelle, die an unser Ohr gelangt. Die Luftverdichtungen liegen dann vielleicht 1,10 m auseinander. Die Wellenlänge wird also größer und der gehörte Ton niedriger. Diese Merkwürdigkeit wurde vor reichlich 100 Jahren von dem österreichischen Physiker Christian Doppler untersucht, man bezeichnet sie in der Physik als „Dopplereffekt“. Es wurden dazu Formeln entwickelt, die den Zusammenhang zwischen Schwingungszahl, Wellengeschwindigkeit, Eigengeschwindigkeit des Wellenerzeugers und der Wellenlänge darstellen. Sind drei dieser Größen bekannt, so kann jeweils die vierte Größe errechnet werden.

Bereits Doppler hat darauf hingewiesen, daß dieser Effekt nicht nur für Schallwellen, sondern auch für alle anderen Wellenarten, insbesondere auch für Lichtwellen, gilt.

Entfernt sich von uns eine blaue Lichtquelle mit hinreichender Geschwindigkeit, so muß ebenso wie bei unserer Schallbeobachtung die Lichtwellenlänge, die in unser Auge gelangt, länger werden. Da rotes Licht eine etwa doppelt so große Wellenlänge hat wie blaues Licht, wird sich dabei die Wellenlänge zum Rot verschieben. Da die Lichtgeschwindigkeit ungeheuer groß ist (rund 300 000 km/s), muß die bewegte Lichtquelle allerdings ebenfalls eine sehr große Geschwindigkeit haben, wenn der Dopplereffekt beim Licht beobachtet werden soll.

Eine großartige Anwendung fand das Dopplersche Prinzip in der Astronomie. Bei klarem Wetter sehen wir am nächtlichen Himmel die Milchstraße, jenes glitzernde Band, das sich wie eine gewaltige Brücke quer über den Himmel spannt. Wenn man die Milchstraße durch ein Fernrohr betrachtet, so löst sich der milchig leuchtende Schleier in eine Unmenge von winzigen Lichtpunkten auf. Jeder



dieser Lichtpunkte ist eine glühende Sonne. Die Milchstraße ist ein Band von Millionen und aber Millionen weit entfernter Himmelskörper. Man weiß heute, daß unsere Sonne mit der Erde, mit allen anderen Planeten und mit den in der Milchstraße erkennbaren Sternen und weiteren Fixsternen eine riesige, linsenförmig angeordnete Gesamtheit bildet, unser Milchstraßensystem.

In noch viel weiterer Entfernung als die Sterne des Milchstraßensystems stehen, erblickt man im Fernrohr viele Spiralnebel, die als milchstraßensystemähnliche Sterngruppierungen anzusprechen sind. Aus dem Licht dieser fernen Himmelskörper hat man festgestellt, daß sie alle aus den gleichen Grundstoffen bestehen wie unsere Erde und unsere Sonne. Dabei wird das zu untersuchende Licht in seine farbigen Teile zerlegt, und es entstehen viele farbige Linien, von denen jeweils einige für die einzelnen Grundstoffe kennzeichnend sind. Ein solches Lichtband wird Spektrum genannt. Die einzelnen Linien des Spektrums heißen Spektrallinien.

Im Spektrum der Spiralnebel wurden also die Spektrallinien irdischer chemischer Elemente erkannt. Dabei fiel aber auf, daß beispielsweise Spektrallinien des Metalls Kalzium deutlich zur roten Seite des Spektrums verschoben sind.

Nach dem Dopplereffekt war diese Rotverschiebung dadurch zu erklären, daß sich diese Spiralnebel im Weltall mit großer Geschwindigkeit von unserem Sonnensystem fortbewegen. Die Geschwindigkeit eines solchen Spiralnebels wurde aus der Rotverschiebung zu 2300 km/s berechnet. Auch noch zehnfach größere Geschwindigkeiten wurden an anderen Spiralnebeln gemessen.

Man konnte ferner aus der unterschiedlichen Rotverschiebung verschiedener Spiralnebel und deren Entfernungen schließen, daß diese „Nebelfucht“ mit um so größerer Geschwindigkeit erfolgt, je weiter die Spiralnebel von uns entfernt sind, und ein Auseinanderstreben (eine Expansion) des Weltalls feststellen.

Zum Beobachten und Nachdenken

96. Berechne in gleicher Weise wie für die Schwingungszahl 340 je Sekunde entwickelt, die Länge der Schallwelle des Tones mit der Schwingungszahl 680 je Sekunde!
97. Ein pfeifender Feuerwerkskörper fällt mit großer Geschwindigkeit zur Erde. Wird der Pfeifton durch die Fallbewegung erhöht oder erniedrigt?
98. Wir fahren mit dem D-Zug an einer tönenden Fabriksirene vorbei. Welche Beobachtungen machen wir?
99. In welcher Richtung werden sich Spektrallinien eines Himmelskörpers verschieben, der sich mit großer Geschwindigkeit der Erde nähert?

## AUF SEE

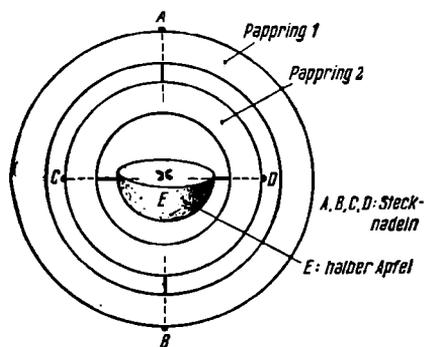
### Kompaß in kardanischer Aufhängung

Mit einem Taschenkompaß können wir leicht die Himmelsrichtung ermitteln. Die blaue Spitze der Magnetnadel weist immer nach Norden. Wir müssen den Kompaß dabei waagrecht halten. Halten wir ihn schräg, so klemmt sich die Nadel fest und kann nicht mehr in die Nord-Süd-Richtung einspielen. Auf hoher See ist so ein Kompaß bei starkem Seegang nicht zu gebrauchen, weil bei schwankendem Schiff der fest montierte Kompaß immer aus der waagrechten Lage gebracht wird.

Im Kampf gegen die Wellen „stampft“ das Schiff, das heißt, Bug und Heck des Schiffes heben und senken sich abwechselnd. Oft schlingt



Ein Schiffskompaß wird kardanisch aufgehängt. Die Kompaßrose bleibt immer waagrecht, auch wenn das Schiff bei stürmischer See stark schwankt.



Modell der kardanischen Aufhängung aus 2 Pappringen, 4 Stecknadeln und einem halben Apfel

das Schiff gleichzeitig, der Schiffskörper pendelt um seine Längsachse, so daß sich Steuerbord und Backbord des Schiffes abwechselnd heben und senken. Gerade aber in der Weite der See ist ein zuverlässiger, in keinem Augenblick versagender Kompaß notwendig.

Ohne Einfluß auf den Kompaß bleiben alle Schwankungen des Schiffes, wenn er kardanisch aufgehängt ist. Bei einer

solchen Aufhängung bleibt die Kompaßrose, auf der die Himmelsrichtungen und eine Gradeinteilung aufgezeichnet sind, stets in waagrechtener Lage. An der Unterseite der Kompaßrose sind parallel zur Nord-Süd-Richtung einige Kompaßnadeln (von oben nicht sichtbar) befestigt. Der Mittelpunkt der Kompaßrose ruht mit einem Lager auf der Spitze einer senkrecht stehenden Nadel, der sogenannten Pinne. Sie ist in dem etwa halbkugelförmigen Kompaßkessel befestigt. Kompaßkessel, Pinne mit Spitze und Kompaßrose behalten bei allen Schwankungen des Schiffes unverändert ihre Lage bei, so daß die Pinne immer senkrecht steht und die Kompaßrose waagrecht liegt.

Der Kompaßkessel kann sich um zwei senkrecht zueinander stehende Achsen A B und C D drehen. Wenn diese beiden Achsen mit dem schwankenden Schiff eine andere Lage einnehmen, bleibt der Kompaßkessel vermöge seines tief liegenden Schwerpunktes immer in der gleichen waagrechten Lage. Der Schwerpunkt des Kompaßkessels, wie der Schwerpunkt eines jeden anderen Körpers auch, hat immer das Bestreben, eine möglichst tiefe Lage einzunehmen.

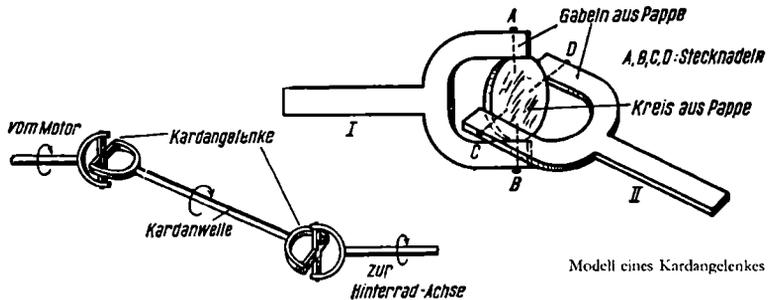
Das Prinzip des kardanischen Gelenkes können wir mit einem kleinen Modell demonstrieren. Aus fester Pappe schneiden wir uns zwei Ringe (1 und 2). Mit den beiden Stecknadeln A und B wird der

Ring 2 in Ring 1 drehbar gelagert. Die beiden Nadeln stecken wir dabei durch die Pappschicht 1 hindurch in die Pappschicht 2. Sie bilden die Drehachse A B, um die sich der innere Ring im äußeren Ring drehen kann. Mit den beiden Nadeln C und D lagern wir einen halben Apfel (E) innerhalb des Ringes 2 entsprechend. Die Strecken A B und C D müssen dabei senkrecht aufeinander stehen; ihr Schnittpunkt soll im gemeinsamen Mittelpunkt der beiden Pappringe liegen.

Mit den beiden Händen halten wir unser Modell zunächst so, daß die beiden Pappringe in waagrechter Ebene liegen. Nehmen wir an, daß der äußere Kreis fest auf einem Schiff befestigt sei. Wir heben Bug und dann Heck. Dann heben wir abwechselnd Steuerbord und Backbord und lassen damit das gedachte Schiff schlingern. Und nun beides gleichzeitig! Wir können die verwickelsten Bewegungen durchführen; immer bleibt der halbe Apfel (der Kompaßkessel) in gleicher Lage; die Schnittfläche des Apfels (die Kompaßrose) bleibt stets waagrecht. Der Mann, der diese Aufhängung ersann, schuf für die Technik ein nützliches und wichtiges Bauelement. Es war der italienische Philosoph und Mathematiker Geronimo Cardana (1501 bis 1576).

Das Prinzip der kardanischen Aufhängung wird auch im Kardangelen im Maschinenbau ausgenutzt, wenn eine Kraft durch zwei Wellen übertragen werden soll, die einen veränderlichen Winkel zueinander bilden. Beim Kraftwagen kann die Drehung der vom Motor getriebenen Welle auf die Achse des Hinterrades übertragen werden, die schwingend gelagert ist, damit sie besser federn kann. Eine starre Verbindung von Antriebswelle und Hinterradachse ist deshalb nicht möglich. Die Kraft wird durch eine Kardanwelle übertragen, die auf der einen Seite über ein Kardangelen mit dem am Motor sitzenden Getriebe und auf der anderen Seite über ein Kardangelen mit dem Getriebe der Hinterradachse verbunden ist.

Auch die Wirkungsweise eines Kardangelenkes können wir uns mit einem schnell aus Pappe und vier Stecknadeln angefertigten Modell veranschaulichen.



Kardanwelle mit zwei Kardangelenken

Wir halten die Antriebswelle I mit der linken Hand in einer bestimmten unveränderlichen Richtung und drehen sie um ihre Achse. Dabei halten wir die Welle II in verschiedene Richtungen. Unabhängig von der Lage der Welle II wird die Drehung der Welle I ungehemmt auf die Welle II übertragen.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

100. Untersuche mit dem Modell, ob die Windrose in waagrechtcr Lage verbleibt, wenn der äußere Ring zunächst um A B als Drehachse  $180^\circ$  gedreht und dann um die Richtung C D als Drehachse  $180^\circ$  gedreht wird!
101. Welchen Einfluß hat eine Drehung des Schiffes um eine vertikale (senkrecht zur waagrechtcn Ebene stehende) Achse auf die Lage der beiden Ringe der kardanischnen Aufhängung?
102. Durch welche Kraft wird der Kompaßkessel bei jeder Lage des Schiffes waagrecht gehalten?
103. Wann werden Kardangelenke angewendet?
104. Wie heißt die Welle, die die Drehung der vom Motor in Rotation versetzten Getriebeachse auf die Hinterachse des Kraftwagens überträgt?

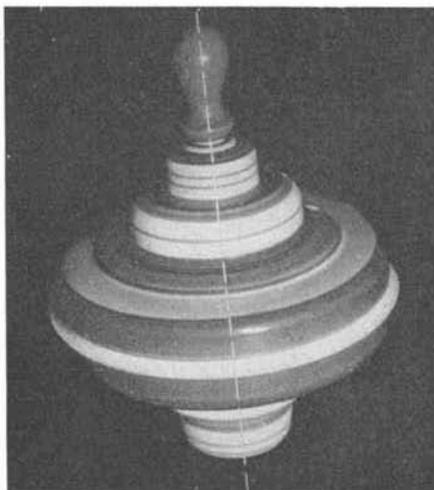
## Der Kreiselkompaß

Ein sich drehender Kreisel zeigt einige merkwürdige Gesetzmäßigkeiten. Allgemein ist vom Spielzeugkreisel bekannt, daß die Kreiselachse während der Drehung unverändert in der gleichen Richtung bleibt. Solange sich der Kreisel dreht, hat also die Achse das Bestreben, ihre Lage beizubehalten.

Ein zweites wichtiges Kreiselgesetz erkennt man mit folgendem Versuch:

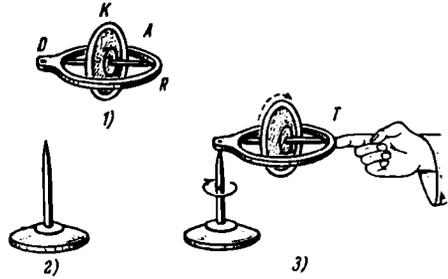
Eine Messingscheibe K mit Randwulst ist auf einer Stahlachse A befestigt. Die Achse läuft auf Spitzen in zwei Lagern auf der Innenseite des Messingringes R. Die Scheibe kann also um die Achse A gedreht werden. Das Ansatzstück des Ringes R hat unterhalb von D eine kleine Vertiefung, mit der der Kreisel auf die Stahlspitze des Stativs gelegt werden kann. Nehmen wir den Finger weg, so kippt der auf die Spitze gehängte Kreisel infolge seiner Schwere mit seinem rechten Teil nach unten, so daß er mit T die Tischplatte berührt.

Hängen wir ihn jedoch wie zuvor auf und versetzen die Scheibe mit einem Bindfaden in rasche Drehung (punktierte Pfeilrichtung), so kippt er beim Wegnehmen des Fingers merkwürdigerweise und im scheinbaren Wider-



Solange sich der Kreisel dreht, behält die Kreiselachse ihre Richtung bei

spruch zum Gesetz der Schwerkraft nicht nach unten, sondern die Kreiselachse A bleibt mit dem gesamten Ring R in waagrechter Lage. Dabei dreht sich — stets in waagrechter Lage bleibend — der gesamte Ring mit Kreisel



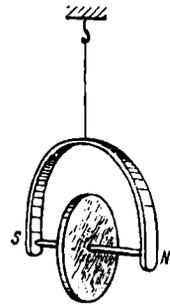
Versuch zum Nachweis der Präzession des Kreisels

und Achse in der Pfeilrichtung um die Achse des Stativs, auf dessen Spitze der Ring aufgelegt ist. Diese verblüffende Bewegung wird als Präzession des Kreisels bezeichnet. Die Kreiselachse, die auch hier der Schwerkraft unterliegt, widersetzt sich also der Einwirkung der Schwerkraft und weicht ihr (senkrecht zur Schwerkraft) aus. Die Präzession entsteht durch die gemeinsame Einwirkung der Schwerkraft und dem Bestreben des Kreisels, seine Drehachse beizubehalten.

Im Jahre 1852 entdeckte der französische Physiker Foucault (sprich Fukkoh), daß ein rotierender Kreisel, dessen Achse auf Grund seiner Aufhängung immer waagrecht liegt, sich mit seiner Achse stets in die Nord-Süd-Richtung einstellt, also wie ein Kompaß wirkt. Diese Anordnung nennt man Kreiselkompaß.

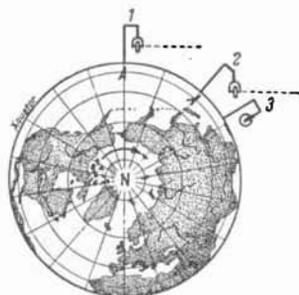
Der Kreiselkompaß arbeitet also ohne Magnet, er beruht auf der Präzession des Kreisels.

Am Äquator, im Ort A, ist an einem Faden eine sich in einem Gestell drehende Scheibe aufgehängt (1). Die Kreiselachse liegt parallel zur Äquatorlinie, also waagrecht, und in der Ost-West-Richtung. Wenn sich die Erde in der Richtung des gezeichneten Pfeiles dreht, nehmen nach einer gewissen Zeit



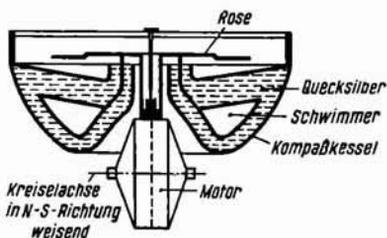
Kreiselkompaß schematisch. Ein rotierender Kreisel, dessen Achse auf Grund einer geeigneten Fadenaufhängung immer waagrecht liegt, stellt sich — dauernde schnelle Drehung des Kreisels vorausgesetzt — mit seiner Achse in die Nord-Süd-Richtung ein und wirkt wie ein Kompaß

Ort A und Aufhängegestell eine andere Lage im Raum ein. Nach dem Kreiselgesetz ist die Kreiselachse bestrebt, bei der Drehung der Erde ihre Richtung im Raum beizubehalten (2). Die Schwerkraft jedoch drückt sie wieder in die waagrechte Lage (3). Infolge gemeinsamer Wirkung von Schwerkraft und dem Bestreben des Kreisels, seine Drehachse beizubehalten, entsteht eine Präzession; die Kreiselachse wird um die Aufhängeachse gedreht. Sobald die Kreiselachse parallel zur Erdachse steht, also in der Nord-Süd-Richtung, ist keine Präzession, also kein Antrieb zur weiteren Drehung mehr vorhanden; denn wenn die Kreiselachse diese Lage erreicht hat, wird sie bei der weiteren Drehung der Erde zwar parallel verschoben, verbleibt aber dabei in der Nord-Süd-Richtung. Dem Bestreben des Kreisels, seine Achse beizubehalten, ist also damit genügt. Infolge der Drehung der Erde dreht sich also jeder rotierende Kiesel mit waagrecht gelagerter Achse derart, daß seine Achse in die Nord-Süd-Richtung weist. Das ist das Prinzip des Kreiselskompasses.



Erklärung  
der Kreiselkompaßwirkung

Magnetische Kompassse haben den Nachteil, daß ihre Kompaßnadel von Eisenmassen, wie sie auf großen Schiffen stets vorhanden sind, abgelenkt werden und dann eine falsche Richtung anzeigen. Der Kreiselkompaß unterliegt diesen Einflüssen nicht, er zeigt stets genau



Querschnitt vom Kreiselkompaß

in die Nord-Süd-Richtung. Deshalb ist auf jedem großen Ozeandampfer ein Kreiselkompaß eingebaut.

Er besteht aus einem kleinen Elektromotor, der in der Minute etwa 20000 Umdrehungen macht. Die Drehachse dieses Motors ist die Achse

des Kreisels. Der Anker des Motors ist der Kiesel. Der Motor ruht schwimmend in einem mit Quecksilber gefüllten Kompaßkessel. Durch diese schwimmende Lage ist dafür gesorgt, daß die Achse des Kieselkompasses stets waagrecht liegt, ähnlich wie bei der kardatischen Aufhängung.

Beim Kieselkompaß liegt oben die Rose, das Kreisblatt, auf dem die Himmelsrichtungen eingezeichnet sind. Die Nord-Süd-Richtung der Rose liegt parallel zur Drehachse des Kreisels.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

105. Beobachte mit einem Taschenkompaß (Magnetkompaß) die Nord-Süd-Richtung. Überzeuge dich, daß die Magnetnadel in der Nähe von Eisenmassen (Dampfheizung) abgelenkt wird!
106. Zeigt der Kieselkompaß die Nord-Süd-Richtung an, wenn sich die Erde nicht drehen würde?
107. Zeigt der Kieselkompaß am Nordpol der Erde die Nord-Süd-Richtung an?

#### Wie man die geographische Breite mißt

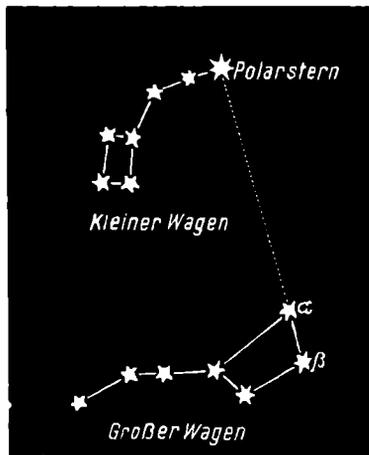
In klaren Nächten ist das Sternbild des Großen Wagens leicht zu finden. Verlängern wir die Verbindungsstrecke der Sterne  $\beta$  und  $\alpha$  etwa um das Fünffache über  $\alpha$  hinaus, so treffen wir auf den Polarstern, der zum Sternbild des Kleinen Wagens gehört. Der Polarstern ist uns ein Wegweiser in der sternklaren Nacht. Blicken wir zum Polarstern, so weist unser Blick nach Norden. Hinter unserem Rücken liegt also dann Süden. Osten liegt rechts und Westen links von uns. Der Polarstern gibt dem Seefahrer auch noch eine andere wichtige Auskunft. Der Winkel, um den sich die Blickrichtung zum Polarstern

aus der Waagrechten erhebt, entspricht fast genau der geographischen Breite des Meßortes.

Der gemessene Wert weicht nur bis etwa  $1^\circ$  von der wirklichen geographischen Breite des Meßortes ab. Mit Tabellen kann der abgelesene Wert leicht berichtigt werden.

Wie ist es zu erklären, daß der Erhebungswinkel der Blickrichtung zum Polarstern über die Waagrechte annähernd genauso groß ist wie die geographische Breite? Um diese Frage zu beantworten, müssen wir uns zunächst vergegenwärtigen, wie die Breiten- und Längengrade auf der Erde festgelegt sind.

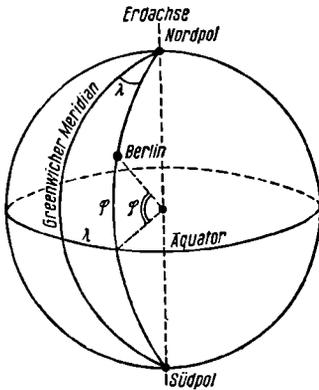
Das Netz der geographischen Längen- und Breitengrade auf der Erdoberfläche wurde festgelegt, um jeden Ort auf der Erdoberfläche durch zwei Zahlen genau zu kennzeichnen. Die Längengrade (Meridiane) gehen durch den Nordpol und den Südpol der Erdkugel. Als Null-Meridian wurde nach der internationalen Vereinbarung derjenige Meridian festgelegt, der durch Greenwich (sprich: Griennitsch) hindurchgeht, ein Ort in der Nähe von London. Auf dem Bild ist der Greenwicher Meridian eingezeichnet, ferner der Meridian, auf dem Berlin liegt. Diese beiden Meridiane bilden einen Winkel  $\lambda$  von  $13^\circ 23'$ . Man sagt, Berlin hat



Verlängert man die Verbindungsstrecke der beiden Sterne  $\beta$  und  $\alpha$  des Großen Wagens etwa um das Fünffache, so findet man den Polarstern



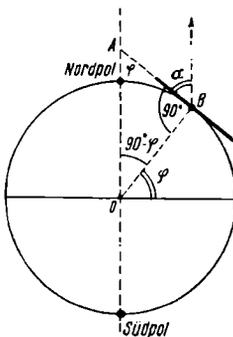
Bestimmung der geographischen Breite  $\varphi$  durch Messen des Winkels, um den sich die Blickrichtung zum Polarstern aus der Waagrechten erhebt



Die geographische Breite für Berlin ist  $\varphi = 52^\circ 31'$ , die geographische Länge  $\lambda = 13^\circ 23'$

eine geographische Länge von  $13^\circ 23'$  östlich Greenwich. Die geographische Länge  $\lambda$  kann auch als Bogenstück auf dem Äquator abgelesen werden. Die geographische Breite von Berlin ist derjenige Winkel, den der von Berlin zum Erdmittelpunkt gezogene Erdradius mit der Äquatorebene bildet. Die geographische Breite  $\varphi$  kann auch auf dem Meridian des betreffenden Ortes gemessen werden. Betrachten wir den Schnitt durch die Erdkugel. Denken wir uns die Erdachse über den Nordpol der Erde hinaus verlängert bis zu der (scheinbaren) Himmelskugel, so trifft die Erdachse die Himmelskugel im Himmelsnordpol. In unmittelbarer Nähe davon steht der Polarstern.

