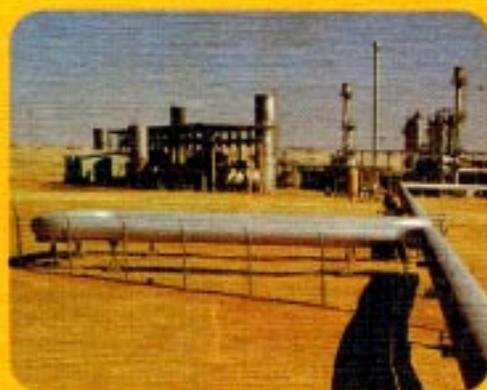
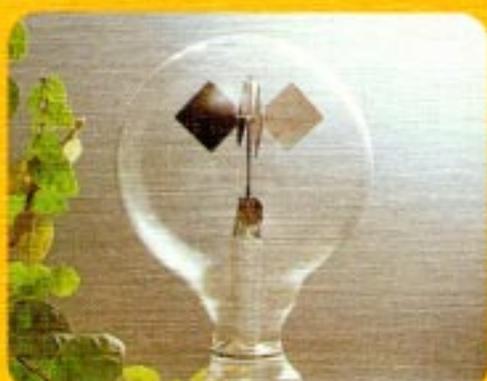


Falk  
Herrmann

# Neue Physik



Das  
Energiebuch



Schroedel

---

Herausgegeben von  
Professor Dr. Gottfried Falk  
Professor Dr. Friedrich Herrmann

Bearbeitet von  
Gottfried Falk  
Friedrich Herrmann  
Dieter Plappert  
Verlagsredaktion Physik

Layout und Graphik  
Uwe-Karsten Wedekind  
Einbandgestaltung  
Volker Föllmer

ISBN 3-507-76090-8

© 1981 Hermann Schroedel Verlag KG, Hannover

Alle Rechte vorbehalten. Die Vervielfältigung und Übertragung auch einzelner Textabschnitte, Bilder oder Zeichnungen ist – mit Ausnahme der Vervielfältigung zum persönlichen und eigenen Gebrauch gemäß §§ 53, 54 URG – ohne schriftliche Zustimmung des Verlages nicht zulässig. Das gilt sowohl für die Vervielfältigung durch Fotokopie oder irgendein anderes Verfahren als auch für die Übertragung auf Filme, Bänder, Platten, Arbeitstransparente oder andere Medien.

Druck A<sup>54321</sup> / Jahr 1985 84 83 82 81

Alle Drucke der Serie A sind im Unterricht parallel verwendbar.  
Die letzte Zahl bezeichnet das Jahr dieses Druckes.

Satz: Wallier KG, Hannover  
Reproduktionen: Schmiku-Repro, Schwerte  
Druck: G. Stalling AG, Oldenburg  
Buchbinderische Verarbeitung: Albert Rödiger, Langenhagen

---

## Einleitung

Vielleicht denkst du, Physik ist schwer, denn viele Leute behaupten das. Man muß mathematisch begabt sein, sagen sie, um Physik zu verstehen. Auch sei Physik nichts für Mädchen. Das alles sind Vorurteile. Was man wirklich braucht, wenn man Physik verstehen will, ist gesunder Menschenverstand. Die Physik ist nicht dazu da, dir das Leben schwer zu machen, sondern dazu, daß du die Welt leichter verstehst.

Im Physikunterricht lernst du, daß viele Vorgänge, die anscheinend nichts miteinander zu tun haben, doch nach denselben Regeln ablaufen. Es ist zum Beispiel dasselbe, ob Autos Benzin verbrauchen oder ob Menschen und Tiere essen. Und ebenso wie Menschen und Tiere atmen, muß auch ein Automotor „atmen“, nämlich Luft ein-saugen.

So passiert es oft in der Physik, daß du dich nur darum bemühen mußt, eine Sache zu verstehen, und dabei lernst du automatisch, wie drei andere zu begreifen sind. Wenn du etwa verstanden hast, wie der hydraulische Antrieb eines Baggers funktioniert, so wirst du nicht mehr viel Schwierigkeiten mit dem Aufbau eines elektrischen Stromkreises haben.

Alles was es auf der Welt gibt: Menschen, Tiere, Pflanzen, Steine, Maschinen richten sich nach den Regeln und Gesetzen der Physik. Wer die Physik beherrscht, kann viele interessante Fragen beantworten. Trotzdem erklärt die Physik nicht alles – im Gegenteil, sie beantwortet nur einen ganz kleinen Teil der Fragen, die einen Menschen interessieren. Fragen, die man nicht mit Hilfe physikalischer Regeln beantworten kann, sind z. B.