B soll den Standort eines Beobachters in Berlin darstellen. Die Waagrechte für diesen Beobachter ist die Tangente in B an dem gezeichneten Kreis, die senkrecht auf dem Erdradius O B steht. Schaut der Beobachter zum Himmelsnordpol, der in nächster Nähe des Polarsterns liegt, so blickt er praktisch parallel zur Erdachse; denn der Himmelsnordpol liegt ja auf der Erdachse oberhalb des Erdnordpols in unendlicher Ferne. Die Blickrichtung zum Polarstern bildet mit der Waagrechten (A B) einen Winkel  $\alpha$ . Wir wollen nachweisen, daß  $\alpha = \varphi$  ist.



Der Blickwinkel  $\alpha$  vom Himmelsnordpol ist genauso groß wie die geographische Breite  $\varphi$  des Beobachters

Neben dem Winkel  $\varphi$  liegt ein Winkel von der Größe  $90 - \varphi$ . Der spitze Winkel bei A hat also als zweiter spitzer Winkel im rechtwinkligen Dreieck A B O die Größe  $\varphi$ . Der Winkel bei A ( $\varphi$ ) und der Winkel ( $\alpha$ ) sind als Wechselwinkel an geschnittenen Parallelen gleich groß. Damit haben wir nachgewiesen, daß  $\alpha = \varphi$  ist.

Lediglich weil der Polarstern nicht genau im Himmelsnordpol liegt, entspricht der Erhebungswinkel beim Blick zum Polarstern nicht völlig genau der geographischen Breite des Beobachtungsortes.

Der Kapitän eines Ozeandampfers muß jederzeit über den Standort seines Schiffes orientiert sein, um das Schiff richtig zu steuern. Die Wissenschaft von der Bestimmung des Schiffsortes und des Schiffsweges auf hoher See wird Nautik oder Navigation genannt. Dabei spielen Beobachtung und Vermessung von Sonne, Mond, einigen Fixsternen und Planeten eine große Rolle. Der Navigationsoffizier des Schiffes muß mit schwierigen mathematischen Rechenmethoden vertraut sein, um seine Aufgabe zu erfüllen.

Heute ist es durch die Funkpeilung wesentlich leichter, einen Standpunkt zu ermitteln. Hierzu wird auf dem Schiff ein Funk- oder Rundfunkempfänger benutzt, dessen Antenne auf einem drehbaren, senkrecht stehenden Rahmen aufgespannt ist. Der jeweils empfangene Sender wird am lautesten gehört, wenn die Fläche dieser Rahmenantenne in Richtung zum Standort des betreffenden Senders weist. Durch Einstellen der größten Lautstärke kann also leicht die Richtung beispielsweise zu drei Rundfunksendern ermittelt werden. Umgekehrt kann auf der Karte eingezeichnet werden, wo sich das Schiff befindet. In jedem Falle wird bei der Standortermittlung des Schiffes die geographische Breite und die geographische Länge des augenblicklichen Ortes, an dem sich das Schiff befindet, errechnet.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

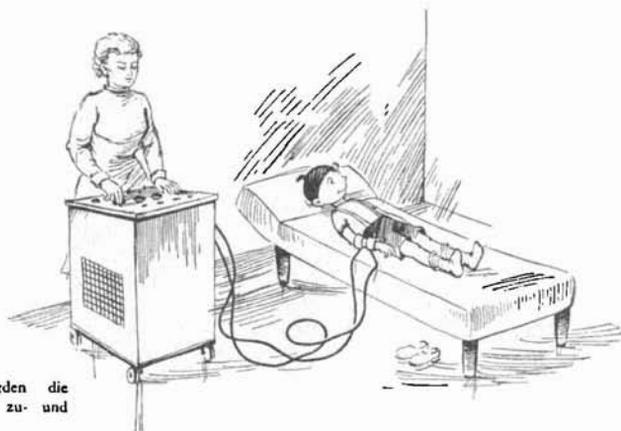
108. Wieviel Sterne gehören zum Sternbild des Großen Wagens?
109. Wieviel Sterne hat der Kleine Wagen?
110. Welche geographische Breite hat der Nordpol?
111. Wie groß ist der Erhebungswinkel des Blickes zum Polarstern an einem Beobachtungsort, der auf dem Erdäquator liegt?
112. Unter welchem Erhebungswinkel zur Waagrechten erscheint der Polarstern in Berlin?

## BEIM ARZT

### Diathermie

„Diathermie“ heißt auf deutsch soviel wie Wärmedurchdringung. Man versteht darunter eine vom Arzt verwendete Heilmethode zur kräftigen Durchwärmung erkrankter Gliedmaßen oder Körperteile unter Ausnutzung der Wärmewirkung bestimmter elektrischer Ströme.

Während beim Auflegen eines elektrischen Heizkissens der elektrische Strom außerhalb unseres Körpers fließt und lediglich die durch ihn entstehende Wärme in den Körper eindringt, wird bei der Diathermie der elektrische Strom unmittelbar durch die zu behandelnden Körperteile geschickt, in denen er eine mehr oder minder starke Erwärmung bewirkt. Mit Diathermie werden Gelenkentzündungen, Muskelrheumatismus, Nervenentzündungen und ähnliche Krankheiten behandelt.



Über zwei Metallmanschetten werden die Diathermieströme zu- und abgeleitet



Eine Patientin während der Diathermiebehandlung

Wer schon einmal die Griffe einer Elektrysiermaschine in die Hand genommen hat, weiß, daß schon ganz schwache Ströme beim Durchgang durch unseren Körper Muskelzuckungen hervorrufen und recht schmerzhaft wirken können. Spannungen von 50 bis 200 V können bereits ernsthafte Schäden in unserem Körper verursachen. Eine Stromstärke von 0,1 A, wie sie etwa in den Glühlampen fließt, kann tödlich wirken. In der Diathermie hingegen können ohne jede Gefahr und ohne jede Schmerzempfindung Spannungen von mehreren hundert oder gar tausend Volt verwendet werden. Diathermieströme von 1 bis etwa 5 A werden von Patienten ohne weiteres vertragen.

Die Ungefährlichkeit der Diathermieströme ist in ihrer Eigenart begründet.

Das Lichtnetz in unseren Wohnungen liefert entweder Gleichstrom oder Wechselstrom. Gleichstrom fließt ständig in einer Richtung, während der Wechselstrom in der Sekunde 100mal seine Richtung ändert. Beide Stromarten des Lichtnetzes sind, wenn sie durch unseren Körper fließen, äußerst gefährlich. Schäden, die solche Ströme

anrichten, beruhen auf chemischen Wirkungen des Stromes im Blut und in der Gewebeflüssigkeit.

Zur Diathermie wird Wechselstrom verwendet, der in der Sekunde etwa 100 000mal seine Fließrichtung ändert. Solche Ströme werden Hochfrequenzströme genannt. Sie sind ungefährlich, weil sich ihre Fließrichtung so rasch ändert, Diathermieströme wirken nur erwärmend.

Bei der Behandlung mit Diathermie werden dem Patienten am erkrankten Körperteil zwei Metallmanschetten angelegt, über die der Strom zugeführt und abgeleitet wird.

Hochfrequenzströme für Diathermie werden mit Elektronenröhren oder einer Funkenstrecke in bestimmten Schaltungen aus Netzstrom erzeugt. Das Diathermiegerät des Arztes wird unmittelbar an das Lichtnetz angeschlossen.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

113. In einer Schaubude auf dem Jahrmarkt wurde von den Zuschauern ein Artist bestaunt, der sich elektrische Funken von bald 1 m Länge in den Körper schlagen ließ, ohne daß es ihm irgend etwas ausmachte. Erklärung?
114. Worauf beruht die Ungefährlichkeit der Diathermieströme?
115. Ein Hin- und Herfließen des Wechselstromes des Lichtnetzes wird eine Periode genannt. Wieviel Perioden hat der Wechselstrom des Lichtnetzes in der Sekunde?

Arzt beim  
Messen des  
Blutdruckes  
mit Queck-  
silbersäule



Der Blutdruck wird gemessen

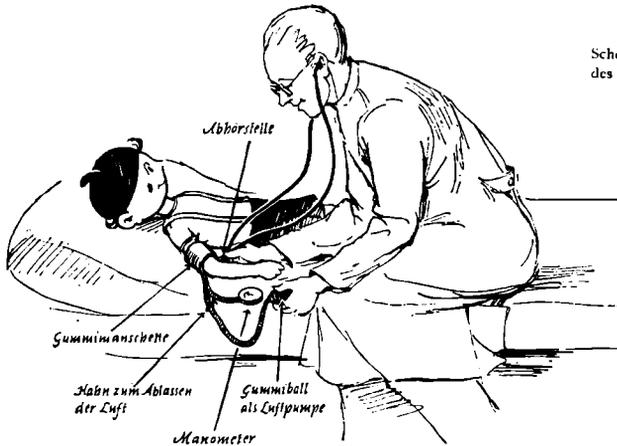
Unermüdlich arbeitet unser Herz.

Die Blutmenge im Körper beträgt bei einem Erwachsenen etwa 5 l. Mit jedem Schlag pumpt das Herz  $\frac{1}{10}$  l Blut durch die Adern. Es leistet bei einer Masse von etwa 300 g rund  $\frac{1}{375}$  PS.

Diejenigen Blutgefäße, in denen das Blut vom Herzen wegfließt, heißen Arterien. Die Blutgefäße, in denen es zum Herzen zurückfließt, werden Venen genannt.

Auf die elastischen Gefäßwänden übt das Blut einen bestimmten Druck aus, den wir Blutdruck nennen. Er kann gemessen werden und gibt dem Arzt wichtige Hinweise zum Erkennen von Krankheiten. Die Höhe des Blutdruckes ist im allgemeinen vom Alter ab-

Schema der Messung  
des Blutdruckes



hängig und beträgt bei einem 15jährigen etwa 110 Torr (110 mm Quecksilbersäule). Das Blut drückt also in diesem Falle auf die Gefäßwandung in gleicher Weise wie eine 110 mm hohe Quecksilbersäule.

Meist mißt der Arzt den Blutdruck der Arterie des Oberarms. Dabei wird ein etwa 10 cm breites bandförmiges (zunächst leeres) Luftkissen um den Oberarm gewickelt und festgebunden.

Dann drückt der Arzt mit einem Gummiball Luft in die Gummimanschette hinein. Je mehr Luft hineingepreßt wird, um so stärker drückt die Innenwand der Gummimanschette auf die Arterie. Der jeweils im Luftkissen herrschende Druck wird an einem Manometer (Druckmesser) abgelesen, das mit der Luftmanschette beziehungsweise dem Luftzufuhrschlauch verbunden ist.

Schließlich wird der Druck in der Gummimanschette so weit erhöht, daß die Arterie abgeschnürt wird, also kein Blut mehr in den Unterarm fließen kann. In diesem Augenblick ist der Druck in der Gummimanschette größer als der Blutdruck in der Arterie. Am Handgelenk ist dann kein Pulsschlag mehr festzustellen.

Jetzt läßt der Arzt über einen Hahn ganz langsam die eingepreßte Luft abströmen. Dadurch vermindert sich der auf die Arterie aus-

geübte Druck. In dem Augenblick, in dem das Blut die bisher abgesperrte Stelle wieder durchdringt, zeigt das Manometer die Höhe des Blutdruckes an.

Der Arzt stellt sowohl den Augenblick des Abschnürens der Arterie als auch den Augenblick des Wiedereinströmens des Blutes meist mit einem Membran-Stethoskop fest. Das ist ein Instrument, mit dem er das Rauschen des Blutstromes gut abhören kann. Dabei hält der Arzt eine Kapsel, die zur Verstärkung des Schalls eine Membran enthält, dicht unterhalb der Absperrstelle an die Innenseite des Unterarmes. Durch diese Kapsel wird das Geräusch des Blutstromes etwa in ähnlicher Weise verstärkt wie der Ton einer schwingenden Geigensaite durch das Mitschwingen des gesamten Geigenkörpers. Von der Kapsel gelangt der Schall durch zwei Gummischläuche zu den Ohren des untersuchenden Arztes. In dem Augenblick, in dem er das Blut wieder strömen hört, liest er am Manometer den Blutdruck des Patienten ab.

Der normale Blutdruck eines Gesunden steigt im allgemeinen mit dem Lebensalter. Man hat auf Grund vieler Untersuchungen folgende Formel aufgestellt:

Blutdruck in Torr (mm Quecksilbersäule) =  $102 + (\text{Lebensalter} \cdot 0,6)$

Für einen 30jährigen ergibt sich:  $102 + (30 \cdot 0,6) = 102 + 18$ .

Der normale Blutdruck eines 30jährigen beträgt also etwa 120 Torr.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

116. Stelle durch Befühlen mit zwei Fingerspitzen an der Innenseite des Handgelenkes fest, wie oft dein Herz in einer Minute schlägt!
117. Wieviel Liter Blut werden vom Herzen in 24 Stunden bewegt, wenn bei jedem Schlag  $\frac{1}{10}$  l Blut in die Adern gepumpt wird?
118. Berechne den normalen Blutdruck eines 50jährigen!

## Örtliche Betäubung

Vor rund 100 Jahren wurde in Deutschland die erste schmerzlose Operation durchgeführt. Das Unempfindlichmachen für Schmerz wird als Anästhesie bezeichnet.

Bei der allgemeinen Anästhesie oder Narkose läßt man den Patienten bestimmte Gase (wie Äther oder Chloroform) einatmen. Dadurch wird eine zeitweilige Bewußtlosigkeit hervorgerufen, in der der Patient keinerlei Schmerz empfindet. Die gleiche Wirkung kann auch durch einen Einlauf bestimmter Flüssigkeiten in den Darm erzielt werden.

Unter Lokalanästhesie versteht man eine rein örtliche Betäubung, bei der der Patient nicht das Bewußtsein, wohl aber die Schmerzempfindlichkeit an der betreffenden Stelle verliert, an der er geschnitten werden soll. Soll ein Zahn schmerzlos gezogen werden, sticht der Arzt in der Nähe des kranken Zahnes eine feine hohle Nadel ins Zahnfleisch, durch die er eine bestimmte Flüssigkeit (Novokain) einspritzt, die für eine gewisse Zeit keinen Schmerz an der betreffenden Stelle empfinden läßt.

Eine besonders einfache Form der örtlichen Betäubung ist die Kälteanästhesie, die bei kleineren Operationen angewendet wird, zum Beispiel beim Entfernen einer Warze. Der Arzt benutzt dabei eine Glasflasche, in der sich Chloräthyl befindet, eine Flüssigkeit, die schon bei  $12,5^{\circ}$  C siedet. Daß sie nicht schon in der Flasche siedet, verhindert der Druck des eigenen Dampfes, der sich über dem Chloräthyl angesammelt hat. Drückt der Arzt auf den Verschlusshebel dieser Flasche, so spritzt ein feiner Strahl heraus, den er auf diejenige Stelle richtet, die schmerzunempfindlich werden soll. Beim Auftreffen auf die Haut verdampft die Flüssigkeit sofort restlos, da ihr Siedepunkt bei  $12,5^{\circ}$  C liegt. Der Patient empfindet dabei an dieser Stelle eine starke Abkühlung. Sie entsteht, weil zum Verdampfen jeder Flüssigkeit Wärme erforderlich ist.

Wir können das auch feststellen, wenn wir an einem heißen Sommertag aus dem Schwimmbad steigen. Trotz Sonnenschein und heißer Luft empfinden wir so lange ein Kältegefühl, bis das Wasser auf der Haut und im Badeanzug verdunstet ist. Die zum Verdampfen notwendige Wärme wird dabei unserem Körper entzogen.

Durch das verdampfende Chloräthyl wird die angespritzte Körperstelle stark abgekühlt. Dadurch wird das Schmerzempfinden ausgeschaltet, und die Operation kann schmerzlos durchgeführt werden.

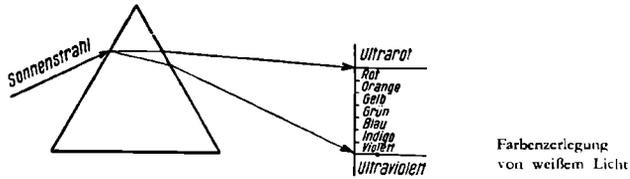
#### Zum Beobachten und Nachdenken

119. Wenn wir im Sommer schwitzen, kühlt sich unser Körper ab. Warum?
120. Durch Rühren und Umlöffeln kühlt sich heiße Suppe ab. Warum?
121. Welche physikalische Erscheinung wird in Kühlschränken ausgenutzt?

#### Höhensonne

Trifft ein Sonnenstrahl auf ein Glasprisma, wird er darin nicht nur gebrochen, sondern auch in bunte Farben zerlegt. Auf einem weißen Schirm kann man das Farbenband (Spektrum) auffangen, in dem die Farbengruppen Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett nebeneinanderliegen und miteinander verschmelzen. Im Regenbogen haben wir alle schon ein solches Spektrum gesehen.

Es läßt sich nachweisen, daß das Sonnenlicht auch noch andere, für uns aber unsichtbare Lichtanteile enthält. Jenseits des Rot im Spektrum findet man Wärmestrahlen, die auch als ultrarote (oder infra-



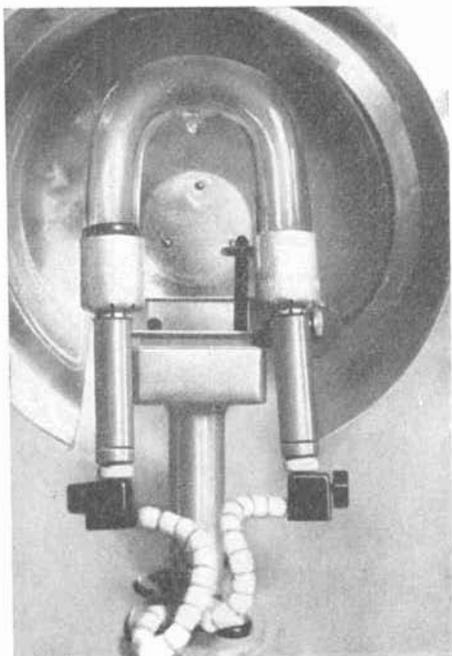
rote) Strahlen bezeichnet werden. Jenseits des Violett liegen die ultravioletten Strahlen.

Diese ultravioletten Strahlen, die auf einem weißen Schirm keinen Lichteindruck hervorrufen, haben eine starke chemische und biologische Wirkung. Sie bräunen unsere Haut. Beim Durchgang durch die atmosphärische Luft werden die ultravioletten Strahlen zum Teil verschluckt (absorbiert).

Die Luft enthält meist viele Staubteilchen, die im allgemeinen wegen ihrer winzigen Größe nicht sichtbar sind. Wenn ein Sonnenstrahl in ein halbverdunkeltes Zimmer fällt, leuchten solche Staubteilchen auf und werden sichtbar. Die Absorption der ultravioletten Strahlen in der Luft ist um so stärker, je mehr Staubteilchen in der Luft enthalten sind. An der See und im Hochgebirge bräunt unsere Haut im Sommer besonders rasch. Dort ist der Staubgehalt der Luft sehr gering, und die hautbräunenden ultravioletten Strahlen des Sonnenlichtes werden von der Luft nur wenig absorbiert. Sie können also stärker auf unsere Haut einwirken. An der See weht der Wind am Tage meist von der See zum Land. Die Luft über der See ist staubrein, da naturgemäß über dem Wasser kein Staub aufgewirbelt werden kann. Im Hochgebirge ist die Luft wegen des dort herrschenden geringeren Luftdruckes dünner als in der Tiefebene. Deshalb werden die dort aufgewirbelten Staubteilchen von der Luft nicht lange getragen und setzen sich bald wieder ab. Die Hochgebirgsluft ist besonders rein und damit durchlässig für die ultravioletten Strahlen des Sonnenlichtes.

Ultraviolette Strahlen werden künstlich mit der Höhensonne oder Quarzlampe erzeugt. Das ist eine elektrische Bogenlampe, bei der in einem gekrümmten Quarzrohr ein elektrischer Lichtbogen zwischen zwei mit Quecksilber gefüllten Rohransätzen brennt.

Der Brenner besteht aus einem glasklaren, luftleeren Quarzrohr, das starke Erwärmung bis zur Glut verträgt, ohne zu springen. Die nach unten gebogenen Rohrenden sind mit Quecksilber gefüllt. In die beiden Quecksilbernäpfe ist über einen Widerstand je ein Pol eingeführt. Beim Anbrennen der Lampe wird das eine Ende etwas angehoben, so daß ein Quecksilberfaden zum anderen Ende rinnt. Dadurch wird der Stromkreis geschlossen. Senkt man das eine Ende wieder, wird der Quecksilberfaden



Brenner der Quecksilberquarzlampe (Höhensonne)

dünner und dünner, bis er schließlich zerreißt. An der Abrißstelle leuchtet sofort ein strahlender Lichtbogen auf, der sich nach dem Zurückrinnen des Quecksilbers von dem einen Quecksilbernäpf bis zum anderen erstreckt. Im Lichtbogen glüht Quecksilberdampf mit bläulich-violetterem Licht, das in der Hauptsache aus ultravioletten Strahlen besteht. Da Quarz — im Gegensatz zu anderen Glassorten — durchlässig für Ultraviolett ist, dringt das Licht nach außen.

Der Brenner ist meist von einem polierten metallischen Reflektor umgeben, der das nach der Rückseite ausgestrahlte ultraviolette Licht in die Bestrahlungsrichtung lenkt. Der Arzt verordnet Höhensonne zum Beispiel bei bestimmten Hautkrankheiten und



Tuberkulose. Bei solchen Bestrahlungen muß eine Brille mit dunklen Gläsern aufgesetzt werden, die das Auge vor dem Ultraviolett und dem grellen Lichtschein schützt.

Zum Beobachten und Nachdenken

122. Welcher Stoff wirkt in einer brennenden Höhensonne als Stromleiter?
123. Warum besteht der Brenner der Höhensonne aus Quarz?
124. Rotes Licht hat eine Wellenlänge von etwa 800, violettes Licht von etwa 400 millionstel mm. Was ist über die Wellenlänge von Ultraviolett zu sagen?

## Ultraschall

Schallwellen sind Luftschwingungen, das wissen wir nun schon. Liegt die Schwingungszahl unter 16 Hz (16 Schwingungen in der Sekunde) oder über 20 000 Hz, werden Wellen erzeugt, die das menschliche Ohr nicht mehr hört. Die Schallwellen über 20 000 Hz werden Ultraschall genannt.

Ultraschall von etwa 150 000 Hz wird vom Arzt zum Behandeln von rheumatischen Erkrankungen und Nervenleiden verwendet. Dabei wirken die Wellen des Ultraschalls auf die Körpergewebe wie eine Massage, die eine erhöhte Durchblutung des behandelten Körperteils verursacht. Auch bei Furunkeln und Geschwüren wurden Heilerfolge erzielt.

Mit elektrischen Ultraschallgeräten läßt sich Ultraschall zwischen 20 000 und 50 000 000 Hz erzeugen. In diesen Geräten befindet sich ein Kristall (Quarz), der abwechselnd zusammengedrückt und gedehnt, also in Schwingungen versetzt wird, sobald am Kristall eine elektrische Wechselspannung liegt. Dabei ist die Schwingungszahl (Frequenz) der erzielten mechanischen Schwingungen genauso groß wie die der angelegten Wechselspannung. Mit Elektronenröhren (ähnlich den Rundfunkröhren) bereitet es keine Schwierigkeiten, Wechselströme von 20 000 oder 100 000 Hz zu erzeugen, und man erhält mit einem derartigen Kristall ohne weiteres Ultraschall von geeigneter Schwingungszahl.

Während eine Schallwelle von 440 Hz (Kammerton a) eine Wellenlänge von 78 cm hat, beträgt die Wellenlänge einer Ultraschallwelle von 200 000 Hz nur 1,7 mm.

Auch in der Technik wird der Ultraschall viel verwendet. Es gibt heute Waschmaschinen, in denen die mühsame Arbeit des Waschens, die sonst nur mit der Hand oder durch Maschinenkraft verrichtet wird, durch Ultraschall erfolgt. Mit Ultraschall können Flüssigkeiten, flüssige Metalle und Legierungen leicht entgast werden. Nicht misch-

bare Flüssigkeiten, wie Wasser und Öl, werden von ihm so kräftig durcheinandergeschüttelt, daß das Öl im Wasser in winzige Tröpfchen verteilt wird und damit eine milchige Flüssigkeit, eine Emulsion entsteht. Um hochwertige fotografische Filme herzustellen, verwendet man ebenfalls Ultraschall. Die Emulsion wird vor dem Aufgießen auf das Filmband durch das Beschallen entsprechend feinkörnig gemacht. Auch zur Werkstoffprüfung wird Ultraschall verwendet. Dadurch werden Risse und Hohlräume in dem geprüften Werkstoff sichtbar. Um Meerestiefen zu messen und Nachrichten zu übermitteln, benutzt man ebenfalls Ultraschall. Die Möglichkeiten, ihn für die Technik auszunutzen, sind noch nicht zu übersehen.

Fledermäuse fliegen in völliger Dunkelheit mit erstaunlicher Sicherheit umher und weichen dabei jedem Hindernis

aus. Man hat festgestellt, daß sich die Fledermaus dabei mit Ultraschall orientiert. Sie stößt in der Sekunde etwa 100 Ultraschallschreie von etwa 50 000 Hz aus. Die Fledermaus kann nicht nur Ultraschall erzeugen, sondern kann ihn auch mit den Ohren aufnehmen und hören. Fliegt sie bei Dunkelheit auf einen Baum zu, wird der ausgesandte Schall von die-



Ultraschallbehandlung  
im Wasserbad



Mops-Fledermaus  
Breite der  
Schwinge 27 cm,  
Länge 9 cm

sem zurückgeworfen. Die Fledermaus hört dabei ein Ultraschall-echo. Daran erkennt sie das Hindernis und weicht ihm aus.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

125. Das Bestrahlen von Werkstücken oder Körperteilen mit Ultraschall wird „beschallen“ genannt. Diese übliche Bezeichnung ist jedoch sachlich unrichtig. Warum?
126. Kann man auch Schall-Waschmaschinen bauen? Nachteil?
127. Wie wird Ultraschall technisch erzeugt?

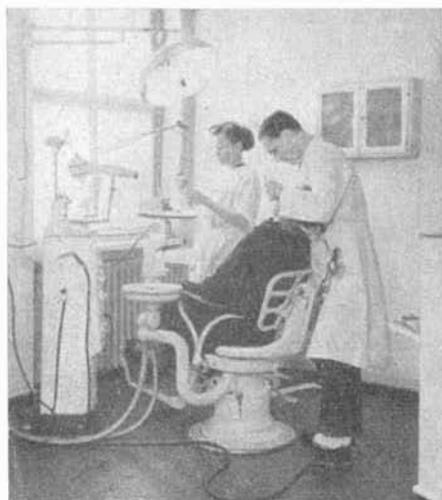
## Beim Zahnarzt

Zum Zahnarzt geht man meist mit gemischten Gefühlen. Jeder weiß aber auch, daß man sich frühzeitig und regelmäßig in zahnärztliche Behandlung begeben soll, um das Gebiß gesund und leistungsfähig zu erhalten.

Nachdem wir von der freundlichen Assistentin des Zahnarztes empfangen worden sind, auf dem Behandlungsstuhl Platz genommen und ein Schutztuch umgebunden bekommen haben, spülen wir den Mund und harren der Dinge, die da kommen sollen. Im weißen Arbeitsmantel erscheint der Zahnarzt. Er begrüßt uns und fragt, wo wir Schmerzen hätten.

Jetzt wird es ernst! Der Stuhl hebt sich langsam. Fast wie im Fahrstuhl wird der Sitz geräuschlos ein Stück gehoben. Je kleiner der Patient ist, um so größer ist die Hubstrecke.

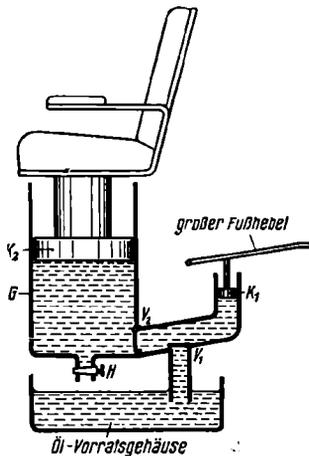
Mit einem kleinen Hohlspiegel an einem Stiel sieht der Arzt sich den Schaden an.



Ja, wenn der Zahnarzt nicht wäre, würde uns diese Fahrt auf dem Stuhlsitz nach oben mehr Spaß machen. Seht ihn euch einmal näher an, wenn ihr wieder zum Zahnarzt kommt. Vielleicht erlaubt er es sogar, daß ihr einmal selbst den Stuhlsitz nach oben drückt.

Auf dem Behandlungsstuhl  
beim Zahnarzt

Am Gestell des Behandlungsstuhles sehen wir zwei etwa waagrecht liegende Hebel, einen großen und einen kleinen. Wenn der Arzt den Sitz und damit den Patienten heben will, drückt er den großen Hebel mit dem Fuß mehrmals nach unten. Bei jedem Zutreten wird der Sitz mit dem Patienten sanft ein Stück nach oben bewegt. Ist die Zahnbehandlung beendet, tritt der Zahnarzt auf den kleineren Hebel. Langsam senkt sich der Stuhl. Wir können ihn verlassen und nach Hause gehen.



Wirkungsweise der hydraulischen Presse

Das Heben geschieht nach dem Prinzip der hydraulischen Presse. „Hydraulisch“ heißt sinngemäß übersetzt:

durch Wasser- oder Öldruck bewegt. Beim Behandlungsstuhl wird der Druck des Fußes durch Öl übertragen.

Das starkwandige, U-förmige Gefäß G ist mit Öl gefüllt. Im rechten Zylinder befindet sich der bewegliche Kolben  $K_1$ , im linken der Kolben  $K_2$ . Die beiden Zylinder sind durch ein Ventil  $V_2$  — je nach dessen Stellung — miteinander verbunden oder voneinander getrennt. Das Öl-Vorratsgefäß ist durch ein Ventil  $V_1$  mit dem U-Rohr verbunden.

Tritt der Zahnarzt auf den großen Hebel des Behandlungsstuhles, wird der Kolben  $K_1$  nach unten gedrückt. Durch den auf das Öl ausgeübten Druck wird das Ventil  $V_1$  geschlossen, das Ventil  $V_2$  geöffnet. Dadurch wird das Öl in den linken Zylinder gedrückt und der Kolben  $K_2$  mit dem darauf angebrachten Sitz gehoben. Jedesmal, wenn der große Fußhebel nach unten bewegt wird, drückt ihn eine eingebaute Feder wieder hoch. Der Kolben  $K_1$  bewegt sich dabei nach oben, damit schließt sich das Ventil  $V_2$ , und das Ventil  $V_1$  öffnet

sich. Durch die Aufwärtsbewegung des Kolbens  $K_1$  bei geöffnetem Ventil  $V_1$  wird aus dem Vorratsgefäß Öl in den rechten Zylinder gesaugt. Drückt man jetzt den großen Fußhebel wieder nach unten, bewegt sich der Kolben  $K_1$  nach unten. Dabei wird bei geschlossenem Ventil  $V_1$  und geöffnetem Ventil  $V_2$  das Öl wieder in den linken Zylinder gedrückt, und der Kolben  $K_2$  mit dem Sitz steigt.

Das wird so lange fortgesetzt, bis sich der Sitz mit dem Patienten in entsprechender Höhe befindet.

Nachdem die Behandlung beendet ist, tritt der Arzt mit dem Fuß auf einen zweiten kleinen Hebel am Gestell des Stuhles und öffnet damit den Hahn  $H$ . Das Öl fließt jetzt aus dem linken Zylinder durch den geöffneten Hahn in das Vorratsgefäß. Dabei sinkt der Kolben  $K_2$  mit dem Sitz nach unten.

Die Kraftübertragung durch Flüssigkeit gewährleistet nicht nur ein ruhiges langsames Heben, sondern zugleich eine erhebliche Kraftersparnis. Schon durch den großen Fußhebel ist die Kraft, mit der der Kolben  $K_1$  niedergedrückt wird, auf Grund des Hebelgesetzes um ein Mehrfaches größer als die drückende Kraft des Fußes.

Beträgt der Querschnitt des Kolbens  $K_1$   $10 \text{ cm}^2$  und die auf ihn wirkende Kraft  $10 \text{ kp}$ , so ist der ausgeübte Druck gleich  $1 \text{ kp/cm}^2$ , der sich auf den Kolben  $K_2$  fortpflanzt. Hat dieser einen Querschnitt von  $50 \text{ cm}^2$ , so wirkt auf ihn eine Kraft von  $1 \text{ kp/cm}^2$  mal  $50 \text{ cm}^2$  gleich  $50 \text{ kp}$ . Drücke ich mit einer Kraft von  $10 \text{ kp}$  auf den Kolben  $K_1$ , wirkt auf den Kolben  $K_2$  das 5fache der aufgewendeten Kraft. Berücksichtigen wir noch den Hebel, der auf  $K_1$  drückt (hier im Verhältnis  $1 : 3$ ), so brauche ich nur  $\frac{1}{3}$  der Kraft, also  $3,33 \text{ kp}$ . Der Arzt braucht also nur  $\frac{1}{15}$  des Gewichtes des Patienten an Kraft aufzuwenden.

Die hydraulische Presse ermöglicht es uns, mit einer geringen Kraft eine vielfach größere Kraft auszuüben. Sie wird auch zum Pressen von Kunst- und Faserstoffen, von Heu, Stroh, ferner zum Auspressen von Öl und Saft aus Früchten, zum Biegen und Schmieden von Stahl und zum Heben schwerer Lasten verwendet.

Zum Beobachten und Nachdenken

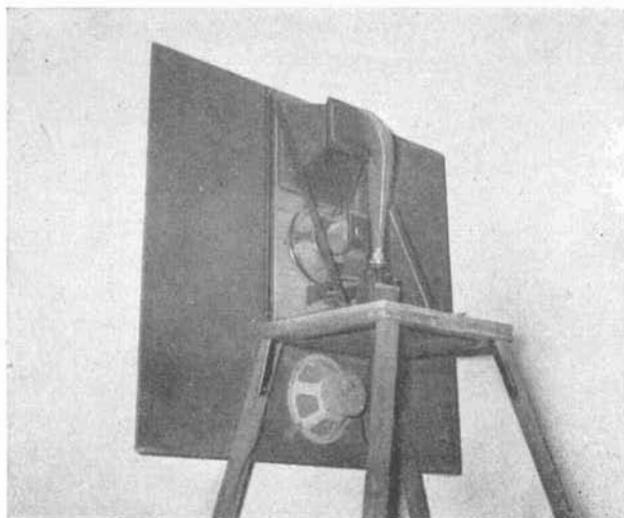
28. Laß dir von einem Kraftfahrer erklären, wie die Kraft, mit der der Fuß des Fahrers auf den Fußbremshebel drückt, auf die Bremszylinder übertragen wird!
29. Widerspricht die Kraftübertragung der hydraulischen Presse nicht dem Gesetz von der Erhaltung der Energie?

## IM KINO

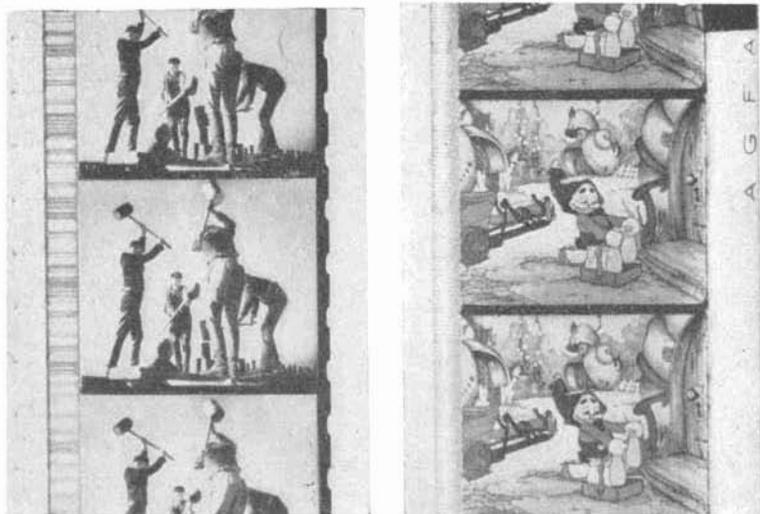
### Hinter der Leinwand

Die Lautsprecher im Lichtspielhaus sind hinter der Leinwand angebracht, damit der Schall aus der gleichen Richtung ins Ohr des Zuhörers dringt, in der er die handelnden Personen sieht. Bild und Ton werden miteinander gekoppelt, daß der Zuhörer den Eindruck gewinnt, Ton, Sprache und Geräusche kommen unmittelbar aus dem lebenden Bild.

Durch eine geeignete Lage der Lautsprecher wird erreicht, daß der Schall gleichmäßig nach allen Plätzen im Zuschauerraum strahlt und überall gut zu hören ist. Einige dieser Lautsprecher sind Tiefton-



Hinter der  
Leinwand  
im Kino  
stehen die  
Lautsprecher

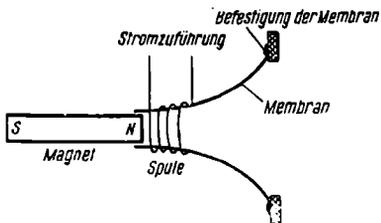


Ausschnitte aus Tonfilmstreifen. Links neben den Filmbildern ist der Ton entweder in Sprossenschrift oder in Zackenschrift aufgezeichnet.

lautsprecher, die nur die tiefen Töne wiedergeben. Die anderen sind Hochtonlautsprecher zur Wiedergabe der hohen Töne.

Die Membran im Lautsprecher, die den Schall erzeugt, wird durch elektrische Ströme in Bewegung versetzt, die im Tempo der jeweiligen Schallschwingung in ihrer Stärke schwanken. Diese Schallschwingungen für die Lautsprecher werden im Bildwerferraum von dem Tonstreifen des Filmes abgetastet und den Lautsprechern hinter der Bildwand zugeführt. In der Zuleitung ist eine elektrische Weiche eingeschaltet, die selbsttätig den jeweils geeigneten Stromanteil den Tieftonlautsprechern und den Hochtonlautsprechern zuführt.

Jeweils links auf dem Filmband ist der Ton fotografiert. Man unterscheidet dabei das Sprossenschriftverfahren und das Zackenschriftverfahren. Bei der Tonaufnahme nach beiden Verfahren werden die Schallschwingungen mit dem Mikrofon aufgenommen und zunächst



Wirkungsweise  
des dynamischen Lautsprechers

in elektrische Stromschwankungen umgewandelt.

Beim Sprossenschriftverfahren wird mit den Stromschwankungen die Helligkeit einer Lichtquelle gesteuert. Die schwankende Helligkeit ist auf dem Tonstreifen fotografiert. Je höher der Ton ist, um so näher liegen

zwei Stellen tiefster Schwärzung über- oder untereinander. Je lauter der Ton ist, desto größer ist der Schwärzungsunterschied zwischen den dunklen und hellen Stellen.

Beim Zackenschriftverfahren ist die Zahl der Zacken um so größer, je höher der aufgezeichnete Ton ist. Die Höhe der Zacken ist durch die Lautstärke bedingt.

Beim Vorführen des Tonfilms läßt man einen schmalen Lichtstrahl von gleichbleibender Stärke den Tonstreifen durchdringen. Infolge der verschiedenen Schwärzung des vorbeierollenden Tonstreifens schwankt der Lichtstrahl, der den Tonstreifen durchdringt, in seiner Helligkeit. Diese Schwankungen werden auf eine lichtelektrische Zelle gerichtet, die sie in Schwankungen eines elektrischen Stromes umwandelt. Dieser in seiner Stärke schwankende Strom ist nach Durchgang durch einen Verstärker der Betriebsstrom für die Lautsprecher hinter der Leinwand.

Hierzu werden ausschließlich dynamische Lautsprecher verwendet.

Der dynamische Lautsprecher enthält einen Magnet, der entweder ein Dauermagnet (Permanentmagnet) oder ein Elektromagnet sein kann.

Über den einen Pol dieses Magneten stülpt sich der zylindrische Teil einer kegelförmigen (konischen) Membran. Über den zylindrischen Teil ist fest eine Spule gewickelt, durch die der aus der lichtelektrischen Zelle kommende und dann verstärkte Strom geleitet wird. Wie wir wissen, wirkt eine von Gleichstrom durchflossene Spule

magnetisch. An dem einen Ende der Spule entsteht ein magnetischer Südpol, am anderen Spulenende ein magnetischer Nordpol. Liegt der magnetische Südpol der Spule links, so wird er vom Nordpol des Magneten angezogen. Infolgedessen wird die Spule nach links gezogen und damit die mit der Spule fest verbundene Membran gestreckt. Da die Stärke des Spulenstromes im Rhythmus des auf dem Tonstreifen aufgezeichneten Tones schwankt, so schwankt auch die magnetische Kraft, mit der die Spule vom Magneten angezogen wird. Infolgedessen wird die Membran in Schwingungen versetzt und erzeugt den auf dem Tonstreifen aufgezeichneten Ton.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

130. Wodurch unterscheidet sich ein permanentdynamischer Lautsprecher von einem elektrodynamischen?
131. Ist auf Seite 166 ein permanentdynamischer oder ein elektrodynamischer Lautsprecher gekennzeichnet?
132. Welche beiden Arten der Licht-Tonschrift gibt es beim Tonfilm?

## IM RUNDFUNKHAUS

### Mikrofone

Das Mikrofon ist das Ohr im Rundfunkhaus. Es nimmt die zu sendende Sprache und Musik in sich auf und verwandelt die Schall-schwingungen in elektrische Stromschwankungen, die dann den Rundfunkwellen aufgeprägt werden. Zu Haus, in unserem Empfangs-apparat, werden aus der Rundfunkwelle die aufgeprägten Strom-schwankungen herausgesiebt und im Lautsprecher wieder in Schall-schwingungen verwandelt. Es gibt verschiedene Mikrofone. In den Anfangsjahren des Rundfunks wurde das Kohlekörnermikrofon ver-



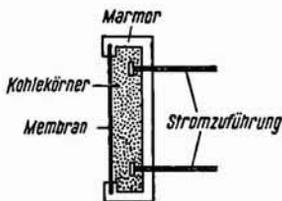
Rundfunk-sprecher am Mikrofon

wendet, das in ähnlicher Art in jedem Fernsprecher eingebaut ist. Ein ausgehöhlter Marmorblock ist mit feingemahlener Kohle (Kohlegrieß) gefüllt und mit einem dünnen schwingungsfähigen Häutchen, der Membran, verschlossen, die aus Glimmer oder Kohle besteht.

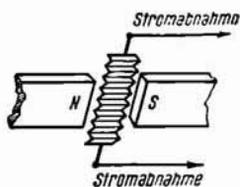
Gemahlene Kohle ist ebenso wie Metallpulver ein elektrischer Leiter. Über zwei metallische Stromzuführungen wird durch den Kohlegrieß ein elektrischer Strom geleitet. Drückt man leicht auf die Membran, so werden die Kohlekörner zusammengepreßt. Dadurch wird der Kontakt zwischen den Körnern besser und der Strom stärker. Wird am Mikrofon der Ton a' gesungen, bei dem unser Stimmband in der Sekunde 440 Schwingungen macht, so übt die Schallwelle auf die Membran 440mal in der Sekunde einen Druck aus. Infolgedessen wird der durch den Kohlegrieß geleitete Strom stoßartig in der Sekunde 440 mal verstärkt. In einfacher Weise entstehen so Stromschwankungen, die der Schwingungszahl der Töne oder dem Rhythmus der Sprache entsprechen. Je höher der aufgenommene Ton ist, desto größer ist die Zahl der Stromschwankungen in der Sekunde, je lauter der Ton ist, um so mehr wird der Strom verstärkt. Während dem Kohlekörnermikrofon ein elektrischer Strom zugeleitet wird, erzeugt das Bändchenmikrofon den Strom selbst. In dem



Kondensator-  
mikrofon



Kohlekörnermikrofon (Prinzip)

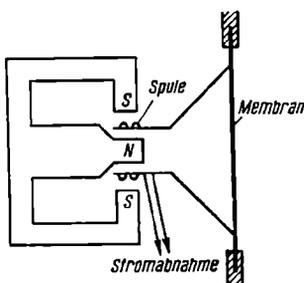


Bändchenmikrofon (Prinzip)

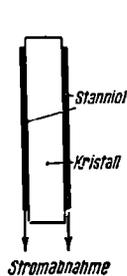
Raum zwischen Nord- und Südpol eines starken Magneten hängt ein dünnes, quer geriffeltes Aluminiumbändchen. Trifft auf dieses Bändchen eine Schallwelle, so wird es je nach Tonhöhe und Tonstärke in entsprechende Schwingungen versetzt. Wir erfuhren bereits, daß in einem Leiter, der sich in der Nähe zweier magnetischer Pole bewegt, ein Induktionsstrom entsteht. Die Induktionsströme im Bändchen des Mikrofons entstehen im Rhythmus der Schallwelle und werden an seinen Enden abgenommen und weitergeführt.

An der metallischen Membran des Tauchspulmikrofons ist ein Kegel aus Steifpapier befestigt, der in einen Zylinder ausläuft. Auf diesen Zylinder ist eine Spule gewickelt, die in den Raum zwischen Südpol und Nordpol eines Magneten hineintaucht. Wird die Membran von Schallwellen angeregt, so bewegt sich die Spule, und es entstehen in ihr Induktionsströme, die an den Enden der Spule abgenommen werden.

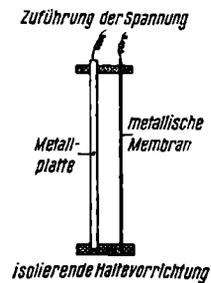
Das Kristallmikrofon nutzt die Tatsache, daß an der Oberfläche mancher Kristalle, wie Quarz, auf der einen Seite eine positive, auf der anderen Seite eine negative elektrische Spannung entsteht, sobald der Kristall gedrückt oder gedehnt wird. Je stärker die Formveränderung ist, desto größer ist die aufgetretene Spannung. Der Kristall ist auf zwei Seiten mit Stanniol, also mit einem Leiter belegt. Trifft auf die eine Seite des Kristalls eine Schallwelle, so erfährt er



Tauchspulmikrofon  
(Prinzip)



Kristallmikrofon (Prinzip)



Kondensatormikrofon  
(Prinzip)

durch die einzelnen Luftstöße einen Druck, und es entstehen im Rhythmus der Schallschwingungen elektrische Spannungen und Ströme, die an den Stanniolbelägen abgenommen werden. Auch das Kristallmikrofon erzeugt die Stromstöße selbst.

Das Mikrofon größter Leistung ist das Kondensatormikrofon. Ein Kondensator ist ein Elektrizitätsspeicher und besteht beim Kondensatormikrofon aus einer Metallplatte und einer metallischen Membran. Beide stehen sich — durch Luft getrennt — gegenüber. Legt man an diese beiden Metallscheiben die beiden Pole einer Gleichspannung, so fließt ein kurzer Ladestrom, der die eine Metallscheibe positiv, die andere negativ auflädt. Die Erfahrung zeigt, daß die in beiden Metallscheiben gespeicherte Elektrizitätsmenge um so größer ist, je dichter die beiden Metallscheiben aneinanderstehen. Sind sie aufgeladen, so fließt kein Strom mehr, weil zwischen ihnen keine leitende Verbindung vorhanden ist. Trifft nun auf die Membran eine Schallwelle, so schwingt sie. Damit wird ihr Abstand von der Metallplatte abwechselnd kleiner und größer. Wird der Abstand kleiner, können die beiden Metallscheiben mehr Elektrizität aufnehmen, und es fließt infolgedessen ein Ladestrom. Bei größerer Entfernung können sie nur wenig Elektrizität aufnehmen, und es fließt ein Entladestrom zur Spannungsquelle zurück. Die Ströme schwanken im Rhythmus der Membranschwingungen, so daß die Schallschwingungen wieder in elektrische Stromschwankungen umgewandelt sind.

Beim Rundfunk werden fast ausschließlich Kondensatormikrofone verwendet.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

133. Bei welchen Mikrofonen werden Stromquellen gebraucht?
134. Welche Mikrofone erzeugen den Strom selbst?
135. Welchem Mikrofon ähnelt die gemäß Seite 65 auch als Sprechkapsel verwendbare Hörrmuschel des Kopfhörers?

## Schallbänder

In eine Schallplatte werden die Schallwellen als Rillen eingeschnitten. Beim Abspielen gleitet eine Nadel in der Tonrinne und wird durch die eingegrabene Tonspur in Schwingungen versetzt. Die Schwingungen der Nadel werden beim Koffergrammophon auf die Membrane des Tonabnehmers übertragen, sie erzeugt die gleichen Schallwellen, mit denen die Platte bei der Aufnahme bespielt wurde.

Mit dieser mechanischen Aufnahme und Wiedergabe sind immer Ungenauigkeiten in der Tonwiedergabe und Nebengeräusche verbunden.

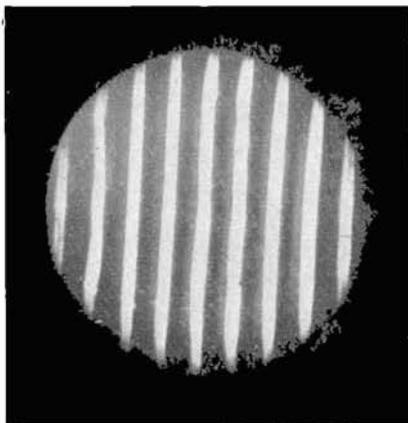
Der Nachteil des Grammofons fällt beim Magnetongerät weg. Es ermöglicht eine wirklichkeitsgetreue Aufnahme und Wiedergabe von Schallwellen, wie sie von keinem anderen Gerät erreicht wird. Der Schall wird dabei nicht mechanisch in den Schallträger eingeschnitten, sondern magnetisch aufgezeichnet. Ähnlich wie beim Film benutzt man ein aus Kunststoff hergestelltes elastisches Band, das 6,5 mm breit und 0,03 mm dick ist.

Auf dem Tonband ist eine magnetisierbare dünne Schicht Magnetit aufgetragen, die, ganz gleichmäßig verteilt, winzige Eisenpulverteilchen enthält.



Das Magnetongerät dient zum Aufnehmen und Abspielen von Musik und Sprache. Von der einen Spule rollt das Tonband ab, auf die andere wird es wieder aufgewickelt.