„Warum ist eine Blume schön?“

„Warum machen die Menschen Kriege?“

„Warum macht vielen Menschen die Physik Spaß?“



---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Energie und Energieträger</b>	
1.1 Was Benzin, Brötchen, Kohlen und Elektrizität gemeinsam haben	6
1.2 Energie ohne Träger gibt es nicht	8
1.3 Wie man Energie abrechnet	9
1.4 Mensch und Auto brauchen mehr als nur Energie	11
1.5 Wozu man viel und wozu man wenig Energie braucht	11
Ergänzungen	12
<b>2. Energiequellen – Energieempfänger</b>	
2.1 Woher kommt die Energie, wohin geht sie?	16
2.2 Das Energieflußbild	17
2.3 Zentralheizung, Fernheizung, Luftheizung	19
2.4 Woher eine Energiequelle ihre Energie bekommt und was ein Energieempfänger mit der Energie macht	20
Ergänzungen	21
<b>3. Die Energieträger Treibriemen, Hydrauliköl und Preßluft</b>	
3.1 Ketten und Treibriemen	24
3.2 Wasserpumpen, Ölpumpen, Benzinpumpen	26
3.3 Der Hydraulikantrieb beim Bagger	27
3.4 Das Wasserkraftwerk	28
3.5 Der Energieträger Preßluft	30
3.6 Der Energieträger „bewegte Luft“	31
Ergänzungen	32
<b>4. Einweg- und Pfandflaschen-Energieträger</b>	
<b>5. Der Energieträger Elektrizität</b>	
5.1 Was ist ein Strom?	38
5.2 Elektrische Energiequellen und -empfänger	40
5.3 Der elektrische Stromkreis	41
5.4 Schalter, Hähne, Ventile	43
5.5 Welche Stoffe die Elektrizität leiten	44
5.6 Der Kurzschluß	45
5.7 Leitet Wasser den elektrischen Strom?	46
5.8 Der elektrische Strom ist gefährlich	47
5.9 Glühlampe und Bügeleisen	48
5.10 Die Fahrradbeleuchtung	49
5.11 Das elektrische Netz	50
5.12 Elektrizität kostet nichts	51
Ergänzungen	52
<b>6. Ströme von Energie und von Energieträgern</b>	
6.1 Die Stromstärke	56
6.2 Der Energiestrom	57
6.3 Energieströme im Haushalt	58
6.4 Der Energieverbrauch des Menschen	59
6.5 Die Stärke des elektrischen Stroms	60
6.6 Viele Träger tragen viel	61
Ergänzungen	62
<b>7. Die Beladung des Energieträgers mit Energie</b>	
7.1 Wir transportieren Wasser	64
7.2 Die Beladung von Nahrung mit Energie	66
7.3 Die Beladung von Wasser mit Energie	66
7.4 Der Druck	67
7.5 Die Beladung der Fahrradkette mit Energie	68
7.6 Die elektrische Spannung	69
Ergänzungen	70
<b>8. Der Energieträger Licht</b>	
8.1 Energie, die von der Sonne kommt	72
8.2 Lichtquellen	73
8.3 Die Ausbreitung des Lichts – Lichtleiter	74
8.4 Die Lichtgeschwindigkeit	75
8.5 Durchsichtige, weiße und schwarze Gegenstände	77
8.6 Lichtempfänger	79
Ergänzungen	80

---

<b>9. Der Energieträger Drehimpuls</b>	
9.1 Energie fließt durch sich drehende Wellen	86
9.2 Quellen und Empfänger für Energie, die vom Drehimpuls getragen wird	87
9.3 Der Drehimpuls braucht eine Rückleitung	88
9.4 Warum die zweite Verbindung für den Drehimpuls meist nicht auffällt	90
9.5 Drehimpulsströme kann man spüren	91
Ergänzungen	93
<b>10. Energieumlader</b>	
10.1 Quellen und Empfänger laden Energie um	96
10.2 Ein Elektromotor wird zum Dynamo	98
10.3 Wie man Energieumlader aneinanderkoppelt	100
10.4 Ein Katalog von Umladern	102
10.5 Energietransport über große Entfernungen	103
10.6 Woher die Energie kommt, die im Haushalt verbraucht wird	104
Ergänzungen	106
<b>11. Elektromagnet und Elektromotor</b>	
11.1 Dauermagnete	110
11.2 Elektromagnete	111
11.3 Woher Magnete ihre Energie bekommen	113
11.4 Die Magnetkupplung	114
11.5 Der Elektromotor	115
Ergänzungen	116
<b>12. Energiespeicher</b>	
12.1 Wozu man Energiespeicher braucht	120
12.2 Beschreibung einiger Energiespeicher	121
12.3 Das Symbol eines Energiespeichers	124
Ergänzungen	126
<b>13. Der Kühlausgang</b>	
13.1 Der Kühlausgang	128
13.2 Die Umkehrung des Elektromotors	130
13.3 Der Energieverlust in einem Umlader	131
13.4 Das Perpetuum mobile	132
13.5 Das Kohlekraftwerk	133
Ergänzungen	135
<b>14. Stoffe und ihre Eigenschaften</b>	
14.1 Stoffumwandlungen in Energieumladern	138
14.2 Wie man einen Stoff erkennt	138
14.3 Stoffgemische	139
14.4 Testverfahren für Stoffeigenschaften	140
14.5 Eigenschaften einiger Gase	141
14.6 Fest, flüssig, gasförmig	143
14.7 Verdunsten – Kondensieren	144
14.8 Sieden	145
Ergänzungen	147
<b>15. Der Energieträger „Brennstoff + Sauerstoff“</b>	
15.1 Was zur Verbrennung gebraucht wird	150
15.2 Was bei einer Verbrennung entsteht	151
15.3 Was die Verbrennungsprodukte wiegen	153
15.4 Asche und Stickstoff	154
15.5 Ruß und Rauch	155
15.6 Mensch und Tier als Energieumlader	155
15.7 Wiesen und Wälder als Energieumlader	157
15.8 Der Benzinmotor	158
Ergänzungen	161
Stichwortverzeichnis	167