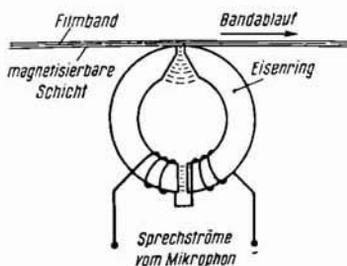
Den Schall nimmt ein Mikrofon auf. Die verstärkten Mikrofonströme werden in eine Spule geleitet, die um einen geschlitzten Eisenring gewickelt ist. Der Ring mit der Spule ist ein Elektromagnet, dessen Pole sich am Schlitz gegenüberstehen. Im Rhythmus des Mikrofonstroms werden die Pole des Elektromagneten mehr oder weniger stark magnetisch, und die auf



Die Rillen auf einer Schallplatte, etwa 100fach vergrößert

dem Tonband an den Polen vorübergleitenden Eisenteilchen werden entsprechend magnetisiert. Beim Abspielen läuft das Tonband an der gleichen Einrichtung wie bei der Tonaufnahme vorbei. Die magnetisierten Eisenteilchen erzeugen in der Spule Induktionsströme, die im Rundfunkempfänger verstärkt und vom Lautsprecher wiedergegeben werden.

Das mit dem Magnettongerät aufgenommene Band kann sofort nach der Aufnahme abgespielt werden. Die magnetischen Aufzeichnungen werden dabei in keiner Weise abgenutzt. Mit einer besonderen elektrischen Einrichtung lassen sich die magnetischen Aufzeichnungen auf dem Tonband wieder löschen, so daß jedes Band für eine neue Tonaufnahme verwendet werden kann.



Schematische Darstellung der magnetischen Tonaufzeichnung

Magnetongeräte verwendet insbesondere der Rundfunk. Reden von Staatsmännern, Konzerte und Hörspiele werden aufgenommen, um sie jederzeit den Rundfunkhörern darbieten zu können. Auch der Tonfilm benutzt dieses Gerät zur Aufnahme des Tones. Später überträgt man ihn dann in die Lichttonspur des Films. Selbst die Aufnahmen für Schallplatten erfolgen zunächst meist durch Magnetongeräte.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

136. Bei einem Spulendurchmesser von 28,5 cm hat ein Tonband eine Länge von 1000 m. In welcher Zeit läuft das Band bei einer Geschwindigkeit von 76,2 cm/s ab?
137. Welche Vorzüge hat das Tonband gegenüber der Schallplatte?
138. Kann eine Lichttonaufnahme (Aufnahme auf Tonfilm) ebenso wie eine Magnettonaufnahme sofort nach der Aufnahme abgespielt werden?

# ZIRKUS, JAHRMARKT, VARIETÉ

## In der Manege

Soeben galoppieren zwei kurz gezügelte rassige Zirkuspferde in die Manege und jagen in gestrecktem Galopp an der rot-weißen Piste entlang, die den Vorführkreis umsäumt. Das Holzmehl der Manege spritzt hoch auf unter den gedämpften Schlägen der blanken Hufe. Zwei Artisten in silberglänzendem Trikot treten in den Kreis und werden von den Scheinwerfern erfaßt. Im Lauf erreichen sie ihre Pferde, greifen in die kurz geschorene Mähne, schwingen sich hinauf und stehen frei auf dem ungesattelten Rücken der galoppierenden Pferde. Beifall rauscht auf.

Die Artisten stehen nicht senkrecht auf dem Pferderücken, sondern schräg nach innen geneigt. Warum? An jedem kreisenden Körper

Artisten balancieren in Schräglage auf dem ungesattelten Rücken der im Kreis galoppierenden Pferde





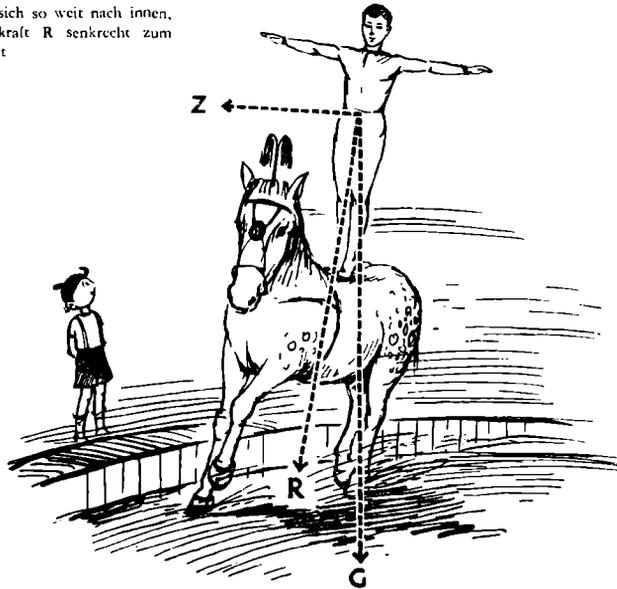
Die Zentrifugalkraft  $Z$  und die Schwerkraft (Gewicht)  $G$  addieren sich nach dem „Kräfteparallelogramm“ zu einer Gesamtkraft (Resultierenden)

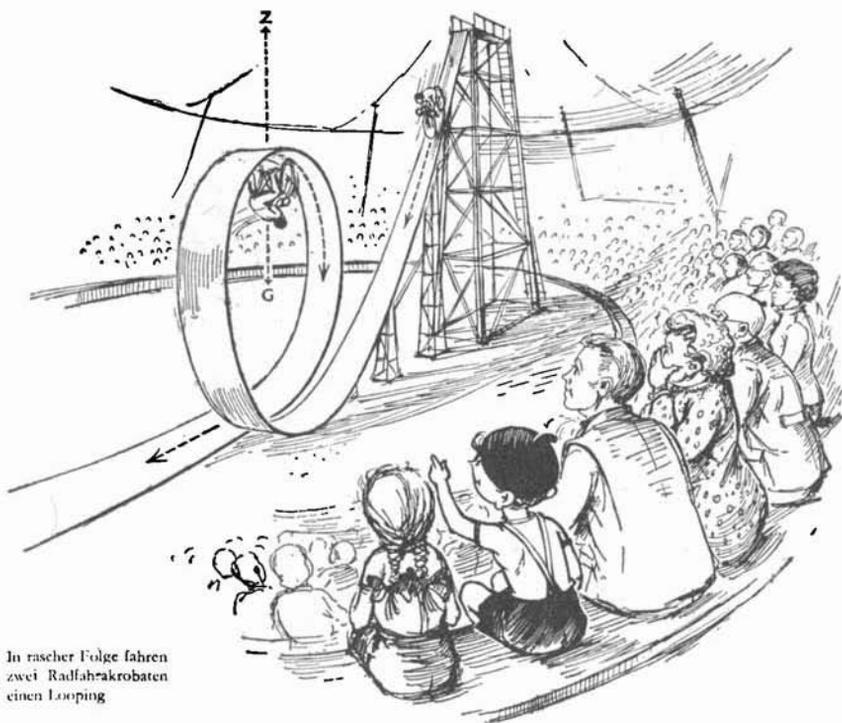
greift im Schwerpunkt eine nach außen ziehende Kraft an, die Zentrifugalkraft. Sie ist um so größer, je größer die Geschwindigkeit des kreisenden Körpers und je kleiner der Halbmesser der Kreisbahn ist.

Diese Zentrifugalkraft  $Z$  und die im Schwerpunkt des Artisten nach unten wirkende Schwerkraft  $G$  summieren sich zu einer schräg nach außen wirkenden Gesamtkraft  $R$ , die den stehenden Artisten schräg nach unten ziehen und ihn zum Absturz bringen würde, wenn er nicht fähig wäre, dieser Kraft durch seine Schräglage entgegenzuwirken.

Je nach Geschwindigkeit des Pferdes neigt sich der Artist mehr oder weniger nach dem Inneren der Kreisbahn. Er steht sicher, wenn die

Der Artist neigt sich so weit nach innen, daß die Gesamtkraft  $R$  senkrecht zum Pferderücken wirkt





In rascher Folge fahren  
zwei Radfahrakrobaten  
einen Looping

Gesamtkraft  $R$ , die sich nach dem Kräfteparallelogramm ergibt, mit dem Pferderücken einen Winkel von  $90^\circ$  bildet.

Rein gefühlsmäßig beachtet der Artist entsprechend seinen Erfahrungen beim Training das Gesetz des Kräfteparallelogramms. Auch das im Kreis galoppierende Pferd neigt seinen Körper nach dem Inneren der Kreisbahn und gleicht damit die Wirkung der Zentrifugalkraft aus. —

Jetzt treten Radfahrer auf, mit blinkenden Rädern. In der Manege ist eine schmale Fahrbahn aufgebaut, die nach oben eine kreisförmige Schleife bildet, mit einem Durchmesser von etwa vier Metern. Davor steht ein Gerüst mit einer schräg nach unten verlaufenden Abfahr-

bahn, von dem die Fahrer starten. Achtung! Der erste durchrundet die Schleife. Er fährt einen „Looping“.

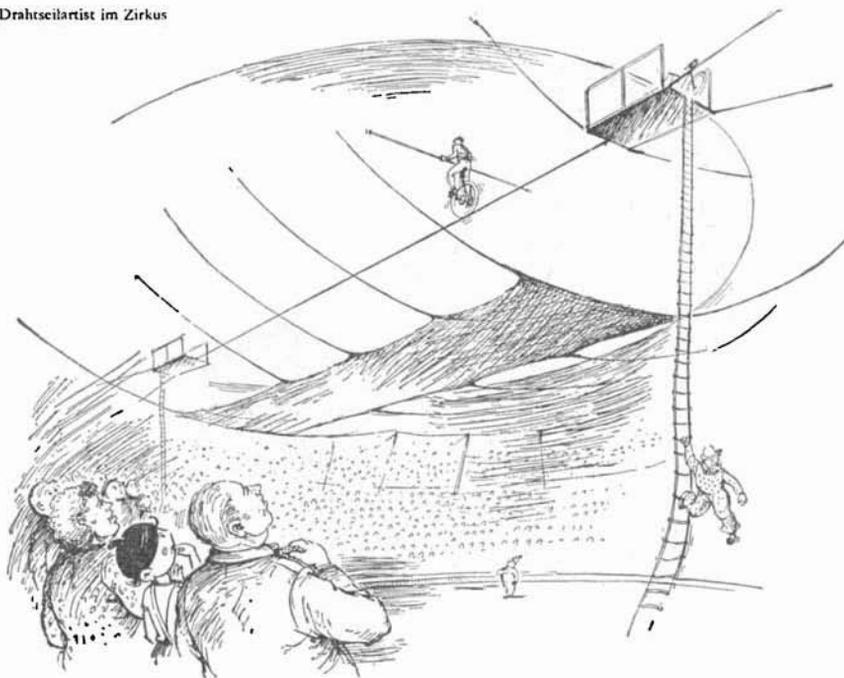
Looping (sprich: Luhping) ist ein englisches Wort und bedeutet „Schleife“. Dabei beschreibt der Artist mit dem Fahrrad oder auch der Flieger mit dem Flugzeug einen vertikalen Kreis, in dessen höchstem Punkt er mit dem Kopf nach unten hängt. Man spricht auch von „looping the loop“, übersetzt: „eine Schleife schlingen“. Der gefährlichste Augenblick dabei ist die kurze Zeitspanne, wo der Fahrer — Kopf nach unten — durch den höchsten Punkt des Kreises fährt. Auch in diesem Moment wirkt auf Fahrer und Rad die Schwerkraft. Wenn ihn der Artist sicher durchfahren will, so muß dort eine starke, nach oben wirkende Kraft vorhanden sein, die der Schwerkraft entgegenwirkt und sie überwindet. Hierzu wird beim Looping die Zentrifugalkraft ausgenutzt. In allen Punkten der Kreisbahn wirkt sie auf den Fahrer und drückt ihn jeweils vom Mittelpunkt nach außen auf die Fahrbahn. Im höchsten Punkt der Schleife ist die Zentrifugalkraft genau nach oben gerichtet, also entgegengesetzt zur Schwerkraft. Zum Gelingen dieser Vorführung muß dafür gesorgt werden, daß die Zentrifugalkraft  $Z$  größer ist als die Gewichtskraft  $G$ . Diese Forderung ist erfüllt, wenn der Fahrer mit entsprechend großer Geschwindigkeit durch die Schleife fährt. Die Höhe des Abfahrtsberges wird auf Grund genauer Berechnungen und Überlegungen so gewählt, daß der Fahrer auf der Startbahn die notwendige Geschwindigkeit erreicht.

Wenn die Zentrifugalkraft dann größer als die Gewichtskraft ist, so besteht für den Fahrer keinerlei Absturzgefahr, wenn er nur geistesgegenwärtig die Fahrbahn genau einhält. Da ihn die Zentrifugalkraft auch im höchsten Punkt der Schleife fest auf die Fahrbahn drückt, hat er — wie uns ein Loopingfahrer berichtet — keineswegs das Gefühl der Unsicherheit. Er empfindet die nach unten ziehende Schwerkraft nicht, weil die nach oben wirkende Zentrifugalkraft stärker ist. — Hoch oben in der Zirkuskuppel ist ein Drahtseil gespannt, auf dem uns Artisten im Licht der Scheinwerfer ihre staunenswerte Beherr-

schung des Gleichgewichts vorführen. Fast mit spielerischer Eleganz laufen sie auf dem dünnen Seil entlang, unter dem ein Sturznetz gespannt ist. Jetzt setzt einer der Artisten ein Einrad auf das Seil, steigt auf und fährt auf dem Seil entlang. Die Balancierstange, die er dabei in den Händen hält, hilft ihm das Gleichgewicht halten. Sobald er nur eine winzige Schwankung nach links empfindet, gibt er der Balancierstange einen Ruck nach rechts und bringt sich damit wieder in die senkrechte Lage. So erreicht er sicher das andere Ende des Seiles. Mit brausendem Beifall atmen die Zuschauer erleichtert auf.

Da klettert ein Clown die Strickleiter zum Seil hinauf, nicht ohne einige Male fehlzutreten und fast abzustürzen. Will der etwa auch . . . ?

Drahtseilartist im Zirkus



Wird der Ball vom Vorführenden in der Richtung auf die Lampen zu bewegt, so bewegt sich jeder der beiden farbigen Schatten auf der Leinwand weiter nach außen und wird dabei größer. Infolgedessen „sehen“ wir den Schatten des Balles ebenfalls größer und auch näher an uns als zuvor. Wenn der Ball dicht an den Lampen vorbeigeworfen wird, haben wir als Zuschauer den Eindruck, daß der Schatten des Balles nach unserem Kopf zielt. Als wir bei der Vorstellung zu sehen glaubten, daß eine schwarze Schattengestalt aus der Leinwand heraustrat und sich in den Zuschauerraum bewegte, da ging der Schauspieler hinter der Leinwand näher und näher an die Lampen heran. Wenn wir solche plastischen Schatten selbst zu Hause erzeugen wollen, hängen wir die Leinwand in den Türrahmen einer offenen Zimmertür. Wir verwenden zwei Nachttischlampen, rotes und grünes Gelatinepapier. Die Brillen werden aus Pappe geschnitten. Nach diesem Rot-Grün-Verfahren kann man auch Bilder drucken, die beim Betrachten mit einer Rot-Grün-Brille plastisch erscheinen. Auch plastische Filme können nach diesem Verfahren hergestellt werden.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

149. Kann man mit einem Auge plastisch sehen?
150. Worauf beruht das Stereoskop?
151. Kann man beim Verfahren der plastischen Schatten auch mit den Farben Blau und Gelb arbeiten?
152. Auch mit den Farben Rot und Gelb?

## IN DER KONДИТОРЕИ

### Speiseeis

In der Konditorei haben wir im allgemeinen kaum Gelegenheit, zuzusehen, wie das Speiseeis hergestellt wird, während sich uns auf dem Jahrmarkt an jeder Eisbude dazu Gelegenheit bietet.

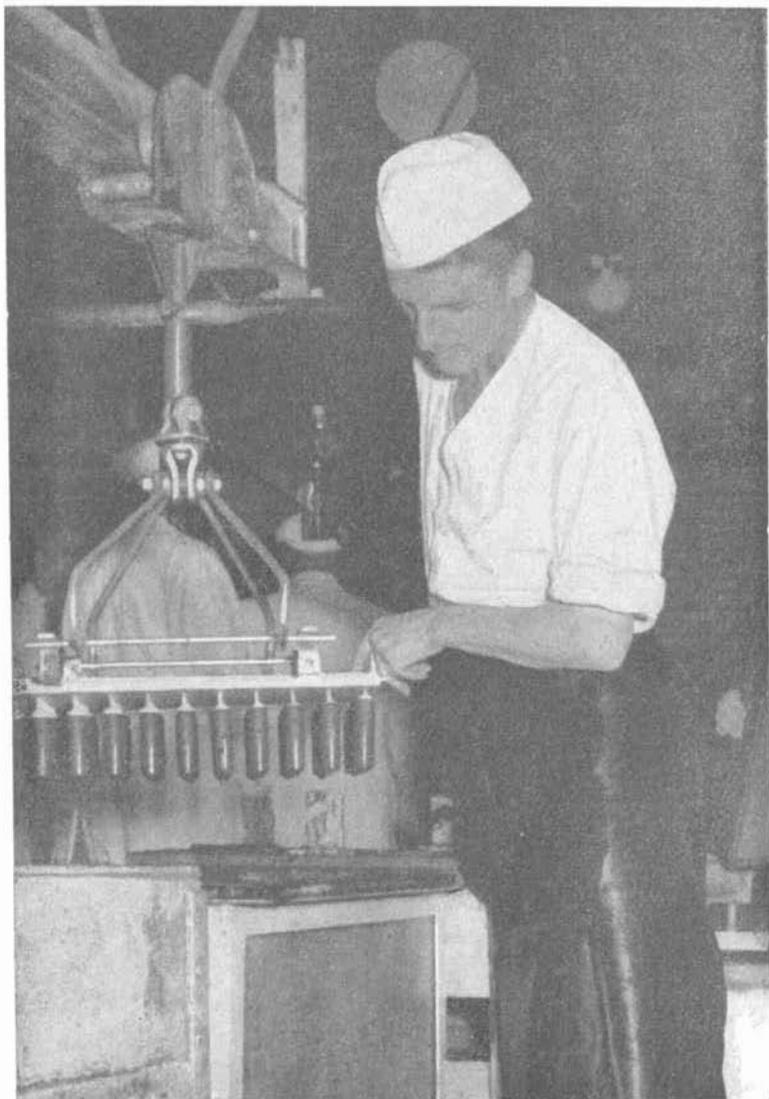
In der Mitte der Eismaschine sehen wir die Gefriertrommel aus Metall, die ein Elektromotor antreibt und dreht. Sie steht in einem größeren Gefäß, das mit zerkleinertem Kristalleis unter Zugabe von rotbraunem Viehsalz gefüllt wird.

Viehsalz ist im wesentlichen, ebenso wie Kochsalz, gemahlenes Steinsalz, das in großen Mengen bergmännisch gewonnen wird. Es ist jedoch nicht so rein wie Kochsalz, sondern mit rotbraunem Eisenoxyd denaturiert. Gepreßtes Viehsalz wird als Leckstein dem Vieh zur Versorgung mit den notwendigen Mineralstoffen gegeben.

Um Speiseeis herzustellen, könnte man auch Kochsalz verwenden, nimmt aber Viehsalz, weil es wesentlich billiger ist.

Blicken wir in die äußere Trommel der Eismaschine, die mit Kristalleis und Viehsalz gefüllt wird, stellen wir fest, daß das Eis ziemlich rasch schmilzt. Im allgemeinen taut es nur dann, wenn ihm Wärme zugeführt wird. Hier schmilzt es jedoch durch Zugabe von Viehsalz. Dabei entsteht Kälte. Das rotbraune Wasser, in dem die Eisstücke schwimmen, hat eine Temperatur von etwa  $-18^{\circ}$  C.

Wie ist es zu erklären, daß Eis durch Salz zum Schmelzen gebracht wird und dabei starke Kälte entsteht? Eis besitzt immer etwas Schmelzwasser, in dem sich sofort ein Teil des Salzes löst. Beim Auflösen von Salz im Wasser wird Wärme (Lösungswärme) verbraucht, die der Flüssigkeit entzogen wird, und die Temperatur der entstehenden Salzlösung sinkt unter  $0^{\circ}$  C. Müßte diese jetzt nicht



Eier wird fabrikmäßig hergestelltes „Eis am Stiel“ mit Schokolade überzogen

gefrieren? Nein, der Gefrierpunkt einer Salzlösung liegt — je nach der enthaltenen Salzmenge, im Gegensatz zum Wasser — weit unter  $0^{\circ}$  C. Durch die Salzlösung wird das Eis abgeätzt, verflüssigt. Zum Schmelzen von Eis ist immer Wärme erforderlich. Diese „Schmelzwärme“ wird der Salzlösung entnommen, die sich beim weiteren Abätzen des Eises fortschreitend abkühlt und schließlich eine Temperatur von etwa  $-18^{\circ}$  C erreicht.

In der äußeren Trommel der Eismaschine befindet sich also eine Kältemischung, in der die Gefriertrömmel steht. In diese Trommel füllt der Konditor eine süße Flüssigkeit, die aus Milch, Schokolade und Zucker besteht. Diese gefriert an der tiefgekühlten Wandung der Trommel. Um feinkörniges Speiseeis zu erhalten, muß der Elektromotor die Gefriertrömmel rasch drehen, während der Konditor gleichzeitig einen großen Holzspatel gegen die Wandung drückt. Dadurch werden die Eisteilchen, die sich an der Wand bilden, abgestoßen, neue Flüssigkeitsteilchen gelangen an die kalte Gefäßwand, gefrieren dort, werden wieder abgestoßen. Die Feinheit des Speiseeises ist von der Temperatur, der Bearbeitung mit dem Spatel und von den Zutaten abhängig.

So entsteht für die vielen Feinschmecker das süße kalte Speiseeis.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

153. Stelle aus Eisstücken mit etwa  $\frac{1}{3}$  dieser Menge Kochsalz eine Kältemischung her. Tauche ein Thermometer hinein und miß die Temperatur!
154. Stelle in eine solche Kältemischung eine hohe Tasse mit süßem Fruchtwasser. Rühre die Flüssigkeit, bis sie steif wird! Du erhältst das schönste, wenn auch etwas grobe Fruchteis.
155. Woher wird die Wärmemenge genommen, die zum Schmelzen des Eises einer Kältemischung notwendig ist?

## Trockeneis

Jawohl, es gibt auch trockenes Eis! Man verwendet es, ähnlich wie Kristalleis, zum Kühlen. Man kann in der Sommerhitze ein Stück Butter zusammen mit Trockeneis in einen Karton packen und mit der Post versenden. Der Karton wird unterwegs nicht naß, und die Butter kommt am nächsten Tag trotz brütender Hitze frisch und fest am Bestimmungsort an.

Trockeneis schmilzt also nicht, es hat überhaupt nichts mit Wasser zu tun. Trockeneis ist festes Kohlendioxyd. Das ist das Gas, das im Selterswasser enthalten ist und beim Öffnen der Seltersflasche sprudelt. Kohlendioxyd wird in verflüssigtem Zustand in großen Stahlflaschen geliefert, die wir oft in Gaststätten am Ausschank sehen. Dort wird Kohlendioxyd ins Bier gepreßt, um ihm einen erfrischenden Geschmack zu verleihen. In den Stahlflaschen steht das Kohlendioxyd unter einem Druck von etwa 50 at.

Kohlendioxyd wird fälschlicherweise oft als Kohlensäure bezeichnet. So spricht man von Kohlensäurebomben und meint damit die Stahlflaschen, die verflüssigtes Kohlendioxyd enthalten.

In einem Versuch können wir zeigen, wie aus verflüssigtem Kohlendioxyd festes Kohlendioxyd, Trockeneis, entsteht. Über das Ausströmungsventil einer Kohlendioxydbombe wird ein Beutel aus festem Tuch gestülpt, zugebunden und am Ventil befestigt. Dann kippt man die Bombe, so daß das Ausströmungsventil nach unten zeigt. Wird nun der Verschluß der Flasche voll aufgedreht, so strömt mit starkem, fauchendem Geräusch gasförmiges und dann flüssiges Kohlendioxyd aus. Das flüssige Kohlendioxyd verdampft sofort, weil es jetzt nur unter dem Druck von einer Atmosphäre steht. Dabei wird der Beutel prall aufgeblasen. Während beim raschen Zusammenpressen von Gasen, wie in der Fahrradluftpumpe, Wärme entsteht, kühlen sich Gase beim raschen Ausdehnen ab. Durch die beim Verdampfen des Kohlendioxydes entstehende Kälte gefriert das weitere Kohlen-

dioxyd. Wenn man nach 10 oder 20 s die Stahlflasche wieder verschließt und dann den Beutel mit Schutzhandschuhen abnimmt, ist er mit Trockeneis gefüllt und dabei so kalt, daß er nicht unmittelbar mit der Hand angefaßt werden kann. Das Trockeneis im Beutel sieht weiß aus wie trockener Pulverschnee. Deshalb wird diese Masse auch oft Kohlensäureschnee genannt. Trockeneis kommt in gepreßtem Zustand, etwa in der Form kleiner Ziegelsteine, in den Handel. Es ist ganz ausgeschlossen, ein größeres Stück Trockeneis auch nur einige Sekunden in der Hand zu halten, denn die starke Kälte wirkt schmerzhaft und kann Schäden wie bei einer Verbrennung ergeben. Aber ein kleines Stück, etwa von Erbsengröße, kann man schon einmal auf die innere Handfläche werfen. Da man dabei starke Kälte empfindet, schüttelt man es unwillkürlich auf der Handfläche hin und her. Passieren kann dabei nichts, weil das Trockeneis unter dem Einfluß der Handwärme an der Auflagestelle sofort zu einem Teil verdampft. Es bildet sich wieder gasförmiges Kohlendioxyd, das zwischen der Haut und dem Trockeneisstück liegt. Diese Gasschicht schützt als schlechter Wärmeleiter die Haut vor schädlichen Einflüssen der starken Kälte. Trockeneis hat an der freien Luft eine Temperatur von  $-79^{\circ}$  C. Beim Erwärmen schmilzt Trockeneis nicht, sondern es geht aus der festen Form unmittelbar in den gasförmigen Zustand über. Man sagt: Es „sublimiert“. Wenn wir Trockeneis in einer offenen Porzellanschale stehenlassen, so wird es langsam weniger und weniger und ist schließlich ganz verschwunden. Eine leere, völlig trockene Schale bleibt zurück. Im Sommer wird auf Straßen und Plätzen Eis am Stiel verkauft. Das Gefäß, in dem die Eisstangen zum Verkauf bereitliegen, ist meist von Trockeneis umgeben. Deshalb sind die Eisstangen viel fester und kälter als das Speiseeis, das sonst in den Konditoreien verkauft wird. Trockeneis wird ferner zum Kühlen von Feinfrostobst und -gemüse verwendet sowie in Eisenbahnwaggons für den Transport von frischen Fischen. Gegenüber dem Kristalleis hat Trockeneis den Vorzug der größeren Kälte und daß bei fortschreitender Erwärmung kein Schmelzwasser entsteht.

### Zum Beobachten und Nachdenken

156. Presse den Mund auf den Rockärmel und puste kräftig in den Stoff! Was geschieht?
157. Über Trockeneis steigen Nebel auf. Warum?
158. Wie heißt die chemische Formel für Kohlendioxyd?

### Kühlschränke

Eis- und Kühlschränke dienen hauptsächlich zum Frischhalten von Lebensmitteln. Während in den Eisschrank Eis gelegt wird, erzeugt der Kühlschrank die benötigte Kälte selbst. Kühlschränke werden mit elektrischem Strom oder mit einem Gasflämmchen betrieben.

In den Kühlschränken wird die Verdunstungskälte von Flüssigkeiten ausgenutzt. Um eine starke Abkühlung zu erreichen, werden Flüssigkeiten verwendet, die leichter verdunsten als Wasser, zum Beispiel Ammoniak.

Gasförmiges Ammoniak kennen wir alle vom Salmiakgeist. Das ist eine wie Wasser aussehende Flüssigkeit, die unter anderem als Fleckenwasser verwendet wird. Riechen wir vorsichtig an einer Salmiakflasche, so steigt uns gasförmiges, stechend riechendes Ammoniak in die Nase. Es befindet sich im verflüssigten



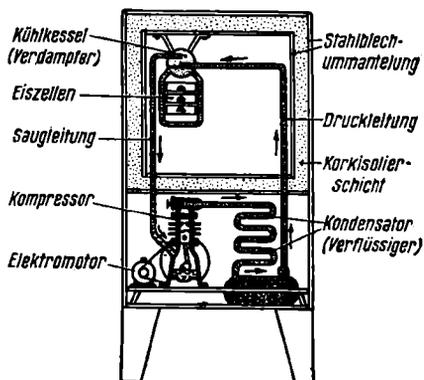
Blick in einen Kühlschrank

Zustand in vielen Kältemaschinen. In den Kompressionskühlschränken erreicht man eine kräftige Verdunstung des flüssigen Ammoniaks durch eine Pumpe, die mit einem Elektromotor angetrieben wird.

Die Pumpe saugt fortwährend verdunstetes Ammoniakgas aus dem Verdampfer an, so daß die Ammoniakflüssigkeit mehr

und mehr verdunstet und sich dabei immer tiefer abkühlt. Der Kühlkörper, in dem sich das flüssige Ammoniak befindet, wird infolgedessen nach und nach kälter und kühlt den Innenraum des Schrankes. Das von der Pumpe angesaugte gasförmige Ammoniak wird von dieser Pumpe zugleich stark zusammengepreßt, verdichtet und in den Kondensator gedrückt. Dort wird die beim Zusammenpressen des Gases entstehende Wärme an die Außenluft abgegeben, so daß sich das stark zusammengepreßte Gas wieder abkühlt und dann infolge der gemeinsamen Wirkung von Druck und Temperaturerniedrigung wieder verflüssigt. Anschließend wird es in den Kühlkörper zurückgeleitet. Die gewünschte Kühltemperatur kann eingestellt werden. Der Kompressionskühlschrank arbeitet automatisch, der Motor schaltet sich von selbst aus, sobald die gewünschte Kühltemperatur erreicht ist, und er schaltet sich selbsttätig ein, sobald sie nicht mehr vorhanden ist.

Absorptionskühlschränke enthalten keinen Motor, also keine beweglichen Teile. Der gasansaugende Motor ist hier durch einen chemischen Stoff, wie Kalziumchlorid, ersetzt, der das verdunstete Ammoniak gierig aufsaugt, absorbiert. Durch elektrische Strom-



Kompressionskühlschrank schematisch

wärme oder durch ein Gasflämmchen wird das aufgesaugte Ammoniak alsdann aus dem Absorptionsmittel wieder ausgetrieben und durch den entstehenden Druck und durch Abkühlung im Kondensator wieder verflüssigt.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

159. Welche beiden Arten von Kühlschränken sind nach ihrer Bauart zu unterscheiden?
160. Wie ist die chemische Formel für Ammoniak?
161. In Kühlschränken können auch flüssiges Schwefeldioxyd oder Chlormethyl verwendet werden. Chemische Formel?

## EIN GEWITTER ZIEHT AUF

### Blitz und Donner

Blitze sind elektrische Funkenentladungen größten Ausmaßes. Die Blitzbahn liegt entweder zwischen Wolken und Erde oder auch zwischen zwei Wolken. Dabei entladen sich elektrische Spannungen bis zu 100 Millionen Volt. Die Stromstärke in der Blitzbahn kann 20 000 bis 200 000 A betragen. Die Zeitdauer des Blitzes beträgt nur einen winzigen Bruchteil einer Sekunde, etwa  $\frac{1}{1000}$  s. Die gewaltigen elektrischen Ladungen der Gewitterwolken entstehen durch die Einwirkung der bei warmem Wetter rasch aufsteigenden Luftmassen auf die Regenwolken. Dabei werden die Regentropfen in größere und kleinere Teilchen zerrissen und zerstückt. Man hat festgestellt, daß bei einem solchen Zerreißen von Wassertropfen die größeren Reststücke der Tropfen positiv, die kleinsten Teilchen hingegen negativ elektrisch geladen werden. Während die größeren positiv geladenen Teilchen infolge ihrer Schwere wieder nach unten sinken, werden die kleineren, negativ geladenen Teilchen von dem aufsteigenden Luftstrom mit nach oben gerissen. Durch diese Trennung der elektrischen La-



In büschelartig verzweigten und geschlängelten Linien flammt ein Liniensblitz auf

dungen entstehen die gewaltigen elektrischen Spannungen, die sich durch den Blitz entladen.

Die Tatsache, daß beim Zerstieben von Wassertropfen elektrische Ladungen entstehen, wurde durch Versuche einwandfrei nachgewiesen. Man hat festgestellt, daß die Luft in der Nähe von Wasserfällen elektrisch negativ geladen ist. Der Sitz der negativen Ladung sind winzige Wasserstäubchen, die beim Zerspritzen von Wasser entstehen. Auch beim Zerreißen und Zertrennen anderer Stoffe (Zucker, Kohle) entstehen elektrische Ladungen, die so stark sein können, daß Funken auftreten. Sie sind oft der Anlaß für gefährliche Staubexplosionen. Die Ladungen entstehen, weil die Elektrizität der Urbaustein aller Stoffe ist. Die Atome aller chemischen Grundstoffe sind zu einem großen Teil aus elektrisch geladenen Teilchen aufgebaut.

Durch den starken Strom in der aufflammenden Blitzbahn wird die Luft im Bruchteil einer Sekunde so stark erhitzt, daß sie sich plötzlich explosionsartig ausdehnt und bei der raschen Abkühlung dann wieder zurückschlägt. Dadurch entsteht das krachende Geräusch des Donners, das sich aus der Ferne infolge des Echos im Gelände wie ein dumpfes, länger andauerndes Grollen und Rollen anhört.

Wenn wir ein fernes Gewitter mit Auge und Ohr beobachten, so ist das Aufzucken eines Blitzes immer früher festzustellen als der damit verbundene Donnerschlag, obwohl ja beide Ereignisse praktisch gleichzeitig erfolgen. Wie ist das zu erklären? Das vom Blitz ausgehende Licht hat eine Geschwindigkeit von rund 300 000 km/s, der Schall dagegen hat bei 18° C Lufttemperatur nur eine Geschwindigkeit von 340 m/s. Deshalb trifft er später bei uns ein als das Licht.

Hören wir den Donnerschlag zehn Sekunden nach dem Aufflammen des Blitzes, so können wir schließen, daß der Schall auf dem Weg vom Ort des Blitzeinschlages bis zu unserem Ohr zehn Sekunden brauchte, also einen Weg von zehn mal 340 m = 3400 m zurücklegte.

Oft beobachten wir bei Gewitterstimmung nur ein fernes „Wetterleuchten“, bei dem der Himmel oder eine ferne Wolkenwand aufleuchtet; den Donner hören wir nicht. Das Gewitter ist dann so weit

entfernt, daß uns der Schall nicht mehr erreicht. Auch die eigentliche Blitzbahn ist beim Wetterleuchten nicht zu sehen, weil Berge oder Wolken die Sicht verdecken, wir sehen nur den Widerschein an den Wolken.

Ein solcher, hinter den Wolken nicht sichtbarer und nur am Aufleuchten der Wolken erkennbarer Linienblitz wird als Flächenblitz bezeichnet. Er kann aber auch auf einer glimmend leuchtenden Entladung ohne Linienblitz beruhen.

Der Blitz schlägt im allgemeinen in erhöhte Punkte im Gelände. Deshalb sind Kirchtürme, hohe Gebäude und Bäume besonders gefährdet. Er bevorzugt aber auch gut leitende Verbindungen zur Erde, wie Flüsse, Seen, unterirdische Wasseradern. Alte Eichen werden besonders häufig vom Blitz getroffen, weil sie tiefgehende und sich weit verzweigende Wurzeln haben, sie bieten dem Blitz beim Übergang in die Erde nur einen geringen Widerstand. Die alte Blitzschutzregel: „Vor den Eichen sollst du weichen, doch die Buchen sollst du suchen“, ist insofern berechtigt, als die Eichen vom Blitz tatsächlich häufig, die Buchen jedoch am seltensten getroffen werden. Trotzdem kann natürlich auch eine sehr hohe Buche besonders blitzgefährdet sein. Am besten ist es, bei Blitzgefahr nicht unter Bäumen Schutz zu suchen.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

162. Wenn man Stromstärke (in Ampere), Spannung (in Volt), Stromdauer (in Sekunden) miteinander multipliziert und dann das Ergebnis durch 3 600 000 teilt, erhält man die elektrische Energie in Kilowattstunden (kWh). Wieviel kWh hat ein Blitz von 36 000 A, 10 000 000 V und der Dauer von  $\frac{1}{1000}$  s?
163. 7 s nach dem Aufflammen eines Blitzes hörte man den Donner-schlag. Wie weit ist die Einschlagstelle entfernt?
164. Wie entstehen die elektrischen Ladungen der Gewitterwolken?

## Der Kugelblitz — ein Gewitterspuk

Mancher wird geneigt sein, das Geschilderte ins Reich der Fabel zu verweisen. Deshalb sei betont, daß hier sachlich über eine rätselhafte Naturerscheinung berichtet wird, die von der Wissenschaft noch nicht restlos geklärt werden konnte.

Zunächst ein Fall, den ein Augenzeuge berichtete:

„Vor einigen Jahren, in einer Augustnacht, tobte über der Stadt ein heftiges Gewitter. Blitze zuckten hell auf und verlöschten mit knallendem Donnerschlag. Regenschauer peitschten an das Fenster meines Schlafzimmers. Gegen 23 Uhr muß es gewesen sein.

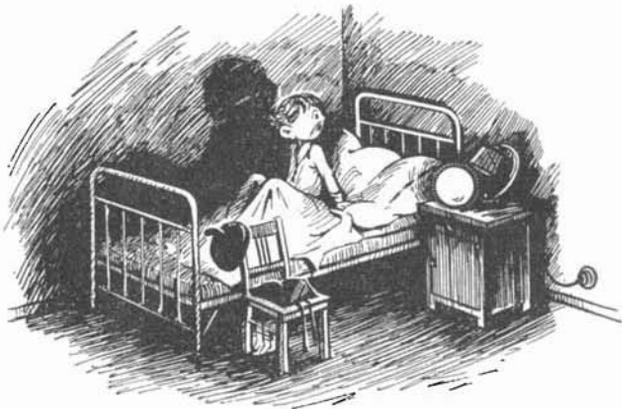
Ich fürchte mich nicht vor einem Gewitter und ging zu Bett. Ich habe einen guten Schlaf, und es muß schon etwas geschehen, wenn ich wach werden soll.

Plötzlich schrecke ich hoch! Ein Schlag! Im Zimmer flammt es hell auf! Ein Blitz! Einschlag? — Gleich ist es wieder dunkel. Alles vorbei! Ruhe — nichts ist geschehen.

Da bemerke ich im Zimmer einen schwachen Lichtschein. Ich höre ein leises Knistern hinter dem Kopfende meines Bettes. Ein Lichtschimmer huscht drüben an der Wand entlang. Ich richte mich auf und blicke mich suchend um. Mich lähmt der Schreck! An der Steckdose sitzt eine glühende, kopfgroße Kugel, knistert, leuchtet und zischt! Entgeistert starre ich hin. Sehe ich Gespenster?

Die Feuerkugel löst sich von der Steckdose und schwebt langsam auf mich zu?! Längs der Leitungsschnur, die zur Lampe auf den Nachttisch führt, kommt die unheimliche Kugel näher. Wie eine glühende Seifenblase! Sie hüpfte auf den Nachttisch neben dem Bett. Auf der Marmorplatte steht die Kugel einige Sekunden still. Wie selbstleuchtendes Glas sieht sie aus. Sie glimmt ziegelrot, rollt vom Nachttisch und schwebt ganz langsam nach unten. Leise federnd schlägt sie auf den Fußboden — — und ist plötzlich geräuschlos verschwunden.“

... mich lähmt der Schreck!  
Ein Kugelblitz!



Das war ein Kugelblitz! Er war durch die Steckdose ins Zimmer gelangt. Die Decke auf dem Nachttisch war leicht versengt. Leitungsschnur und Fußboden waren unversehrt.

Der Kugelblitz ist eine merkwürdige, oft fast unheimliche Naturerscheinung. Es ist verständlich, wenn jeder zunächst nur lächelt oder zweifelt, wenn ihm erzählt wird, daß es Kugelblitze gibt, die durch ein Schlüsselloch oder durch eine Steckdose ins Zimmer kommen, langsam durch das Zimmer schweben und dabei ein höchst merkwürdiges Verhalten zeigen.

Man hat errechnet, daß auf tausend Linienblitze höchstens ein oder zwei Kugelblitze kommen. Deshalb ist der Kugelblitz verhältnismäßig wenig bekannt. Die Physiker konnten das Geheimnis des Kugelblitzes noch nicht restlos klären. In der wissenschaftlichen Literatur sind mehrere hundert Berichte über Kugelblitze festgehalten.

Ein Blitz schlug in eine Eiche am Schloß Wächtersbach, an der Strecke Frankfurt—Bebra. Kurz darauf schwebte durch ein offenes Fenster des Schlosses ein Kugelblitz ins Zimmer. Er bewegte sich in eineinhalb Meter Höhe langsam durch das Zimmer, dicht am Beobachter vorbei. Der Kugelblitz wendete sich suchend zum Fern-

sprecher und verschwand darin spurlos, geräuschlos. Gleichzeitig schlüpfte in ein anderes Zimmer im nächsten Stock ein Kugelblitz durch eine Fuge des geschlossenen Fensters herein. Er flog langsam durch den Raum bis zu einer geschlossenen Tür. Dort zeigte er ein merkwürdiges Verhalten. Ähnlich wie eine flüchtende Maus, suchte der Kugelblitz eine Fuge in der Tür. Durch eine solche Ritze entwich er in das Badezimmer und verschwand durch das Wasserrohr.

In Hahnenklee im Oberharz drang ein Kugelblitz durch ein geschlossenes Oberfenster in die Veranda eines Hotels ein. Der Durchmesser betrug 10 bis 15 cm. Er schwebte langsam nach einer Seitenwand und durchdrang diese, ohne sie zu zerstören. Im Nebenzimmer wuchs der Kugelblitz aus der Wand heraus und explodierte mit heftigem Knall. Schaden wurde nicht angerichtet.

In Berlin wurde in einem Zimmer plötzlich ein Kugelblitz in der Nähe eines Lautsprechers bemerkt. Die Feuerkugel hatte einen Durchmesser von 5 bis 6 cm. Aus der weißblauen Kugel sprühten elektrische Funken heraus. Langsam schwebte der Kugelblitz über einen Tisch dahin und verschwand plötzlich, ohne eine Spur zu hinterlassen. Das Rundfunkempfangsgerät hatte keine Außenantenne, über die der Kugelblitz seinen Weg ins Zimmer hätte nehmen können.

Durch ein offenes Fenster trat in Wilhelmshaven ein bläulicher Kugelblitz in das Büro einer Apotheke, nachdem in das benachbarte Postgebäude der Blitz eingeschlagen hatte. Dieser Kugelblitz setzte sich auf einen Gasarm. Dann machte er einen Sprung durch eine offene Tür in den Verkaufsraum der Apotheke. Dort setzte er sich wieder auf einen Gasarm und verschwand spurlos.

Die Angaben über das Verhalten des Kugelblitzes gehen weit auseinander. In vielen Fällen ist er völlig harmlos, erschreckt uns zwar durch sein sonderbares Erscheinen und durch sein merkwürdiges Verhalten, richtet aber keinerlei Schaden an. Es sind aber auch Fälle bekannt, wo der Kugelblitz Menschen berührte und Brandwunden hinterließ. Es steht fest, daß der Kugelblitz eine elektrisch bedingte Gewittererscheinung ist, die vor allem in nächster Nähe der Ein-

schlagstelle von Linienblitzen auftritt. Der Kugelblitz hat eine Lebensdauer von einigen Sekunden bis zu zwei Minuten. Er sieht entweder ziegelrot aus oder hat eine bläulichweiße Farbe. Der rötliche Kugelblitz scheint ungefährlich zu sein. Der weiße Kugelblitz dagegen hinterläßt am menschlichen Körper unter Umständen schwere Brandwunden.

Der Kugelblitz hat im allgemeinen in Erdnähe einen Durchmesser bis zu 20 cm und bewegt sich langsam, meist mit einer Geschwindigkeit von etwa 2 m/s. Im Zimmer und an Gebäuden wächst der Kugelblitz häufig aus elektrischen Leitungen und metallischen Gegenständen heraus. Der rötliche tritt oft durch offene Fenster und Türen, selbst durch schmale Ritzen und Schlüssellocher ins Zimmer. Die warme Zimmerluft scheint eine Anziehungskraft für ihn zu besitzen. Auch die warmen Abzugsgase im Schornstein werden vom Kugelblitz bevorzugt. Er verschwindet entweder geräuschlos oder auch mit heftigem, explosionsähnlichem Knall, wobei er gelegentlich in kleine Feuerkugeln zerplatzt. Oft hinterläßt der Kugelblitz braune oder weiße Nebel und einen ozonähnlichen Geruch.

Es gibt auch Kugelblitze, die sich von Wolke zu Wolke bewegen oder aus einer Wolke zur Erde herabfallen. Sie sind meist wesentlich größer als diejenigen in Erdnähe und im Zimmer. So wurde über einer Wolke ein schwebender Kugelblitz beobachtet, dessen Durchmesser man auf 20 m schätzte.

Ein bekannter Kugelblitzforscher beobachtete einen „Perlschnurblitz“, der aus einer ganzen Reihe von Kugelblitzen besteht, die ähnlich wie die Perlen einer Kette aneinandergereiht sind. Er wurde nach dem Aufleuchten eines Blitzes beobachtet. Man sah eine rötlich leuchtende Schnur, die von einer Wolke bis zur Dachdecke eines Hauses herabhing. An ihr waren in bestimmten Abständen 30 bis 40 rötliche Kugelblitze von ovaler Form aufgereiht, deren Durchmesser auf 5 m geschätzt wurde.

Gelegentlich hat man kugelblitzähnliche leuchtende Kugeln in der Starkstromtechnik beobachtet. So schoß aus einer Hochspannungs-

leitung von 120 000 V eine Feuerkugel von 5 cm Durchmesser heraus. Sie wurde vom Wind etwa 50 m weit weggetragen und zerplatzte dann in kleine Kugeln.

Noch hat der Forscher zuwenig Anhaltspunkte, um das Wesen des Kugelblitzes zu erkennen und zu verstehen. Sehr viele Erklärungen sind gegeben worden, aber keine davon ist widerspruchsfrei und deshalb auch nicht allgemein anerkannt. Vermutlich ist die Leuchtkraft des rötlichen Kugelblitzes verwandt mit jenen Leuchterscheinungen, die man beim Durchgang des elektrischen Stromes durch die verdünnten Gase und Dämpfe der Leuchtröhren erhält. Der bläulich-weiße Kugelblitz scheint mehr dem elektrischen Lichtbogen zu ähneln. Genaueres ist nicht bekannt.

Wenn wir einmal einem Kugelblitz begegnen, brauchen wir nicht ängstlich zu sein, denn der eigentliche Blitz, der uns viel stärker gefährdet, ist dann schon vorüber.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

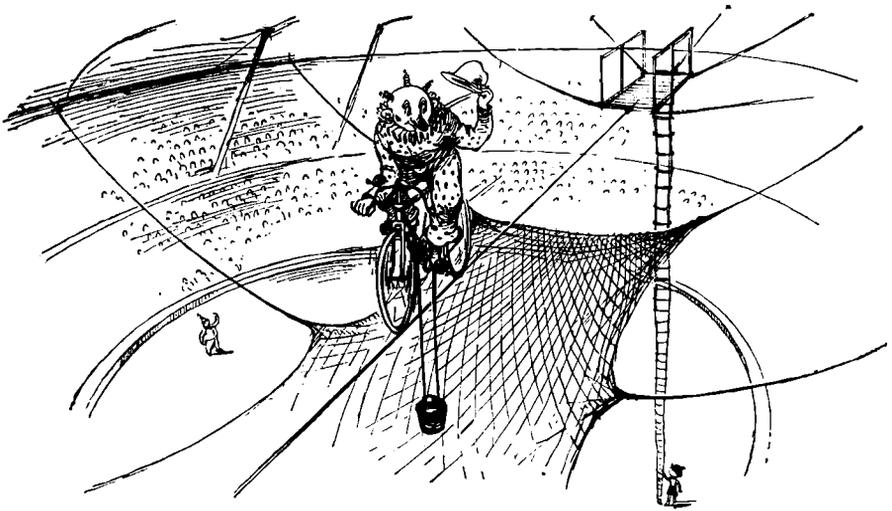
165. Wo ist besonders mit dem Auftreten eines Kugelblitzes zu rechnen?
166. Welche Arten von Kugelblitzen gibt es?
167. Was ist ein Perlschnurblitz?

## LÖSUNGEN ZU DEN AUFGABEN: ZUM BEOBACHTEN UND NACHDENKEN

1. In der Nähe der Klinke, weil der Kraftarm hier länger ist als in der Nähe der Drehachse der Tür.
2. Bei weit geöffneter Schere ist die wirkende Kraft viel größer als in der Nähe der Scherenspitze, weil hier der Kraftarm länger ist als der schneidende Hebelarm.
3. Wir legen einen Holzklötzchen neben die geöffnete Zimmertür. Darüber legen wir eine starke Latte als Hebel, der mit seinem kurzen Hebelarm unter die Tür reicht. Dann treten wir mit dem Fuß auf das lang überstehende freie Ende, bis sich die Tür anhebt.
4. Rechts herum.
5. Nein, es läuft in der gleichen Richtung weiter.
6. Nein, es bleibt stehen und dreht sich dann anders herum.
7. Nein, es dreht sich anders herum.
8. Durch den Ruck wird die Drehgeschwindigkeit des Rades erhöht. Er muß erfolgen, bevor das Rad den tiefsten Punkt erreicht hat. Im tiefsten Punkt selbst wird die Geschwindigkeit durch den Ruck nicht beeinflusst. Danach wirkt er sich sogar vermindern aus.
9. In der 7. Sekunde legt er 65 m zurück.
10. Der Fallweg nach 7 s beträgt 245 m.
11. Er erreicht in 7 s 2380 m.
12. Die Vertiefungen, in denen die Samen stecken, sind deutlich zu sehen.
13. Im allgemeinen ist nie zu beobachten, daß ein Samenschirm kippt oder abstürzt.
14. Infolge des federleichten Schirmchens und des verhältnismäßig großen Luftwiderstandes in der Fallschirmkappe wird die Fallgeschwindigkeit nicht größer, sondern bleibt annähernd gleich.
15. Beide sind gleich groß.
16. Wir müssen Topf B heben oder Topf A senken.
17. Außer dem Druck in der Wasserleitung ist auch der Querschnitt der Austrittsöffnung maßgebend für die Geschwindigkeit der Wasserteilchen und damit zugleich für die Reichweite des Strahls. Je kleiner der Querschnitt, um so größer die Geschwindigkeit.
18. Bei starkem Druck dringt so viel Wasser in den Taucher ein, daß sein Schwerpunkt in die obere Hälfte der Figur steigt. Darum kippt er um.