# 1. Energie und Energieträger

## 1.1 Was Benzin, Brötchen, Kohlen und Elektrizität gemeinsam haben

Fliegende Teppiche gibt es nur im Märchen. Es wäre schön, wenn es sie wirklich gäbe. Mit einem fliegenden Teppich sparte man viel Geld, denn er braucht zum Fliegen keinen Treibstoff. Um eine Reise zu machen, brauchen wir aber in Wirklichkeit immer einen Treibstoff, ganz gleich, wie wir die Reise machen.

Nehmen wir das Auto, so brauchen wir Benzin. Fahren wir mit der Bahn, so wird Dieselöl, Elektrizität oder Kohle gebraucht, je nachdem, ob der Zug von einer Diesel-, Elektro- oder Dampflokomotive gezogen wird. Fliegen wir mit dem Flugzeug, so wird ein Treibstoff, der Kerosin heißt, gebraucht, Bild 1. Selbst wenn wir uns auf einem Pferd, mit einem Fahrrad oder zu Fuß auf die Reise begeben, brauchen wir einen Treibstoff: Das Pferd braucht Hafer und

Heu, Bild 2; beim Radfahren oder beim Gehen brauchen wir selbst Nahrung, und zwar mehr, als wenn wir mit einem Auto gefahren wären. Wie wir die Reise auch machen, wir brauchen immer irgendeinen Treibstoff. Wir brauchen Benzin, Dieselöl, Elektrizität, Kohle, Hafer oder Nahrung.

Wenn es uns nicht darauf ankommt, wie wir ans Ziel unserer Reise kommen, ist es gleichgültig, welchen Treibstoff wir nehmen. Alle Treibstoffe haben gemeinsam, daß wir mit ihrer Hilfe unsere Reise machen können. Das liegt daran, daß sie alle etwas Gemeinsames enthalten: Sie enthalten Energie. In Benzin, Dieselöl, Elektrizität, Kohle, Hafer und Nahrung steckt Energie.

Für eine Reise brauchen wir also keinen bestimmten Treibstoff, sondern wir brauchen die Energie, die in jedem Treibstoff enthalten ist.



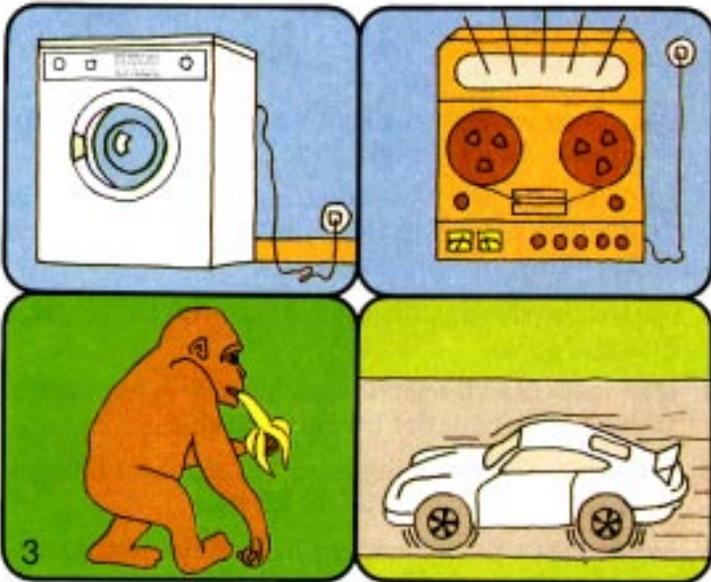
Ein Flugzeug wird aufgetankt.



So sah früher eine „Tankstelle“ aus.

Nicht nur zum Verreisen braucht man Energie, man braucht sie noch zu vielen anderen Zwecken, z. B. zum Heizen. Wie man zum Verreisen immer irgendeinen Treibstoff braucht, so braucht man zum Heizen immer irgendeinen Brennstoff. Als Brennstoff kann man Heizöl, Kohle, Erdgas, Holz oder Elektrizität verwenden. Auch beim Heizen kommt es nicht darauf an, welchen Brennstoff man verwendet, sondern nur auf das, was alle Brennstoffe gemeinsam enthalten, nämlich die Energie.

Verkehrsmittel brauchen also Energie zum Fahren. Öfen brauchen Energie zum Heizen. Es gibt noch viele andere Maschinen und Geräte, die Energie brauchen, damit sie funktionieren: Ein Motor-Rasenmäher bekommt Energie mit Benzin oder Elektrizität. Ein Traktor bekommt Energie mit Dieselöl, ein Kran und eine Glühlampe bekommen sie mit Elektrizität, ein Gasherd und eine Gastherme bekommen sie mit Erdgas.



Welcher Treibstoff wird verwendet?

**Zusammenfassung:** Viele Geräte und Maschinen und Menschen und Tiere brauchen Energie. Die Energie bekommen sie mit Treibstoffen, Brennstoffen oder Nahrung.

Ergänzungen E 1 und E 2 auf Seite 12f.

### Aufgaben

1. Auf welche Art kann man von einer Stadt in eine andere reisen? Welcher Treibstoff wird gebraucht?
2. Auf den Teilbildern der Abbildungen 3 und 4 wird Energie verbraucht. Welcher Treibstoff wird verwendet?
3. Gib für einige weitere Maschinen oder Geräte an, mit welchem Treibstoff sie Energie bekommen.
4. Was haben Treibstoffe, Brennstoffe und Nahrungsmittel gemeinsam?



Welcher Treibstoff wird verwendet?

## 1.2 Energie ohne Träger gibt es nicht

Alle Treibstoffe und Brennstoffe enthalten Energie. Wir nennen diese Stoffe deshalb Energieträger.

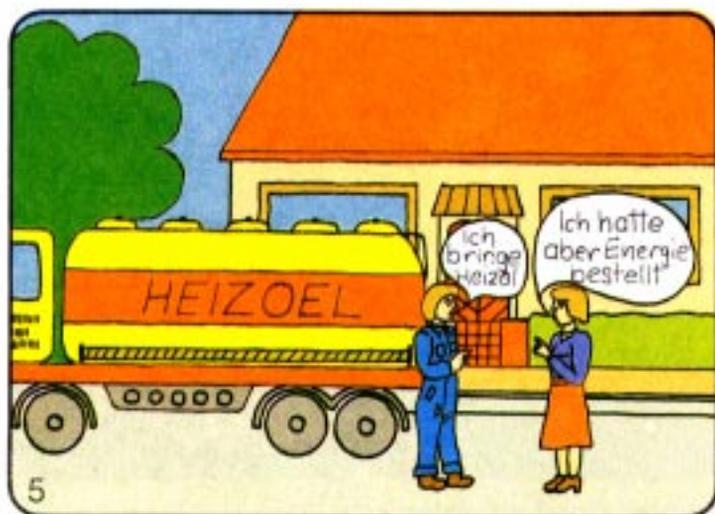
Die Brennstoffe Kohle, Heizöl, Erdgas und Holz sind Energieträger. Sie tragen Energie in den Ofen.

Elektrizität ist ein Energieträger. Sie trägt Energie in den Elektroofen, in die Glühlampe, in den Elektroherd und in alle anderen elektrischen Geräte.

Die Treibstoffe Benzin und Dieselöl sind Energieträger. Sie bringen Energie in den Benzinmotor und in den Dieselmotor.

Die Nahrung ist ein Energieträger. Der Mensch braucht zum Leben Energie. Je mehr er sich körperlich anstrengt, desto mehr Energie braucht er, desto mehr Nahrung braucht er also.

Wenn es beim Heizen wirklich allein auf die Energie ankommt, warum schüttet man dann nicht einfach die



Energie ohne Energieträger in den Ofen hinein, also ohne die lästige Kohle, die nur Rauch und Asche erzeugt, oder die Elektrizität, für die man dicke Kabel braucht? Wenn das ginge, würde man es sicher tun. Es geht aber nicht. Es gibt keine Energie ohne Energieträger, Bild 5.

Du kannst dir die Energie als eine Art Stoff vorstellen, der in den Brennstoffen und Treibstoffen drinsteckt, ähnlich wie das Wasser, das in einem Schwamm steckt. Allerdings kann man das Wasser aus dem Schwamm herausdrücken, so daß man reines Wasser ohne Schwamm erhält. Mit der Energie geht das nicht. Energie ohne Träger gibt es nicht.

**Zusammenfassung:** Treibstoffe, Brennstoffe, Elektrizität und Nahrung sind Energieträger. Energie ohne Träger gibt es nicht.

Ergänzungen E 3 und E 4 auf Seite 13.