19. Nein, die Drehrichtung ist durch die Lage der Ausflußöffnung des Schwanz-Glasröhrchens bedingt.
20. Wenn in den Taucher so viel Wasser eindringt, daß das Gewicht des Tauchers mit dem eingedrungenen Wasser genauso groß ist wie das Gewicht des von dem Taucher verdrängten Wassers.
21. Die vordere Seite liefert aufrechte verkleinerte Bilder. Die Rückwand dagegen entwirft von weiter entfernten Gegenständen umgekehrte verkleinerte Bilder.
22. Auf nassem Straßenpflaster bildet sich eine sehr dünne Ölschicht, die erforderlich ist, damit der schillernde Effekt entstehen kann. Bei trockenem Pflaster läuft das Öl nicht so dünn auseinander.
23. Im Ballon von 30 cm Durchmesser.
24. Die Luft wird durch die Sonne erwärmt und kann dann mehr Wasserdampf aufnehmen. Daher verdampfen die winzigen flüssigen Nebeltröpfchen.
25. Das Zimmer enthält 510 g Wasserdampf oder 0,51 l Wasser.
26. Nur wenn es im Raum kälter ist als draußen, so daß die an der Fensterscheibe abgekühlte Außenluft einen Teil ihres Wasserdampfes in Form feiner Tröpfchen an der Scheibe niederschlägt.
27. Das Tablett muß isoliert stehen, die Gläser dienen hierbei als Isolatoren.
28. Positive Ladungen stoßen einander ab und entfernen sich möglichst weit voneinander.
29. Zwischen Wand und Papier schlagen feine elektrische Funken über, die etwa 10 cm lang sein können.
30. Ein Gas dehnt sich beim Erwärmen aus und nimmt dann einen größeren Raum ein. Die Gasmenge in einem Kubikmeter wird daher kleiner.
31. Er führt die Verbrennungsgase ab und saugt Frischluft an.
32. Beim Verdichten des Wasserdampfes wird die Wärmemenge wieder frei, die erforderlich war, um das Wasser zum Verdampfen zu bringen.
33. Sie enthält 3 Zinkgefäße. In jedem steckt ein Kohlestab, der von einem Braunsteinbeutel umgeben ist. Die 3 Trockenelemente sind hintereinandergeschaltet.
34. Der salzige Geschmack beruht auf der chemischen Wirkung, die ein schwacher, von Pol zu Pol fließender elektrischer Strom hervorruft.
35. Ein Element liefert eine Spannung von 1,5 V.
36. Durch ein kleines Laufrad, das an den Reifen des Vorderrades gedrückt wird.
37. Entweder durch Wasserturbinen oder durch Dampfturbinen oder durch Dampfmaschinen.
38. Über ein Magnetfeld wird mechanische Energie in elektrische Energie verwandelt.

39. Man hört kurze Tutzeichen in zeitlich gleichen Abständen.
40. Das Mikrofon wandelt Schallwellen in elektrische Stromschwankungen um, die Hörkapsel dagegen wandelt die Stromschwankungen in Schallwellen um.
41. Nein, sie schwingt nicht, weil sie vom Elektromagneten nicht angezogen wird.
42. An den Kohlebürsten des Elektromotors entstehen kleine Funken. Sie erzeugen das Knacken im Radioapparat.
43. Parallel geschaltete Kondensatoren verhindern die Funkenbildung.
44. Mechanische Energie wird in elektrische umgewandelt.
45. Elektrische Energie wird in mechanische umgewandelt.
46. Weil sich an den Kohlebürsten des Elektromotors die erwähnten Funken bilden.
47. 15 Kilopondmeter.
48. Ansaugen des Kraftstoff-Luft-Gemisches, Verdichten, Zündung und Explosion (Kraftthud), Ausstoßen der Verbrennungsgase.
49. 500 bis 600 V.
50. Unter dem Straßenpflaster in der Nähe der Weiche.
51. Bei richtig gestellter Weiche muß er den Fahrstrom abschalten, bei falsch gestellter Weiche mit Fahrstrom gegen die Weiche anfahren.
52. Ja, die Wasserleitung dient dann als Rückleitung.
53. 1000mal so groß. \*
54. Er hat eine Temperatur von über 3000° C.
55. Karbid hat die chemische Formel:  $\text{CaC}_2$ , Azetylen:  $\text{C}_2\text{H}_2$ .
56. Metalle, Bogenlampenkohle, Säuren, Basen, Salze.
57. Glas, Porzellan, trockenes Papier, Paraffin, Gummi, Petroleum.
58. Die Plätterin berührte mit der rechten Hand eine schadhafte Stelle der Stromleitung und war über die linke Hand mit der Dampfheizung (und damit leitend mit der Erde) verbunden. — Wer mit einem elektrischen Gerät arbeitet, soll nie gleichzeitig gut geerdete Gegenstände, wie Dampfheizung oder Wasserleitung, berühren.
59. Er ist ohne Hinschen leichter zu finden. ~
60. Er wird tiefer.
61. Weil sie Bleiplatten enthalten.
62. Es steht auf 74 km/h.
63. Der Kreisring nähert sich seiner Ruhelage.
64. Er legt in einer Sekunde 9,7 m zurück.
65. Sie beträgt 28,8 km/h.
66. Sie wird mit  $\frac{3}{4}$  at vorwärts bewegt.



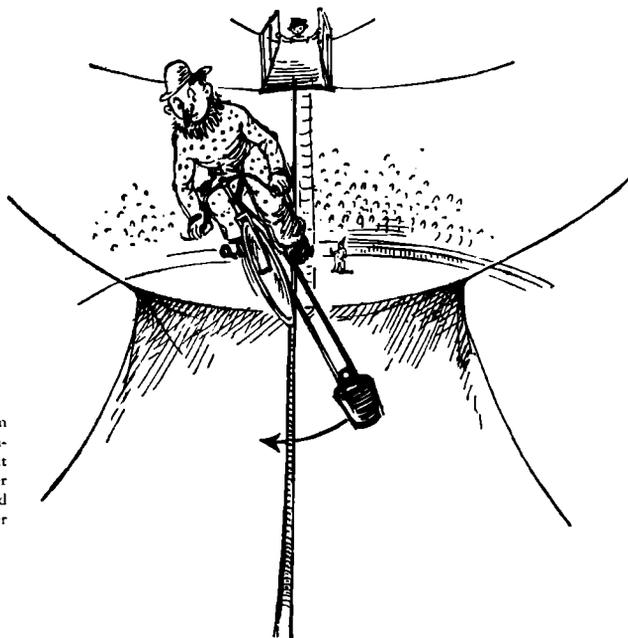
So ist das „Balancieren“ keine Kunst!

Ja, er nimmt ein Fahrrad, ein Zweirad, in die Hand. Ängstlich setzt er es auf das Seil. Er schreckt zurück! — Tippt mit dem Zeigefinger an die Stirn. Er hat einen Gedanken. Er hängt ein oben bereitgelegtes Gestell mit einem schweren Gewichtsstück unten an das Fahrrad.

Jetzt liegt der Gesamtschwerpunkt von Rad und Fahrer infolge des tiefhängenden schweren Gewichtsstückes unterhalb des Seiles. Da kann nichts passieren. Da gibt es nichts zu balancieren! Jetzt drückt die Schwerkraft das Rad fest und sicher auf das Seil.

Im Gegenteil, wenn der Clown sich bemüht, das Rad nach links zu kippen, wird der Schwerpunkt, der etwa in dem Gewicht selbst liegt, zwar ein Stück rechts nach oben gehoben, kehrt aber dann infolge der einwirkenden Schwerkraft wieder in die ursprüngliche Lage zurück. Rad und Fahrer kommen dabei immer wieder in senkrechte Lage, da der Schwerpunkt stets das Bestreben hat, die tiefstmögliche Lage einzunehmen.

Bei der Anordnung, die der Clown wählte, herrscht ein sicheres (stabiles) Gleichgewicht. Hier liegt der Schwerpunkt bereits so tief wie möglich. Ohne dieses angehängte Gewicht aber liegt er von Rad und Fahrer über dem Seil. Bei jeder kleinen Schwankung des Schwerpunktes nach links oder nach rechts wird in diesem Falle die Schwerkraft, die im Schwerpunkt nach unten zieht, nicht mehr aufgehoben, sondern sie kann dann frei wirken und zum Absturz führen. Es sei denn, der Artist verlegt durch eine geeignete Bewegung mit der Balancierstange den Schwerpunkt wieder so, daß er genau senkrecht über dem Seil liegt. Eine solche unsichere Lage des Schwerpunktes wird als labiles Gleichgewicht bezeichnet. Auf dem Seil balancieren heißt: in einem labilen Gleichgewicht dafür sorgen, daß der Schwerpunkt immer genau senkrecht über dem Seil liegt. Der schlaue Clown verlegte den Schwerpunkt unter das Seil und erreichte dadurch, daß er mit dem Rad zwangsläufig immer oberhalb des Seiles bleibt.



Sobald der Fahrer mit dem Rad eine Schräglage einnimmt, ist der Schwerpunkt gehoben. Er strebt nach der tiefsten Lage zurück und richtet dabei Rad und Fahrer wieder auf

67. Damit die eindringende Luft die Büchse vorwärts treibt und nicht an ihr vorbeistreichet.
68. c, i, s, h; t, m, o, ch.
69. Siehe Morsealphabet Seite 97.
70. Ein Fernschreiben, weil beim Empfänger sofort der Klartext erscheint.
71. Das eine Manometer zeigt den Druck in der Sauerstoffflasche an (rund 150 at bei frischer Füllung), das andere den Überdruck, unter dem das Gas nach dem Passieren des Druckminderventils ausströmt (0,2 bis 2 at Überdruck).
72. Sie drückt mit 2,5 kp auf jeden cm<sup>2</sup>.
73. Rohrpost, Sandstrahlgebläse, Preßluftbremsen, Preßlufthammer, Preßluftbohrmaschinen, Preßluftlokomotive.
74. Ja, sowohl beim Bügel als auch bei einer Stange.
75. Damit der elektrische Widerstand des Drahtes gering bleibt und dadurch eine übermäßige Erwärmung des Drahtes vermieden wird.
76. Darauf, daß ein dünnes Drähtchen in der Sicherung bei einer überhöhten Stromstärke durchbrennt. Der Stromkreis wird dann unterbrochen und der Strom ausgeschaltet.
77. Nach 2 bis 3 s.
78. Durch den Glimmzünder wird der Heizstrom der Elektroden selbsttätig eingeschaltet, dann wieder ausgeschaltet und dabei die zündende Induktionsspannung erzeugt.
79. Beim Ausschalten des Heizstromes entsteht in der Spule durch Induktion die zündende Induktionsspannung.
80. 160 000 kg.
81. Nein, nur vor die Treibräder.
82. Zum Vermindern der Reibung.
83. Um die Reibung zu erhöhen und damit ein Durchrutschen des Riemens zu verhindern.
84. Der Engländer James Watt (1769).
85. Der englische Ingenieur Richard Trevithik (1804).
86. Durch den einen wird der Dampf für die Heizung geleitet, durch den anderen die Druckluft für die Bremsen.
87. 1 at.
88. 5 at..
89. Im Kino sehen wir in rascher Folge viele stehende Bilder, die uns Bewegungen in *einem* Bild vortäuschen. Am Abteifenster des fahrenden Zuges erblicken wir nacheinander verschiedene Drahtstücke in verschiedener Höhe des Fensterrahmens. Wir glauben dabei *ein* Drahtstück zu sehen, das sich hebt und senkt.

90. Weil das auf der Haut haftende Wasser unserem Körper die zum Verdunsten erforderliche Wärme entzieht.
91. Außerhalb der Karosserie; Stabantenne.
92. Metallüberzug und Metallkapsel wirken als „Faradayscher Käfig“ und schirmen die Röhre gegen jeden äußeren elektrischen Einfluß ab.
93. Von hellen Kleiderstoffen werden die Lichtstrahlen zurückgeworfen. Dadurch wird die Erwärmung durch aufgenommene Lichtstrahlen vermindert. Dunkle Kleiderstoffe nehmen fast alle Lichtstrahlen auf und wandeln sie in Wärme um. Je dunkler ein Stoff ist, um so stärker wirkt er im Sonnenschein erwärmend.
94. Durch einen innen geschwärzten Hohlraum mit einem kleinen Loch in der Wand.
95. Kleinste, nicht weiter teilbare Teilchen der Strahlungsenergie.
96. Seine Wellenlänge beträgt 0,5 m.
97. Der Ton wird erhöht.
98. Bei der Annäherung an die Sirene wird der Ton höher; nach dem Vorbeifahren wird er wieder niedriger.
99. In der Richtung zum violetten Ende des Spektrums.
100. Die Windrose bleibt immer in waagrechter Lage.
101. Überhaupt keinen.
102. Durch die Schwerkraft.
103. Wenn eine sich drehende Welle mit einer anderen gekoppelt werden soll, die mit ihr nicht immer den gleichen Winkel bildet.
104. Kardanwelle.
105. Das blaue Nadelende zeigt nach Norden. Durch größere Eisenmassen wird die Magnetnadel aus ihrer Richtung abgelenkt.
106. Nein, er bliebe dann in der Lage, in der er sich beim Einschalten des Kreiselmotors befand.
107. Nein, weil hier die Richtung seiner Drehachse bei der Erddrehung nicht verändert wird und keine Präzession auftritt.
108. Das Sternbild des Großen Wagens hat 7 Sterne.
109. Der Kleine Wagen hat ebenfalls 7 Sterne.
110.  $90^\circ$  nördlicher Breite.
111. Der Winkel beträgt  $0^\circ$ , weil die Beobachtungsrichtung parallel zur Erdachse liegt.
112. In Berlin beträgt der Winkel  $52^\circ 31'$ .
113. Es wurden Hochfrequenzströme verwendet.
114. Infolge der rasch wechselnden Stromrichtung wird eine einsetzende schädliche chemische Stromwirkung jeweils sofort wieder rückgängig gemacht.

115. 50 Perioden in der Sekunde.
116. Unser Herz schlägt etwa 75mal in der Minute.
117. Das Herz bewegt in 24 Stunden 10 900 l Blut.
118. 132 Torr (mm Quecksilbersäule).
119. Beim Verdunsten der Schweißflüssigkeit entsteht Kälte.
120. Durch Rühren und Umlöffeln wird die Verdunstung verstärkt, weil dabei die Berührungsfläche zwischen Luft und Flüssigkeit vergrößert wird.
121. Die Kälteentwicklung beim Verdunsten tief siedender Flüssigkeiten.
122. Quecksilberdampf.
123. Quarz ist durchlässig für ultraviolettes Licht.
124. Die Wellenlänge von Ultraviolett ist kleiner als 400 millionstel mm.
125. Hierbei wird kein (hörbarer) „Schall“, sondern (nicht hörbarer) „Ultraschall“ verwendet.
126. Ja, solche Maschinen brummen.
127. Beim Anlegen hochfrequenter Wechselspannungen an bestimmte Kristalle werden diese Kristalle in hochfrequente Schwingungen versetzt und dadurch zum Ultraschallerzeuger.
128. Vom Fußbremshebel wird die Kraft durch einen Seilzug oder durch eine mit Öl gefüllte Druckleitung auf die Bremsbacken der Bremsen übertragen.
129. Nein, denn was an Kraft gespart wird, muß an Weg zugesetzt werden.
130. Die Spule, durch die die Sprechströme fließen, ist starr mit der schwingungsfähigen Membrane verbunden, die infolge der magnetischen Wirkung der Sprechströme im Feld eines Magneten schwingt. Beim permanent-dynamischen Lautsprecher wird ein Permanent-Magnet, beim elektrodynamischen Lautsprecher ein Elektromagnet verwendet.
131. Es handelt sich um einen permanent-dynamischen Lautsprecher.
132. Die Sprossenschrift und die Zackenschrift.
133. Beim Kohlekörnermikrofon und beim Kondensatormikrofon.
134. Bändchenmikrofon, Tauchspulenmikrofon, Kristallmikrofon.
135. Dem Bändchen- und dem Tauchspulenmikrofon.
136. In etwa 21 Minuten.
137. Fast keine Nebengeräusche; keine Abnutzung; fast unbegrenzte Haltbarkeit; die magnetischen Aufzeichnungen können „gelöscht“ und das Band sofort wieder zu einer neuen Aufnahme verwendet werden.
138. Nein, der Film muß erst entwickelt werden.
139. Kettenkarussell, Riesenrad, Steilwandfahrer.
140. Im Kraftwagen werden wir bei rascher Fahrt in scharfen Kurven nach außen gedrückt. — Beim Überschreiten der höchst zulässigen Drehzahl kann ein Maschinenteil (ein rotierender Schleifstein) durch die Zentrifugalkraft aus-

- einandergerissen werden. Auf nassem Straßenpflaster (kleine Reibung) kann ein Kraftwagen in der Kurve durch die Zentrifugalkraft ins „Schleudern“ kommen.
141. Zentrifugen, zum Beispiel: Milchscheuder zum Trennen von Rahm und Magermilch; Scheuder zum Wäschetrocknen; Scheuder zum Absetzen feiner Niederschläge aus Flüssigkeiten; Zentrifugalregulator (Flichkraftregler) an Dampfmaschinen; Fliehkrafttachometer.
  142. Am Äquator.
  143. Nein, ebene Spiegel geben scheinbare Bilder, die so weit hinter dem Spiegel liegen, wie der Gegenstand davor.
  144. Nein; da auch in diesem Fall ein scheinbares Bild entsteht.
  145. Ja, das ist ohne weiteres möglich.
  146. Die winzigen weißen Kristalle sind auf dem schwarzen Untergrund besser zu sehen.
  147. Die weiße Farbe strahlt das auffallende Sonnenlicht zurück, dadurch wird die Umsetzung von Licht in Wärme weitgehend unterbunden und eine erhebliche Erwärmung der Waggonwände durch das Sonnenlicht verhindert.
  148. Im Hellen ist die Öffnung der Pupille klein. Im Dunkeln erweitert sie sich erst im Verlauf von einigen Sekunden so weit, bis ein zum Sehen ausreichender Lichtstrom ins Auge gelangt.
  149. Nein, das ist nicht möglich.
  150. Beim Betrachten eines geeigneten Bildpaares mit dem Stereoskop wird jedes Bild nur mit einem Auge betrachtet. Alsdann verschmelzen die beiden flächenhaften Bilder in unserem Bewußtsein zu einem räumlichen Eindruck.
  151. Ja, Blau und Gelb sind ebenfalls Komplementärfarben.
  152. Nein, Rot und Gelb sind keine Komplementärfarben.
  153. Sie beträgt  $-18^{\circ}$  C.
  154. Die Flüssigkeit gefriert an der tiefgekühlten Wandung. Beim Umrühren werden die kleinen Eisteilchen abgestoßen, so daß immer neue Flüssigkeitsteilchen an der Wandung gefrieren.
  155. Aus der Kältemischung selbst, die sich dabei immer mehr abkühlt.
  156. Man stellt eine erhebliche Erwärmung fest, die durch das rasche Zusammenpressen von Luft entsteht.
  157. Infolge der tiefen Temperatur des Trockeneises ( $-79^{\circ}$  C) wird der Wasserdampf in der Umgebung des Trockeneises verdichtet und gefriert sogar zu winzigen Eisteilchen, die wie die Wasserteilchen des Nebels in der Luft schweben.
  158.  $\text{CO}_2$ .
  159. Kompressions- und Absorptionskühlschränke.

160.  $\text{NH}_3$ .
161. Schwefeldioxyd =  $\text{SO}_2$ ; Chlormethyl =  $\text{CH}_3\text{Cl}$ .
162. Der erwähnte Blitz hat 100 kWh.
163. 2,38 km.
164. Durch aufsteigende Luftmassen werden die Tropfen der Regenwolken zer-  
stiebt. Die größeren Reststücke der Tropfen werden dabei positiv, die ab-  
gesprühten kleinen Teilchen hingegen negativ aufgeladen.
165. In der Nähe der Einschlagstelle eines Linienblitzes.
166. Rote und weiße Kugelblitze.
167. Eine Reihe von kettenförmig zusammenhängenden Kugelblitzen.

## DIE IM BUCH VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN

A	=	Ampere
at	=	Atmosphäre
cm	=	Zentimeter
cm <sup>2</sup>	=	Quadratcentimeter
cm <sup>3</sup>	=	Kubikcentimeter
cm/s	=	Zentimeter je Sekunde
°C	=	Grad in Celsius
g	=	Gramm
g/m <sup>3</sup>	=	Gramm je Kubikmeter
Hz	=	Hertz
kg	=	Kilogramm
km <sup>2</sup>	=	Quadratkilometer
km/h	=	Kilometer je Stunde
km/s	=	Kilometer je Sekunde
kp	=	Kilopond
kp/cm <sup>2</sup>	=	Kilopond je Quadratcentimeter
kpm	=	Kilopondmeter
kWh	=	Kilowattstunde
l	=	Liter
m	=	Meter
m <sup>3</sup>	=	Kubikmeter
m/s	=	Meter je Sekunde
mm	=	Millimeter
PS	=	Pferdestärke
s	=	Sekunde
h	=	Stunde
t	=	Tonne
V	=	Volt
W	=	Watt
Wh	=	Wattstunde
%	=	vom Hundert, Prozent
13°23'	=	13 Grad 23 Minuten

## WORTERKLÄRUNGEN

*absolut schwarz*: vollständig schwarz

*absolute Temperatur*: auf den absoluten Nullpunkt (rund  $-273^{\circ}$  C) bezogene Temperatur

*absorbieren*: verschlucken, in sich aufnehmen

*Absorption*: Verschlucken, Aufnahme, Aufsaugung

*Absorptionskühlschrank*: Kühlschrank ohne bewegliche Teile. Die Dämpfe der Flüssigkeit, durch deren Verdampfung Kälte entsteht, werden von einem chemischen Stoff absorbiert, dann durch Wärme wieder ausgetrieben und durch Druck und Abkühlung erneut verflüssigt

*Adhäsion*: das Anhaften eines Körpers an einem anderen, zum Beispiel von Wasser an Glas oder Holz

*Akkumulator*: elektrischer Stromspeicher. Beim Aufladen des Akkumulators wird elektrischer Strom hindurchgeleitet, der in ihm chemische Veränderungen bewirkt. Bei Stromentnahme wird dieser Vorgang umgekehrt

*Ammoniak*: stechend riechendes Gas, eine chemische Verbindung von Stickstoff und Wasserstoff

*Ampere*: technische Einheit der elektrischen Stromstärke

*Anästhesie*: herbeigeführte Unempfindlichkeit des Körpers oder von Körperteilen

*analytische Geometrie*: rechnerische Geometrie, die jeder geraden oder krummen Linie eine Gleichung zuordnet. Dabei werden geometrische Fragen durch Rechnungen mit Gleichungen gelöst

*Anker*: drehbarer Teil von Elektromotoren und Dynamomaschinen

*Astronomie*: Himmelskunde, die Wissenschaft von den Himmelskörpern und ihren Bewegungen

*Äther*: süßlich riechende, wasserklare Flüssigkeit. Sehr feuergefährlich! Wird bei Operationen zum Betäuben verwendet

*Atmosphäre*: 1. Lufthülle der Erde, 2. technische Maßeinheit des Druckes

*Atom*: kleinstes Teilchen eines chemischen Grundstoffes, das mit chemischen Mitteln nicht mehr teilbar ist

*autogenes Schweißen*: mit der Stichflamme eines verbrennenden Gases zwei Metallteile durch Zusammenschmelzen verbinden

*Azetylen*: gasförmiger Kohlenwasserstoff, der beim Verbrennen große Hitze erzeugt und zum autogenen Schweißen verwendet wird

*Backbord*: in Fahrtrichtung die linke Schiffseite

*Bimetallstreifen*: ein Streifen aus zwei aufeinandergeschweißten Blechstreifen aus zwei verschiedenen Metallen. Beim Erwärmen biegt sich der Bimetallstreifen durch

*Chirurgie*: Teilgebiet der Medizin, das sich mit Operationen befaßt

*Chlormethyl*: eine Flüssigkeit, die schon bei  $-40^{\circ}$  C siedet, eine chemische Verbindung von Chlor, Kohlenstoff und Wasserstoff

*Chloroform*: farblose, süßlich riechende Flüssigkeit. Seine Dämpfe bewirken Bewußtlosigkeit

*Dauben*: gebogene Holzlaten, die durch Stahlreifen zusammengehalten die gewölbte Faßwandung bilden

*Defekt*: schadhafte Stelle an einem Gerät

*destilliertes Wasser*: völlig reines Wasser, das durch Verdampfung von Wasser und Wiederverflüssigen des Dampfes gewonnen wird

*Diathermie*: mehr oder minder starke Erwärmung erkrankter Körperteile durch bestimmte hindurchgeleitete elektrische Ströme

*diffus*: ohne geordneten Strahlenverlauf

*Doppler-Effekt*: scheinbares Ansteigen oder Absinken der Tonhöhe beim raschen Verkleinern oder Vergrößern der Entfernung zwischen Schallquelle und Ohr