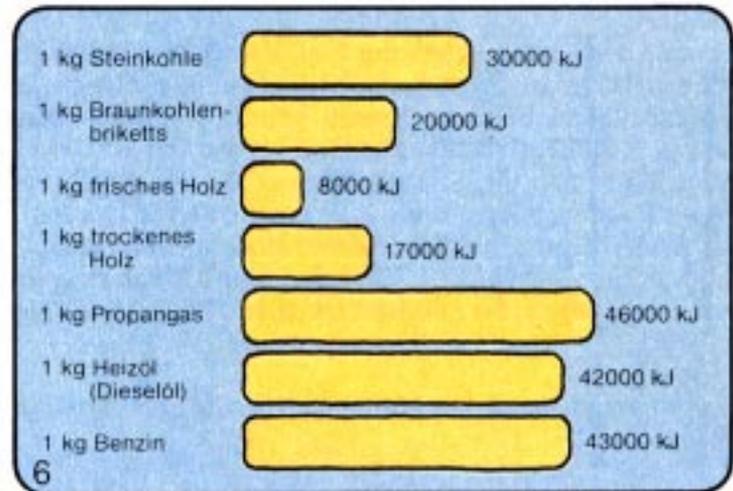
## Aufgaben

1. Warum verwendet man zum Verreisen oder zum Heizen nicht einfach Energie ohne Träger?
2. Zähle Geräte und Maschinen auf, die Energie a) mit Elektrizität, b) mit Dieselöl, c) mit Heizöl, d) mit Kohle und e) mit Uran bekommen.
3. Mit welchen Energieträgern bekommt ihr zu Hause die Energie?
4. Man kann den Rasen auf verschiedene Arten mähen. Welches ist jeweils der Energieträger?
5. Ein Schaf „mäht“ einen Rasen. Mit welchem Energieträger bekommt das Schaf die Energie?
6. Mit welchen Energieträgern bekommen die Maschinen, die auf einer Baustelle gebraucht werden, die Energie?

### 1.3 Wie man Energie abrechnet

Wenn man ein Haus baut, muß man sich entscheiden, was für eine Heizung man einbaut. Heizt man mit Heizöl, oder lieber mit Kohle oder Erdgas? Die Entscheidung wird sicher mit davon abhängen, wie teuer das Heizen wird.

Nehmen wir an, 1 kg Heizöl kostet 1 DM, 1 kg Braunkohlenbriketts nur 30 Pfennig. Soll man bei diesen Preisen mit Briketts heizen? Die Antwort auf diese Frage ist nicht so leicht, wie du vielleicht denkst. Wie warm die Wohnung wird, hängt nämlich nicht einfach von der Brennstoffmenge ab, sondern von der Energiemenge, die man in den Ofen steckt. Die Energiemenge, die 1 kg Heizöl, 1 kg Briketts und andere Brennstoffe tragen, zeigt Bild 6. 1 kg Steinkohle trägt z. B. 30 000 kJ.

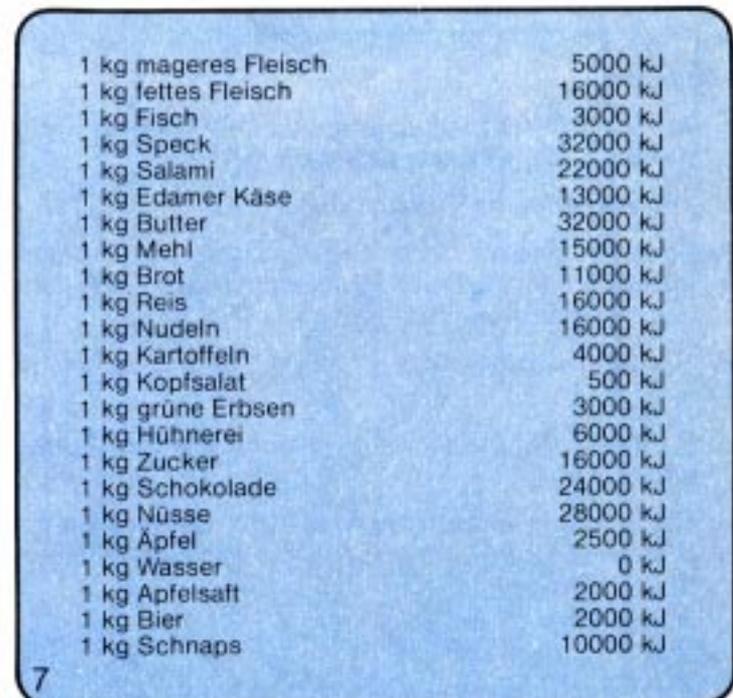


kJ ist die Abkürzung für Kilojoule. Joule (sprich „dschul“) ist die Maßeinheit der Energie, genauso wie Meter die Maßeinheit der Länge ist oder Gramm die Maßeinheit des Gewichts. Die Vorsilbe „Kilo“ bedeutet „mal 1000“. Du kennst diese Vorsilbe vom Kilogramm oder vom Kilometer. 1 kg = 1000 g und 1 km = 1000 m. Genauso ist 1 kJ = 1000 J.

Wir können Bild 6 z. B. entnehmen, daß 1 kg Heizöl mehr als doppelt soviel Energie enthält, wie 1 kg Braunkohlenbriketts.

Bild 7 zeigt eine ähnliche Tabelle, in der man nachsehen kann, wieviel kJ von verschiedenen Nahrungsmitteln getragen werden. Die Zahlen beziehen sich wieder auf 1 kg des Nahrungsmittels. 1 kg mageres Fleisch z. B. enthält 5000 kJ. Der Mensch braucht im Durchschnitt 10 000 kJ pro Tag.

Wenn man Nahrungsmittel kauft, ist die Energiemenge, die sie enthalten, oft auf die Packung gedruckt. 100 g von dem Knäckebrötchen in der Schachtel, die in Bild 8 dargestellt ist, enthält 1640 kJ.



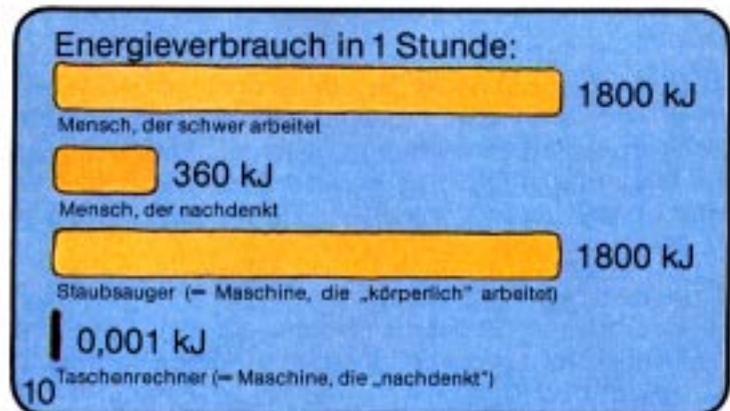
Weder in der Tabelle von Bild 6 noch in der von Bild 7 findest du den Energieinhalt der Elektrizität, die ja auch ein Energieträger ist. Er ist deshalb nicht dabei, weil man die Elektrizität nicht in kg messen kann. Man kann nicht sagen: „1 kg Elektrizität enthält so und so viel kJ“. Trotzdem kann man die Energie, die mit der Elektrizität in unser Haus kommt, messen. Das geschieht mit dem sogenannten „Stromzähler“, Bild 9, den du sicher kennst. Richtiger müßte er eigentlich Energiezähler heißen, denn er mißt die Energie, die mit der Elektrizität in die Wohnung kommt.

**Zusammenfassung:** Die Maßeinheit für die Energie ist das Joule.

Ergänzungen E 5 bis E 7 auf Seite 13f.

### Aufgaben

1. In welchem der Brennstoffe von Bild 6 steckt a) die meiste, b) die wenigste Energie?
2. Was bedeutet die Vorsilbe „Kilo“?
3. Schau zu Hause nach, auf welchen Lebensmitteln angegeben ist, wieviel Energie sie enthalten. Vergleiche diese Angaben mit den Werten in Bild 7.
4. Welche Nahrungsmittel enthalten viel Energie, welche wenig?
5. Woran liegt es, daß Obst und Gemüse so wenig Energie enthalten?
6. Du brauchst jeden Tag etwa 10000 kJ zum Leben. Wieviele Tafeln Schokolade (100 g) enthalten diese Energiemenge?



#### 1.4 Mensch und Auto brauchen mehr als nur Energie

Ein Auto braucht Benzin, weil es damit seine Energie bekommt. Es braucht aber außerdem noch Öl und Reifen und Wasser für die Scheibenwaschanlage. Nichts von dem liefert dem Auto Energie.

Was für das Auto gilt, gilt auch für den Menschen. Die Nahrung, die ein Mensch isst, dient nur zum Teil seiner Energieversorgung. Nur die sogenannten Kohlenhydrate und die Fette, die in der Nahrung enthalten sind, Bild 8, sind die Energieträger, also die Treibstoffe des Menschen. Die Eiweißstoffe werden gebraucht, um verbrauchte Zellen des menschlichen Körpers wiederaufzubauen (ähnlich wie ein Auto neue Reifen braucht, wenn die alten abgenutzt sind). Die Vitamine, die die Nahrung enthält, werden gebraucht, um die Vorgänge im Innern des Körpers zu steuern. Sie sind nötig, „damit alles gut läuft“ (man kann sie mit dem Schmieröl vergleichen, das der Automotor braucht).

**Zusammenfassung:** Nicht alles, was eine Maschine oder ein Lebewesen verbraucht, dient der Energieversorgung.

Ergänzung E 8 auf Seite 15.

#### Aufgaben

1. Was verbraucht ein Auto außer Benzin?
2. Auf einer Baustelle wird Energie benötigt. Mit welchen Energieträgern kommt die Energie auf die Baustelle? Was wird auf einer Baustelle außer der Energie und ihren Trägern noch gebraucht?
3. Wozu braucht der Mensch Kohlenhydrate und Fette, wozu Eiweißstoffe und wozu Vitamine?