*Drehstrom*: drei gegeneinander um  $120^{\circ}$  phasenverschobene Wechselströme gleicher Spannung

*Dynamomaschine, Generator*: Maschine, die mechanisch angetrieben elektrische Energie erzeugt

*Effekt*: Wirkung, besondere Naturerscheinung

*Eisenoxyd*: Verbindung von Eisen mit Sauerstoff

*elektrische Welle*: sich frei im Raum fortbewegende Schwingung, die elektrische und magnetische Energie mit sich führt

*Elektrode*: Metallstück (oder Kohle) zum Einführen von elektrischem Strom in Flüssigkeiten oder Gase

*Elektromagnet*: stromdurchflossene Spule mit Eisenkern, der so lange magnetisch ist, wie Strom fließt

*elektromagnetische Wellen*: breiten sich mit einer Geschwindigkeit von rund 300 000 km/s aus. Jeder Raumpunkt, der von einer solchen Welle erfaßt wird, erhält vorübergehend elektrische und magnetische Eigenschaft

*Elektron*: kleinstes negatives Elektrizitätsteilchen, das auch in allen Atomen enthalten ist

*Energie*: die einem Körper innewohnende Fähigkeit, Arbeit zu leisten. Die in der gehobenen Ramme enthaltene Energie der Lage (potentielle Energie) wandelt sich beim Niederfallen der Ramme in Bewegungsenergie (kinetische Energie) um

*Erdradius*: Halbmesser der Erdkugel (6371 km)

*Explosion*: in kürzester Zeit verlaufender, meist chemischer Vorgang, bei dem viel Wärmeenergie frei wird und starke mechanische Wirkungen auftreten

*Feldmagnet*: Elektromagnet in Elektromotoren, Dynamomaschinen und elektrischen Meßgeräten

*Fernschreiber*: Gerät zum elektrischen Übermitteln von Nachrichten durch Drahtleitungen, wobei die zu übermittelnde Nachricht ähnlich wie bei der Schreibmaschine aufgegeben wird und am Empfangsort unmittelbar in Schreibmaschienschrift erscheint

*Feuchtigkeit*: der in der Luft enthaltene Wasserdampf. Absolute Feuchtigkeit: Die Masse des in 1 m<sup>3</sup> enthaltenen Wasserdampfes in g. Relative Feuchtigkeit: Das Verhältnis des in der Luft vorhandenen Wasserdampfes zu der bei der jeweiligen Temperatur überhaupt möglichen Wasserdampfmenge, der maximalen Feuchtigkeit

*Fixstern*: scheinbar am Himmelsgewölbe feststehender Stern

*Fliehkrafttachometer*: Geschwindigkeitsmesser, der die Fliehkraft zum Anzeigen der Geschwindigkeit ausnutzt

*Frequenz*: Zahl der Schwingungen in der Sekunde

*Funkpeilung*: Ermittlung des Standortes eines Schiffes oder Flugzeuges unter Verwendung von elektromagnetischen Wellen

*galvanische Elektrizität*: auf chemischem Wege gewonnene Elektrizität

*galvanisches Element*: Stromerzeuger, dessen elektrische Energie bei einem chemischen Vorgang frei wird. In ein mit Säure, Lauge oder Salzlösung gefülltes Gefäß tauchen zwei verschiedene, leitende Körper (Metalle oder Kohle) ein

*Heck*: Hinterteil eines Schiffes

*Hertz*: Maßeinheit für Schwingungen. 1 Hertz (Hz) gleich 1 Schwingung in der Sekunde

*Himmelsnordpol*: der Punkt des (scheinbaren) Himmelsgewölbes, in dem die über den Erdnordpol hinaus verlängerte Erdachse das Himmelsgewölbe trifft

*Hochfrequenzströme*: elektrische Wechselströme von über 10 000 Hz

*Hochtonlautsprecher*: dient im besonderen zur Wiedergabe hoher Töne

*Hohlspiegel*: nach innen gewölbter Spiegel

*Hygrometer*: Feuchtigkeitsmesser

*Induktion*: Wechselwirkung zwischen Magnetismus und Elektrizität. Wird ein Leiter im Kraftfeld eines Magneten bewegt (oder umgekehrt), entsteht in dem Leiter ein elektrischer Strom

*Interferenz*: beim Übereinanderlagern verschiedener Wellen auftretende Verstärkungs- und Abschwächungserscheinungen

*Isolator*: Werkstoff mit sehr geringer elektrischer Leitfähigkeit

*Karbid*: eine chemische Verbindung des Kohlenstoffs mit einem Metall oder Halbmetall. Beim Aufträufeln von Wasser auf Karbid entsteht Acetylen

*Kardangelenke*: Gelenk, das die Kraft von einer Welle zur anderen auch in einem Winkel überträgt

*Kardanische Aufhängung*: Aufhängungsvorrichtung, die aus drei unter rechtem Winkel ineinander beweglichen Ringen besteht, zum Beispiel Kompaß eines Schiffes

*Karosserie*: auf dem Fahrgestell eines Kraftwagens montierter Aufbau

*Kilopond*: Maßeinheit der Kraft und des Gewichtes. Die Kraft, mit der ein Kilogrammstück in 45° geographischer Breite und in Meeresspiegelhöhe auf seine Unterlage drückt

*Kilopondmeter*: Maßeinheit der Arbeit. Ein Kilopondmeter Arbeit wird verrichtet, wenn ein Körper vom Gewicht 1 kp um 1 m gehoben wird

*Kohlendioxid*: gasförmige chemische Verbindung von Kohlenstoff mit Sauerstoff, Formel:  $\text{CO}_2$ ; entsteht beim Verbrennen von Kohlenstoff

*Kohlensäure*: im freien Zustand nicht beständige Säure, die durch Verbindung von Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) mit Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) entsteht. Formel für Kohlensäure:  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Die Salze der Kohlensäure kommen in der Natur als Kreide und Kalkstein vor

*Komplementärfarbe*: Ergänzungsfarbe, die eine andere Farbe zu Weiß ergänzt, zum Beispiel Rot und Grün

*Kompressor*: Maschine zum Zusammenpressen von Luft und anderen Gasen

**Kondensator:** elektrisches Gerät zum Speichern kleiner Elektrizitätsmengen, besteht im einfachsten Fall aus zwei Metallplatten, die sich in geringem Abstand gegenüberstehen

**konisch:** kegelförmig

**Koordinaten:** zahlenmäßig gegebene Größen (Strecken, Winkel), durch die die Lage eines Punktes, einer Geraden oder eines anderen geometrischen Gebildes in einem Koordinatensystem festgelegt wird

**Kristall:** Körper, dessen ebene Begrenzungsflächen, Kanten und Ecken nach bestimmten Gesetzen regelmäßig angeordnet sind, zum Beispiel Salz- und Zuckerkristalle

**Kurs:** Fahrtrichtung eines Schiffes im Winkelmaßstab gegenüber der Nord-Süd-Richtung angegeben

**Leuchtstoffröhre:** elektrische Lichtquelle, in der Gase und Metaldampf durch elektrische Entladung zum Aufleuchten gebracht werden und das dabei entstehende (unsichtbare) ultraviolette Licht von bestimmten festen Stoffen (Salzen) in sichtbares Licht umgesetzt wird

**Lichtbogen:** hell leuchtende, hohe Temperatur erzeugende elektrische Gasentladung, die aufflammt, wenn zwei sich berührende Kohlestäbe eines geeigneten Stromkreises auseinandergezogen werden

**Lichtbogenschweißung:** Aneinanderschmelzen zweier Werkstücke unter Verwendung des elektrischen Lichtbogens

**lichtelektrische Zelle:** Gerät zur Umwandlung von Lichtschwankungen in elektrische Stromstöße

**Lokalanästhesie:** örtliche Betäubung

**Magie:** Zauberkunst

**Manege:** der Vorführkreis im Zirkus

**Manometer:** Gerät zum Messen des Druckes von Gasen, Dämpfen, Wasser

**Milchstraße:** in klaren Nächten am Himmel sichtbarer breiter Streifen von milchig-weißem Licht, der aus Milliarden winzig klein erscheinender Sterne besteht

**Molekül:** aus Atomen verschiedener Grundstoffe oder auch des gleichen Grundstoffs bestehendes kleinstes Teilchen, das noch alle Merkmale des betreffenden Stoffes zeigt

**Morsealphabet:** internationale Zeichenschrift aus Punkten und Strichen

*Nautik*: Schiffahrtskunde, die Wissenschaft von der Bestimmung des Standortes eines Schiffes auf See und der Berechnung des von dort zum Ziel einzuschlagenden Kurses, auch Navigation genannt

*Neon*: in Spuren in der Luft enthaltenes Edelgas. Wird als Füllgas für Reklame-Leuchtröhren verwendet

*Novokain*: Mittel für örtliche Betäubung durch Einspritzen

*Oberflächenspannung*: an der Oberfläche von Flüssigkeiten auftretende Kraft

*Parabel*: gekrümmte Linie, Kegelschnitt. Die Wurflinie eines schräg aufwärts geworfenen Steines ist ungefähr eine Parabel

*Parallelogramm*: Viereck, in dem je zwei gegenüberliegende Seiten parallel verlaufen

*Parallelogramm der Kräfte*: zwei gerichtete Größen (Kräftekomponenten) lassen sich zu einer Gesamtkraft zusammensetzen, die nach Richtung und Betrag die Diagonale des aus diesen gebildeten Parallelogramms ist

*Phänomen*: Erscheinung, seltenes Vorkommnis

*Pinne*: Stab mit Spitze, auf der die Kompaßnadel ruht

*Piste*: die hölzerne, niedrige Bande, die den Vorführkreis im Zirkus abgrenzt

*plastisch*: räumlich erscheinend

*Präzession*: Ausweichbewegung des Kreisels, die auftritt, wenn eine Kraft die Richtung der Kreiselachse zu ändern sucht

*Präzision*: Genauigkeit, Exaktheit

*Prinzip*: Grundgedanke, leitender Grundsatz

*pneumatisch*: auf der Wirkung von Luft beruhend

*Quecksilber*: bei gewöhnlicher Temperatur flüssiges silberweißes Metall

*Quant*: kleinstmögliche Menge der Strahlungsenergie, abhängig von der Wellenlänge. Die Quanten von violetterem Licht sind etwa doppelt so groß wie die Quanten von rotem Licht

*Quantentheorie*: Theorie, nach der Strahlungsenergie nur in jeweils kleinen Mengen von der Materie ausgestrahlt und aufgenommen wird

*reflektieren*: zurückwerfen

*Reflexion*: das Zurückwerfen von Licht oder Schall

*relativ*: verhältnismäßig, auf eine Vergleichsgröße bezüglich

*Rhythmus*: in gleichmäßigen Zeitabständen erfolgende Wiederkehr

*Rotation*: die Drehung eines Körpers um eine Achse

*rotieren*: sich um eine Achse drehen

*Salmiakelement*: ein galvanisches Element, bei dem Zink und Kohle in eine Salmiaklösung tauchen

*Schallgeschwindigkeit*: Geschwindigkeit, mit der sich eine Schallwelle fortpflanzt. Die Schallgeschwindigkeit in der Luft beträgt 340 m/s (bei 18° C), in Wasser 1435 m/s, in Eisen 5000 m/s

*schematisch*: nur in den Hauptzügen gekennzeichnet

*Schmelzwärme*: die zum Schmelzen von 1 kg eines Stoffes notwendige Wärmemenge

*Schwefeldioxyd*: stechend riechendes Gas, das beim Verbrennen von Schwefel entsteht, eine chemische Verbindung von Schwefel und Sauerstoff (Formel: SO<sub>2</sub>)

*Schwerkraft*: die Kraft, mit der jeder Körper von der Erde angezogen wird

*Schwingungszahl*: Zahl der Schwingungen in der Zeiteinheit (meist Sekunde)

*Spektrum*: das Farbenband, das entsteht, wenn das von einem Stoff ausgehende Licht durch ein dreiseitiges Prisma zerlegt wird

*Stahl*: alles ohne Nachbehandlung schmiedbare Eisen

*Stereoskop*: Gerät, das beim Betrachten von Bildpaaren einen räumlichen Eindruck vermittelt

*Stethoskop*: Hörrohr, mit dem der Arzt Herztöne, Atemgeräusche gut hören kann

*Steuerbord*: rechte Seite des Schiffes (in der Fahrtrichtung gesehen)

*symmetrisch*: gleichförmig, aus spiegelbildlich gleichen Teilen aufgebaut

*Tachometer*: Geschwindigkeitsmesser

*Telegraf*: Gerät, das Nachrichten durch elektrische Stromstöße vermittelt und aufnimmt

*Theorie*: hier: wissenschaftliche Erklärung für die Gesetze in der Natur

*Tiefstonlautsprecher*: Lautsprecher, der besonders tiefe Töne gut wiedergibt

*Trägheit*: Beharrungsvermögen, Eigenschaft der Körper, jeder Veränderung ihres Ruhe- oder Bewegungszustandes einen Widerstand entgegenzusetzen

*Trägheitsgesetz*: jeder Körper ist bestrebt, seinen Zustand der Ruhe oder Bewegung beizubehalten und setzt jeder Änderung einen Widerstand entgegen

*Trick*: Kniff, Kunstgriff

*Infrarot*, auch *Ultraschall*: jenseits des roten Endes des Spektrums liegendes unsichtbares Licht, das nur an seiner Wärmewirkung zu erkennen ist

*Ultraschall*: unhörbare, aber mechanisch sehr wirksame Schallwellen mit einer Schwingungszahl von mehr als 20 000 Schwingungen in der Sekunde

*ultraviolettes Licht*: unsichtbares Licht mit chemischer, biologischer und hautbräunender Wirkung

*Umformer*: Aggregat aus Motor und Dynamomaschine. Dient zum Umwandeln einer Stromart in eine andere

*vertikal*: senkrecht zur waagrechten Richtung

*Volumen*: Rauminhalt eines Körpers

*Watt*: Einheit für die Leistung, ergibt sich aus dem Produkt von Spannung und Stromstärke

*Wattstunde*: die Arbeit, die ein Strom bei einer Leistung von 1 W während einer Stunde verrichtet. (1000 Wattstunden = 1 Kilowattstunde)

*Wirkungsgrad*: Verhältnis der von einer Maschine abgegebenen Leistung zur aufgenommenen Leistung

*zentral*: in der Mitte befindlich

*Zentrifugalkraft*: Flichkraft, bei der kreisförmigen Bewegung eines Körpers auftretende, nach außen ziehende Kraft

Dr. Gerhard Niese

## SPIELE UND EXPERIMENTE

Illustrationen von Erwin Wagner

Technische Zeichnungen von Edgar Leidreiter

156 Seiten, Halbleinen mit Schutzumschlag, 4,80 DM

Dieses unterhaltende und belehrende Buch verrät, weshalb die Erde sich dreht, wie „eine Postkarte Musik macht“ und wie man Sonnenstrahlen fangen kann und sehr viel Wissenswertes.

Václav Koval

## PETER, ICH UND DIE ATOME

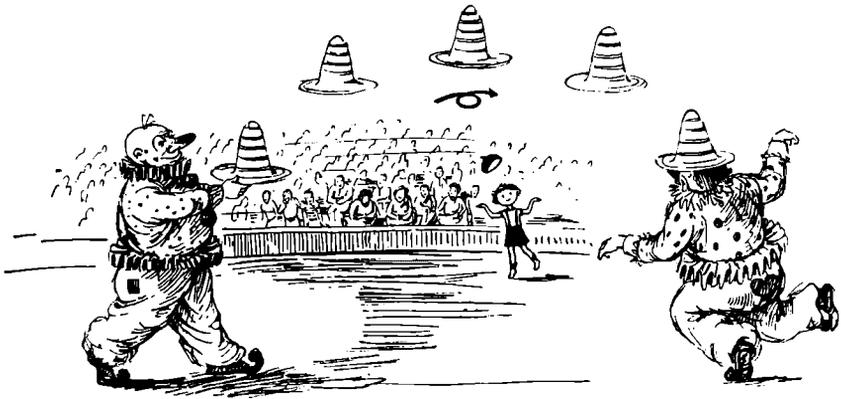
Illustrationen von Dobroslav Foll

64 Seiten, Halbleinen lackiert, 4,80 DM

Eine heitere und lehrreiche Geschichte. Peter und sein Onkel ziehen los, um Beeren und Pilze zu suchen, und dabei erfährt Peter vieles über die Technik der Zukunft.

DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN





Jonglieren mit Hüten

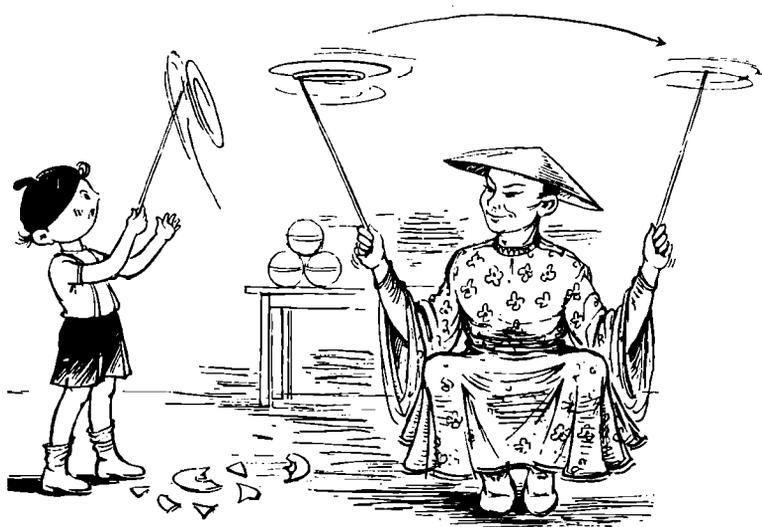
Nächste Nummer im Programm: zwei Jongleure. Der eine schleudert Hüte weg, der andere fängt sie geschickt mit dem Kopfe auf, so daß sich Hut auf Hut stülpt, bis er schließlich ein halbes Dutzend Hüte aufgefangen hat.

Diese Hüte sind ziemlich weich. Werfen wir einen solchen Hut ganz einfach durch die Luft, so fällt er zusammen und überschlägt sich dabei. Deshalb ist es ganz ausgeschlossen, ihn mit dem Kopf aufzufangen. Der Artist, der die Hüte wegschleudert, faßt den Hut jedoch an der Krempe und versetzt ihn beim Fortwerfen in schnelle Drehung. Infolgedessen greifen am Hut Zentrifugalkräfte an, die ihm eine schöne regelmäßige Form geben und die Hutöffnung zum Kreis aufspreizen. Aber nicht nur die Zentrifugalkraft wird hier in den Dienst der Geschicklichkeit gestellt, sondern auch das Gesetz des Kreisels. Der rotierende Hut ist ein Kreisel. Jeder Kreisel ist bestrebt, seine Drehachse, das ist hier die Längsachse des Hutes, beizubehalten. Er kann sich deshalb auch nicht überschlagen. In allen Lagen auf der Wurfbahn bleibt die Drehachse in gleicher Richtung, so daß die Hüte mit der Öffnung nach unten bei dem zweiten Artisten ankommen, der sie dann mit dem Kopf auffangen kann.

Der Tellerjongleur benutzt vor allem das Trägheitsgesetz und das Kreisgesetz. Wie war doch gleich das Trägheitsgesetz? Jeder Körper ist bestrebt, im Zustand der Ruhe oder seiner augenblicklichen Bewegung zu verharren. Jeder Körper setzt einer Änderung seiner augenblicklichen Bewegung oder Ruhe einen Widerstand entgegen, der Trägheitskraft genannt wird.

Zu Beginn der Vorführung setzt der Jongleur die Spitze des Stabes an die Randwulst auf der Unterseite des leicht schräg gehaltenen Tellers. Dann ruckt er kurz und kräftig den Stab nach außen.

Die vom Jongleur dabei ausgeübte Kraft  $K$  verursacht eine im Schwerpunkt des Tellers angreifende Trägheitskraft  $T$ , die eine durch den Pfeil gekennzeichnete Drehung des Tellers um den Auflagepunkt bewirkt. Durch diese Drehung kommt der Teller in waagrechte Lage und kippt nicht dem Einfluß der Schwere entsprechend



Ein flacher Teller wird mit einem Bambusstab in Drehung versetzt, dann abgeworfen und mit dem Bambusstab der anderen Hand aufgefangen



nach unten. Diesen kurzen Zeitmoment der waagrechten Lage nutzt der Jongleur geschickt aus und versetzt den Teller sofort mit dem Stab in lebhaftere Drehung. Jetzt unterliegt der Teller dem Kreisengesetz und ist bestrebt, seine Drehachse beizubehalten. Wenn der Jongleur dann den Teller zum anderen Arm oder zu einem Partner im flachen Bogen schräg nach oben wirft, behält der rotierende Teller im Wurfbogen infolge des Kreisgesetzes seine Drehachse bei. Der Teller kann dann leicht mit der Stabspitze an der Randwulst des Tellers wieder aufgefangen werden. Die beim Auffangen vorliegende Gefahr des Kippens des Tellers um die Auffangstelle wird wieder durch die mit einem kurzen Ruck nach außen verursachte Trägheitskraft behoben. Der Teller wird durch die kreisende Stabspitze sogleich weitergedreht.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

139. Nenne Anwendungen der Zentrifugalkraft auf dem Jahrmarkt!
140. Nenne unerwünschte Wirkungen der Zentrifugalkraft!
141. Nenne nützliche Anwendungen der Zentrifugalkraft!
142. Wo ist die Zentrifugalkraft infolge der Erddrehung am größten, am Äquator, in Berlin oder an den Polen der Erde?

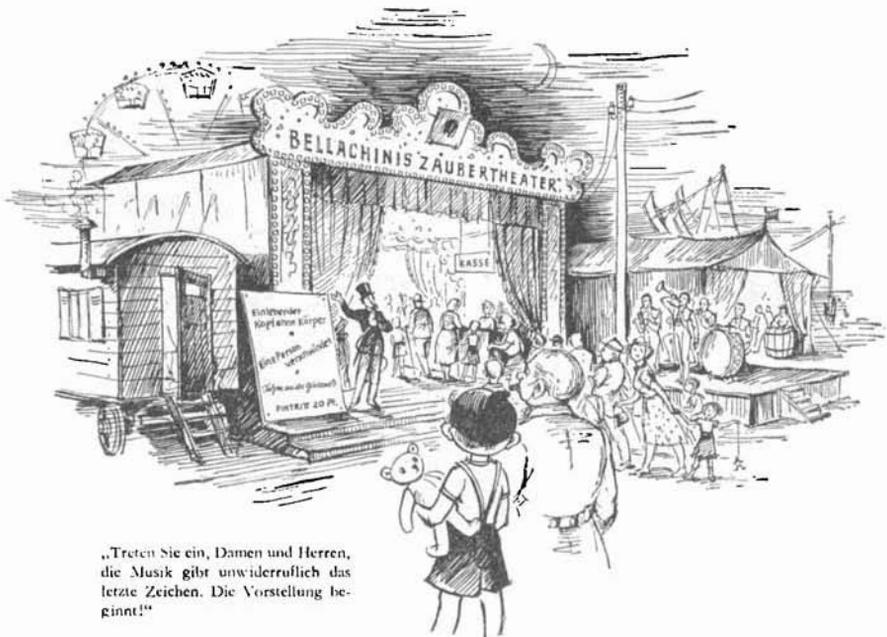
## Spiegeltricks und Zauberei

Wer ein junges Herz hat, kann nicht widerstehen, zahlt seine zwei Groschen und geht hinein.

Wenn der Vorhang sich hebt, steht zunächst nur ein Tisch auf der hellerleuchteten Bühne. Der Ansager, der vorsichtig einen scheinbar nicht ganz leichten Holzkasten von etwa 30 cm Höhe trägt, erscheint und erklärt, daß sich in diesem Kasten ein lebender Kopf ohne Körper befindet. Er stellt den Kasten behutsam auf den Tisch und gibt weitere Erläuterungen. Nach einiger Zeit wird von ihm die vordere Kastenwand geöffnet. Tatsächlich sehen wir in dem Kasten den Kopf einer jungen Dame, der fast starr und blaß ist. Die Augen sind geschlossen. Ein Wachsmode! Der Ansager murmelt einige unverständliche Worte, hält seine Hände beschwörend gegen den geheimnisvollen Kopf, der nun — angeblich — aus der Hypnose erwacht. Er bewegt sich, spricht, beantwortet schließlich Fragen aus dem Publikum. Kein Zweifel, ein lebender Kopf! Merkwürdig! Dann wird der Kasten wieder verschlossen und behutsam — angeblich mit Inhalt — wieder weggetragen. Ein Gruseln geht durch das Publikum. Die Tischplatte ist nur wenige Zentimeter dick. Darin läßt sich doch aber auf keinen Fall ein Mensch verbergen! Wir können zwischen den Tischbeinen bis zum Hintergrund der Bühne hindurchsehen. Alles erscheint einwandfrei. Worauf beruht diese Täuschung?

Das eine Tischbein des dreibeinigen Tisches steht vorn, nach dem Publikum zu. Zwischen diesem und den beiden anderen ist je ein Spiegel eingesetzt, in denen wir das Spiegelbild der Seitenkulissen der Bühne sehen, die genauso gestrichen sind wie der Hintergrund der Bühne. Infolgedessen glauben wir, die Rückwand der Bühne zwischen den Tischbeinen zu sehen. Die Täuschung ist vollkommen. Damit ist auch die „Zauberei“ klar.