#### 1.5 Wozu man viel und wozu man wenig Energie braucht

Für welche Tätigkeiten wird viel Energie gebraucht, für welche wenig? Das hängt selbstverständlich davon ab, wie lange die Tätigkeit dauert.

Wenn man ein Zimmer 2 Monate lang heizt, braucht man doppelt so viel Brennstoff und damit doppelt so viel Energie, wie wenn man es nur einen Monat lang heizt.

Um den Energieverbrauch von zwei Maschinen oder Lebewesen miteinander zu vergleichen, sehen wir nach, wie viel Energie beide in derselben Zeit verbrauchen. Bild 10 gibt den Energieverbrauch in einer Stunde an für

- einen Menschen, der körperlich schwer arbeitet
- einen Menschen, der nachdenkt
- einen Staubsauger (d. h. ein Haushaltsgerät, das „körperlich arbeitet“)
- einen Taschenrechner (d. h. eine Maschine, die „nachdenkt“).

Du siehst, wozu man viel und wozu man wenig Energie braucht. Sowohl Maschinen als auch Menschen brauchen viel Energie bei „körperlicher Anstrengung“ und wenig beim „Nachdenken“.

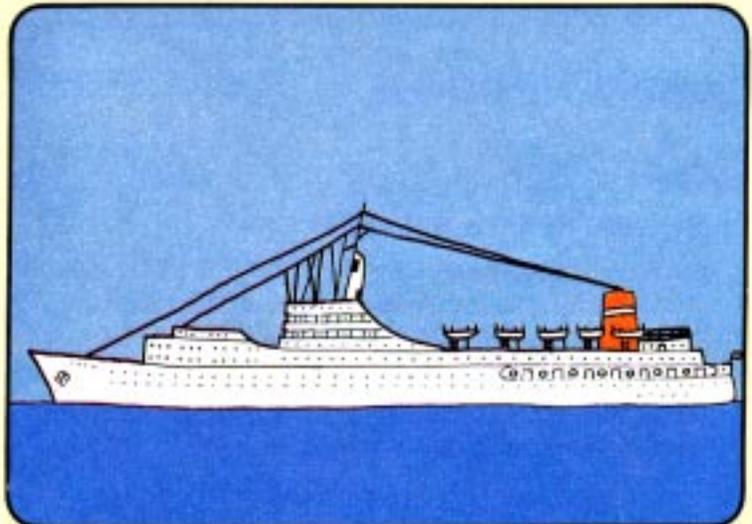
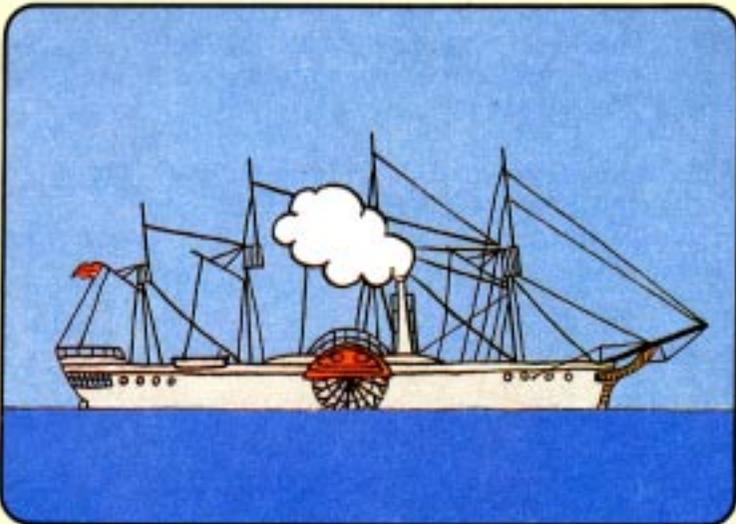
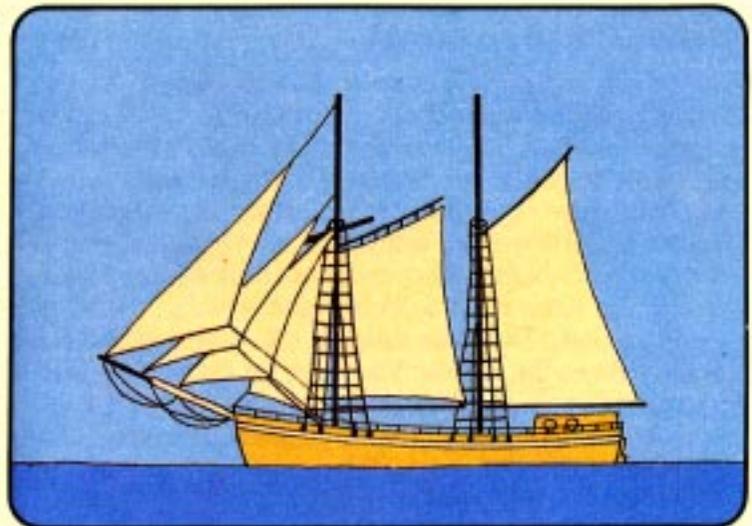
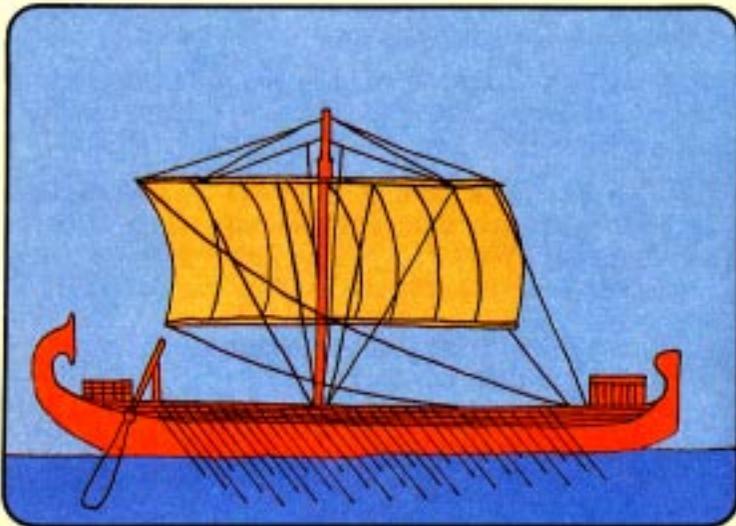
**Zusammenfassung:** Zum Ausführen einer körperlich schweren Arbeit wird viel Energie gebraucht. Zum Nachdenken und zum Rechnen wird wenig Energie gebraucht.