Hinter den Spiegeln sitzt schon zu Beginn der Vorstellung die Inhaberin des sprechenden Kopfes. Nachdem der leere Kasten auf den



„Treten Sie ein, Damen und Herren, die Musik gibt unwiderruflich das letzte Zeichen. Die Vorstellung beginnt!“

Tisch gesetzt worden ist, nimmt die Darstellerin erst aus der Tischplatte und dann aus dem Kastenboden je einen Einsatz heraus, steckt ihren blaß gepuderten Kopf hindurch, schließt die Augen, und die Vorführung kann beginnen.

Wird der Kasten geschlossen, verschwindet der Kopf rasch wieder hinter den Spiegeln, und die Darstellerin setzt die Platten in Kasten und Tisch ein. Danach wird der leere Kasten weggetragen.

Wenn die Spiegel sauber in die Tischbeine eingelassen und Seitenkulissen und Hintergrund geschickt gewählt sind, ist es für die Zuschauer ganz ausgeschlossen, die Spiegel zu bemerken. Der Vorführende muß nur darauf achten, daß die Zuschauer nicht etwa die Spiegelbilder seiner Beine sehen. Damit wäre alles verraten. Der Vorführende muß jeden seiner Schritte zuvor genau überlegt und ausprobiert haben.

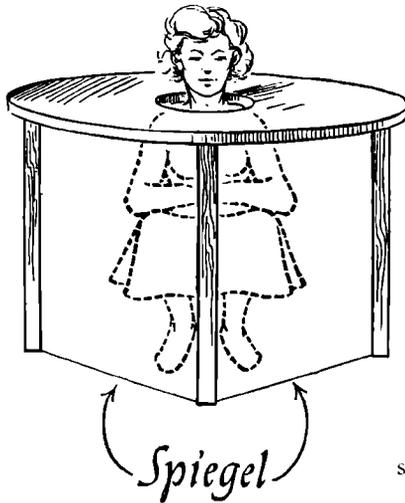
Überraschende Effekte lassen sich mit Hohlspiegeln und Linsen erreichen, die frei in der Luft schwebende Bilder von leuchtenden oder gut beleuchteten Gegenständen erzeugen. Auf der abgedunkelten Bühne steht zum Beispiel vor einem schwarzen Hintergrund etwas erhöht eine leere Vase. Allmählich erscheint dann nach etwa zehn oder zwanzig Sekunden über der Vase, zunächst verschwommen, glasartig durchsichtig, dann wie ein dünner Schleier und schließlich mehr und mehr wirklich werdend und zuletzt in greifbarer Deutlichkeit ein großer, bunter Blumenstrauß.

Nachdem wir eine Minute lang diesen geheimnisvoll erschienenen schönen Blumenstrauß betrachtet und bewundert haben, verblassen allmählich wieder seine Linien. Er wird durchsichtig und verschwindet langsam.

Das erreicht man mit einem großen Hohlspiegel, der bei spärlicher Teilbeleuchtung der im übrigen dunklen Bühne und durch geeignete



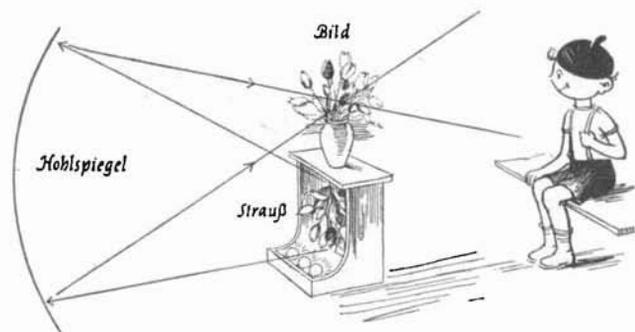
„In der ersten Abteilung zeige ich Ihnen das sensationelle Wunder, den lebenden Kopf ohne Körper...“



So wird die Geschichte gemacht

Schwarzabdeckung seiner Ränder nicht sichtbar ist. Der Strauß ist das im Raum frei schwebende, von einem Hohlspiegel erzeugte Bild eines dem Zuschauer nicht sichtbaren Blumenstraußes. Er liegt zunächst im Dunkeln, wird dann stärker und stärker beleuchtet und dabei durch den Hohlspiegel derart abgebildet, daß er frei schwebend genau über dem Vasenrand entsteht.

Mit einer Lupe können wir im dunklen Zimmer das frei in der Luft schwebende Bild einer brennenden Kerze selbst erzeugen. Ist die Kerze etwa 1 m von der senkrecht auf dem Tisch aufgestellten Lupe entfernt (zwischen zwei dickere Bücher klemmen), entsteht 20 cm hinter der Lupe ein umgekehrtes, verkleinertes Bild, das wir auf weißem Papier auffangen können. Das Bild ist auch ohne Papierschirm an gleicher Stelle im Raum zu sehen, wenn unser Auge in der Richtung zur Lupe und Kerze blickt. Wir dürfen also nicht schräg auf die Lupe sehen, wie vorhin beim Blick auf das Papier. Am besten gelingt der Versuch, wenn ein Gehilfe einen Finger an die Stelle hält, wo vorher das von der Linse entworfene Kerzenbild auf dem Papierschirm zu sehen war. Dabei bemerken wir, daß das Bild nur dann



Der Hohlspiegel erzeugt von dem im Kasten verhorgenen und gut beleuchteten Blumenstrauß ein frei in der Luft schwebendes Bild über der Vasenöffnung

deutlich zu sehen ist, wenn unser Auge auf den Ort sieht, auf den der Finger zeigt. Wird an diese Stelle ein wassergefülltes Glasgefäß mit glatten Wänden gestellt (kleines Aquarium), sehen wir das umgekehrte Bild im Wasser leuchten und schweben. Dieser Versuch ist sehr eindrucksvoll, weil hier scheinbar mitten im Wasser eine Kerze brennt.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

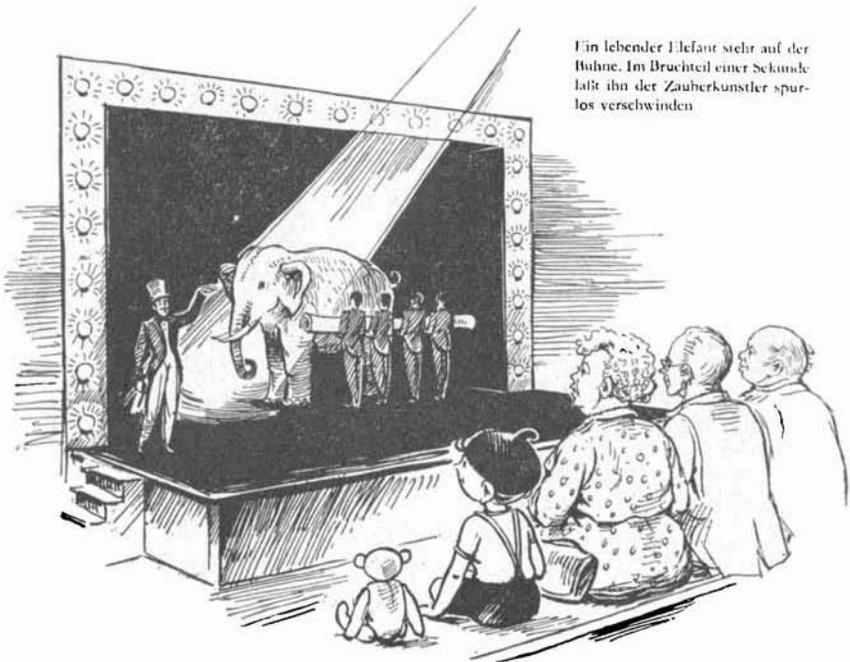
143. Kann das von einem ebenen Spiegel entworfene Bild auf Papier aufgefangen werden?
144. Wir stehen dicht vor einem Hohlspiegel (Rasierspiegel) und erblicken darin unser aufrecht stehendes, vergrößertes Spiegelbild. Kann dieses Bild auf Papier aufgefangen werden?
145. Kann mit der Lupe ein verkleinertes Bild der Sonne auf Papier erzeugt werden?

## Ein Elefant verschwindet

Wir sind im Varieté und wohnen der Vorstellung eines Zauber-künstlers bei. Er greift zu unserer Überraschung viele bunte Tücher aus der leeren Luft, er holt die schönsten Blumen hervor, zieht aus einem leeren schwarzen Zylinderhut lebende schneeweiße Kaninchen heraus und zeigt weitere verblüffende Kunststücke.

Die Vorstellung nähert sich ihrem Höhepunkt. Silberbetreßte Bühnengehilfen führen unter den Klängen des Orchesters einen Elefanten auf die Bühne. Grau schimmert seine Haut im Licht der Scheinwerfer. Er hebt seinen Rüssel und läßt sich vom Zaubermeister ein Stück Zucker geben. Kein Zweifel, dieser Elefant lebt!

Der Zaubermeister erklärt uns, daß er das Tier vor unseren Augen verschwinden lassen will. Wir beobachten mit größter Aufmerksam-



Ein lebender Elefant steht auf der Bühne. Im Bruchteil einer Sekunde läßt ihn der Zaubermeister spurlos verschwinden

keit. Die Gehilfen legen ein weißes Tuch über den Elefanten, das ihn vollständig bedeckt. Deutlich können wir noch die Umrisse erkennen. Sollte uns der Zauberkünstler jetzt schon täuschen? Warum wird das weiße Tuch aufgelegt? Warum läßt der Zauberer den Elefanten nicht ohne Tuch verschwinden? Der Zauberer ahnt unsere Bedenken. Noch einmal läßt er das Tuch lüften. Der Elefant ist noch da. Es wird ihm noch ein Stück Zucker gereicht und dann das weiße Tuch wieder vollständig übergelegt.

Aufpassen! Jetzt kommt der große Trick! Da müssen wir dahinterkommen! Die Musik bricht plötzlich ab. Eine atemlose Stille und eine große Spannung herrscht im Zuschauerraum! Der Zauberer hebt steil nach oben eine Pistole. Ein Schuß! Im gleichen Augenblick ziehen die Bühnengehilfen ruckartig das weiße Tuch vom Elefanten herunter — — — der Elefant ist weg, tatsächlich verschwunden!

Flatternd sinkt das weiße Tuch zu Boden. Der Platz, auf dem das Tier stand, ist leer. Nur der Zauberer und seine Gehilfen sind noch auf der Bühne. Dröhnender Applaus, für den der Zauberer lächelnd dankt. Der Vorhang fällt.

Der Trick ist verblüffend. Was ist hier vorgegangen? Wem ist etwas aufgefallen? Wie sah die Bühne aus?

Im Variété wird der Zuschauerraum meist verdunkelt. Hell leuchten im allgemeinen die Scheinwerfer in die Bühne hinein. Bei dieser Zaubernummer jedoch brannten an der Bühneneinfassung die Lampen und strahlten in den Zuschauerraum hinein. Das machen die Zauberer gern, weil dadurch das Publikum etwas geblendet wird und dann die Vorgänge nicht mehr allzu genau beobachten kann. Und noch etwas fiel uns an der Bühne auf. Der Boden, die Seitenkulissen und die Rückwand waren während der Vorstellung mit tiefschwarzem Samt verkleidet. Wir haben den Elefanten genau gesehen. Er wurde mit den Scheinwerfern hell beleuchtet. Und wie ging es dann weiter? Die Bühnengehilfen legten über das Tier ein großes weißes Tuch. Und in diesem Augenblick wurden wir schon getäuscht. Unter dem weißen Tuch lag nämlich ein schwarzes. Die Bühnengehilfen haben alle ihre

Handgriffe zum Auflegen des Tuches lange geübt; jeder Handgriff ist genau überlegt und muß immer so erfolgen, daß auf keinen Fall das unter dem weißen Tuch liegende schwarze sichtbar wird. Besonders müssen sie aufpassen, wenn das Tuch gelüftet wird, um den Elefanten noch einmal zu zeigen. Beim Pistolenschuß ziehen sie dann ruckartig das weiße Tuch weg. Geeignete Maßnahmen verhindern, daß beim Wegziehen des weißen Tuches nicht auch das schwarze Tuch mit abgezogen wird. Das wäre eine peinliche Überraschung für den Zaubermeister, weil dann der wegzaubernde Elefant noch zu sehen wäre. Als wir staunend das Verschwinden des Elefanten feststellten, stand dieser nach wie vor ruhig auf der Bühne, allerdings unter dem schwarzen Tuch verborgen. Er ist so dressiert, daß er unter dem Tuch nicht unruhig wird.

Das schwarze Tuch über dem Elefanten hebt sich von der schwarzen Auskleidung der Bühne nicht ab. Das ist der ganze, so verblüffende Trick. Tiefes Schwarz hebt sich von einem tiefschwarzen Hintergrund nicht ab. Wir sehen einen Körper immer nur dann, wenn er das auffallende Licht zurückstrahlt. Ein tiefes Schwarz strahlt nur wenig Licht zurück. Wesentlich trägt zum Gelingen dieser Täuschung bei, daß im Augenblick des „Verschwindens“ das grelle Licht der Scheinwerfer, das bisher auf das Tier gerichtet war, plötzlich auf den abseits stehenden, sich verbeugenden Zauberer gelenkt wird. Der mit dem schwarzen Tuch überdeckte Elefant steht infolgedessen in dem etwas abgedunkelten Teil der Bühne, den wir nicht so ganz genau übersehen können.

Vor vielen Jahren wanderte über alle großen Varietébühnen der Welt eine Zaubernummer, die großes Aufsehen erregte. Der Zauberkünstler schien besondere Fähigkeiten und eine ausgezeichnete Technik zu besitzen. Er ließ allerlei exotische Menschen und Tiere auf der Bühne erscheinen, die dann plötzlich spurlos verschwanden. Er zauberte bunte Hüte, Tauben, glitzernde Tablettts und anderes aus der Luft hervor, wirbelte sie hoch in die Luft, wobei sie verschwanden. Alle diese Erscheinungen beruhten auf dem gleichen Trick. Die Bühne

einschließlich des Bühnenbodens waren mit schwarzem Samt bespannt. Die Menschen, Tiere und Gegenstände, die hervorgezaubert wurden, befanden sich bereits auf der nur mäßig erleuchteten Bühne und waren jeweils mit schwarzen Tüchern bedeckt. Die Zuschauer wurden bewußt durch das Rampenlicht der Bühne etwas geblendet, um ihre Beobachtungsfähigkeit zu mindern. Die schwarzen Tücher hoben sich gegen den schwarzen Hintergrund der Bühne nicht ab. Sie erschien leer, man sah nur den Zauberkünstler im weißen Frack. Und nun das damals originell Neue: Der Zauberkünstler hatte auf der Bühne einige Gehilfen, die von oben bis unten schwarze Samtmasken trugen; das Publikum konnte sie daher nicht sehen. In einfachster Weise war das Problem der „Tarnkappe“ gelöst. Die unsichtbaren Gehilfen ließen Personen, Tiere und Gegenstände erscheinen, die erst durch schwarze Tücher abgedeckt waren, und ließen sie durch Bedecken mit schwarzen Tüchern dann wieder verschwinden. Diese Vorführungen wirkten überaus verblüffend. Die so einfache Lösung wurde meist nicht erkannt. Erst als der Trick schlechte Nachahmer fand, verschwand er von der Zauberbühne. Wir sehen, es geht auf der Welt alles mit rechten Dingen zu, auch — und ganz besonders — in der Magie.

#### Zum Beobachten und Nachdenken

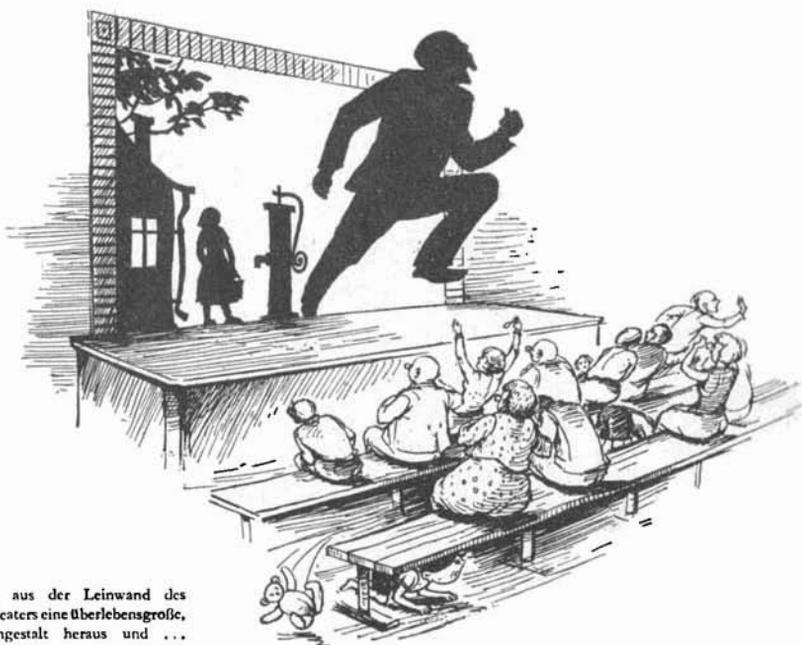
146. Wenn man die Form von Schneeflocken beobachten will, fängt man am besten einige auf schwarzem Schiefer oder schwarzem Papier auf. Warum?
147. Warum sind die Eisenbahnwaggons, in denen frische Fische transportiert werden, weiß angestrichen?
148. Wenn wir am Abend aus einem hellerleuchteten Raum schnell in den dunklen Hof hinaustreten, können wir zunächst nichts sehen. Erst nach einigen Sekunden können wir auch im Dunklen allerhand erkennen. Grund?

## Plastische Schatten

Letzte Pause im Varieté. Mit Spannung erwarten wir die Schlußnummer, die im Programm lediglich geheimnisvoll mit drei großen Fragezeichen angezeigt ist. Theaterdiener gehen durch die Reihen und geben jedem Zuschauer eine farbige Brille in die Hand. Das ist ein Pappstreifen mit einem roten und einem grünen Gelatinefenster. Wir sollen diese Brille vor die Augen halten, wenn die nächste Nummer beginnt.

Gong! Musik setzt ein. Wir nehmen die Brille. Der Vorhang geht auf. Eine weiße Leinwand. Es ist der Schatten eines Hauses und eines Brunnens zu sehen. Aha! Schattenspiele! Eine Dorfszene mit einem Bauern und einer Bäuerin, durch Geräusche untermalt. Jetzt erschrecken die beiden auf der Bühne, weil plötzlich eine dritte, etwas unheimlich aussehende Gestalt auftaucht — sie wird größer und größer, überlebensgroß! Jetzt reicht sie schon bis an den Rand des Bühnenrahmens. Ja, sehen wir denn richtig? Diese schattenhaft schwarze Gestalt steigt wahrhaftig aus der Leinwand, jawohl, sie steigt aus der Leinwand heraus, steht jetzt vor der Leinwand auf der Bühne und . . . springt mit Gepolter von der Bühne herab — mitten in das kreischende Publikum! Etwa 20 Reihen vor uns steht jetzt die Gestalt über den Stuhlreihen, mitten im Saal! Jetzt, was ist das? Da stürzt doch eine Leiter von der Bühne! Wird immer größer und größer! Stürzt gerade auf uns zu! Wir nehmen erschreckt den Kopf beiseite. Es wird uns zu bunt, und wir setzen die Brille ab. Da ist der Spuk aus. Auf der Leinwand sehen wir lediglich rote und grüne und farbig gerandete Schattengestalten. Wir beobachten weiter mit der Brille.

Jetzt wird auch die Schattenbäuerin handgreiflich und wirft Äpfel und Krautköpfe von der Bühne herab, gerade auf uns zu, so daß wir uns immer wieder erschreckt zur Seite beugen. Schließlich springt ein Rudel von Katzenschatten von der Bühne herab, jeder einzelne scheint unfehlbar in unserem Gesicht zu landen.

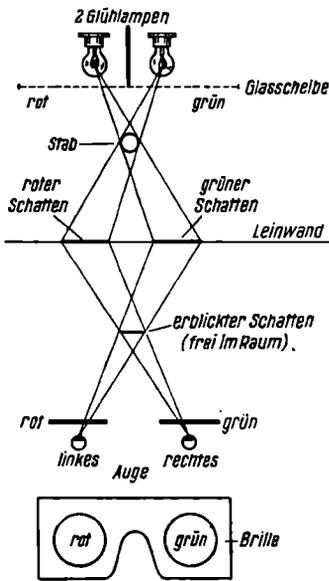


Plötzlich steigt aus der Leinwand des Schattenspiel-Theaters eine überlebensgroße, riesige Schattengestalt heraus und ... springt ins Publikum!

Dieser physikalisch-physiologische Varietétrick weckt stürmische Heiterkeit. Wer solche plastischen Schatten, also Schatten, die sich frei im Raum und nicht nur auf der Leinwand bewegen, schon gesehen hat, wird das bestätigen. Selbst wenn man die Sache schon kennt und Bescheid weiß, versucht man unwillkürlich immer wieder den scheinbar heransausenden Wurfgeschossen und Gestalten auszuweichen. So verblüffend wirkt diese Sinnestäuschung.

Wir wollen überlegen, wie das zugeht. Die Darstellung dieser plastischen Schatten ist klug erdacht und recht einfach durchzuführen. Jeder kann diesen überraschenden Versuch ohne große Schwierigkeiten mit einfachen Hilfsmitteln zu Haus selbst anstellen.

Wenn wir unseren aufrecht gestellten Daumen der rechten Hand bei ausgestrecktem Arm abwechselnd mit dem linken und rechten Auge



Anordnung zur Darstellung von plastischen Schatten

betrachten, so ist das Bild, das das linke Auge auf der Netzhaut entwirft, anders, als das Bild, das das rechte Auge vermittelt. Halten wir den Daumen so, daß wir hinter ihm einen Pfosten der Zimmertür sehen, so springt der Daumen, wenn wir abwechselnd das linke und dann das rechte Auge zukneifen. Je näher sich der betrachtete Gegenstand am Auge befindet, um so stärker unterscheiden sich die beiden Bilder. Unser Bewußtsein verschmilzt die beiden flächenhaften Bilder zu einem räumlichen Eindruck. Zwei verschiedene Bilder sind die Voraussetzungen für räumliches Sehen. Wollen wir nun umgekehrt unseren Augen vortäuschen, daß sich nahe vor unserem Gesicht ein Gegenstand befindet, so müssen wir durch

geeignete Maßnahmen dafür sorgen, daß in beiden Augen je ein Bild des Gegenstandes entsteht. Dabei müssen diese beiden Bilder gegenüber dem Hintergrund verschoben sein, wie wir es vorhin beim Betrachten des „springenden Daumens“ feststellten. Unsere Sinne glauben dann, den Gegenstand im Schnittpunkt der beiden Sehrichtungen frei im Raum schweben zu sehen.

Diese Grundforderung für das plastische Sehen wird in einfacher Weise bei dem geschilderten Varietétrick erfüllt.

Hinter der Leinwand (vom Zuschauer aus gesehen) sind ungefähr in Tischhöhe zwei Lichtquellen, zwei starke Glühlampen, aufgestellt. Der seitliche Abstand der beiden Lampen beträgt etwa 20 cm. Vor der linken Lichtquelle befindet sich eine rote, vor der rechten eine

grüne Glas- oder Gelatinescheibe. Von der linken Lampe fällt also auf die Leinwand nur rotes Licht, von der rechten nur grünes. Bei dieser Beleuchtung sieht die Leinwand weiß aus, weil Rot und Grün zusammen Weiß ergibt. Rot und Grün sind Ergänzungsfarben (Komplementärfarben), die sich wechselseitig zu Weiß ergänzen.

Hält der Vorführende jetzt einen Ball in die sich überschneidenden Lichtkegel der beiden Lampen, so wirft jede Lampe einen vergrößerten Schatten des Balles auf die Leinwand. Auf die linke (kreisförmige) Schattenfläche fällt kein grünes, sondern nur rotes Licht. Der linke Schatten sieht also rot aus. Der rechte Schatten hingegen sieht grün aus, weil auf ihn kein rotes, sondern nur grünes Licht fällt.

Blicken wir durch die Brille, die links ein rotes und rechts ein grünes Gelatinefenster hat, so fällt dem linken Auge der rote Schatten nicht auf, weil durch das linke Fenster alles Gesehene, die ganze weiße Leinwand, rot erscheint. Das linke Auge sieht jedoch den rechten (grünen) Schatten, weil das von diesem Schatten ausgehende (grüne) Licht nicht durch die rote Gelatine hindurchgelassen wird. Rotes Glas oder rote Gelatine lassen nur rotes Licht hindurch und absorbieren (verschlucken) das grüne Licht. Von dem grünen Schatten gelangt also kein Licht ins linke Auge. Aus diesem Grunde erblickt das linke Auge den grünen Schatten in Schwarz.

Jetzt kann jeder die entsprechende Überlegung für das rechte Auge an Hand der Abbildung durchführen. Ergebnis: Das rechte Auge sieht durch das grüne Glas hindurch den rechten grünen Schatten nicht, wohl aber erblickt es den linken (roten) Schatten in Schwarz.

Damit ist die Voraussetzung für plastisches Sehen erfüllt. Unser Gesichtssinn schließt — wie immer — aus zwei verschiedenen Bildindrücken der beiden Augen auf einen Gegenstand, der sich im Raum zwischen Auge und Hintergrund (hier Leinwand) befindet. Wir erblicken deshalb einen frei im Raum schwebenden schwarzen Schatten. Das Verfahren der plastischen Schatten beruht auf einer raffiniert herbeigeführten optischen Täuschung.