#### Aufgaben

1. Nenne Tätigkeiten, bei denen man a) viel Energie, b) wenig Energie braucht.
2. Nenne Geräte, die a) viel, b) wenig Energie verbrauchen.

### *E1 Die verschiedenen Treibstoffe von Schiffen*

*Mit welchem Treibstoff bekommen die Schiffe Energie?*



## **E 2 Heizöl – Dieselöl**

Dieselöl und Heizöl sind verschiedene Namen desselben Stoffs. Kauft man diesen Stoff unter dem Namen Dieselöl an der Tankstelle, so bezahlt man allerdings wesentlich mehr, als wenn man ihn unter dem Namen Heizöl beim Brennstoffhändler kauft. Der Preisunterschied ist eine Steuer, die zum Teil für den Straßenbau ausgegeben wird.

Damit niemand sein Auto mit Heizöl auftankt, setzt man dem Stoff, der zum Heizen verkauft wird, einen Farbstoff zu. Bei einer Treibstoffkontrolle kann dann leicht festgestellt werden, ob jemand die Treibstoffsteuer bezahlt hat oder nicht.

## **E 3 Nicht nur Energie hat einen Träger**

Daß irgendetwas einen Träger braucht, ist nichts ungewöhnliches.

Alle Verkehrsmittel, also Fahrrad, Auto, Zug, Schiff und Flugzeug könnte man „Menschenträger“ nennen. Im Gegensatz zur Energie, können sich Menschen aber auch ohne Verkehrsmittel, also ohne Träger bewegen.

Eimer, Rohr, Flußbett und Tankwagen sind verschiedene „Wasserträger“.

Ein Geldschein, eine Münze, ein Scheck, ein Stück Gold, eine Briefmarke sind verschiedene „Wertträger“.

## **E 4 Unsichtbare Dinge**

Energie kann man nicht sehen. Vielleicht wirst du denken: „Was man nicht sieht, gibt es auch nicht.“ Doch du hast es in deinem Leben schon oft mit unsichtbaren Dingen zu tun gehabt.

Luft ist nicht sichtbar, d. h. du „spürst“ sie nicht mit den Augen, aber du spürst sie anders, z. B. beim Atmen oder du fühlst sie als Wind.

Wenn du ein Stück Zucker in Wasser auflöst, wird der Zucker unsichtbar. Du zweifelst aber sicher nicht daran, daß der Zucker noch da ist. Daß er noch da ist, erkennt man daran, daß das Wasser süß schmeckt.

Mit der Energie ist es ähnlich. Man kann sie nicht sehen, aber man erkennt sie an ihren Wirkungen. Mit Energie kann man z. B. die Wohnung heizen oder ein Fahrzeug antreiben.

Du wirst im Laufe des Physikunterrichts noch viele andere unsichtbare Dinge kennenlernen, z. B. Elektrizität, Atome und Röntgenstrahlen.

## **E 5 kcal, kJ?**

Oft hört man, irgendetwas Eßbares enthalte sehr viele Kalorien (meist handelt es sich um etwas, das du besonders gern isst). Was ist damit gemeint? Kalorie ist eine veraltete Maßeinheit der Energie. Sie wurde durch die neue Einheit Joule ersetzt.

Du weißt sicher, daß es für viele Dinge unterschiedliche Maßeinheiten gibt. Die Länge wurde früher in Ellen gemessen, heute haben wir das Meter als Einheit.

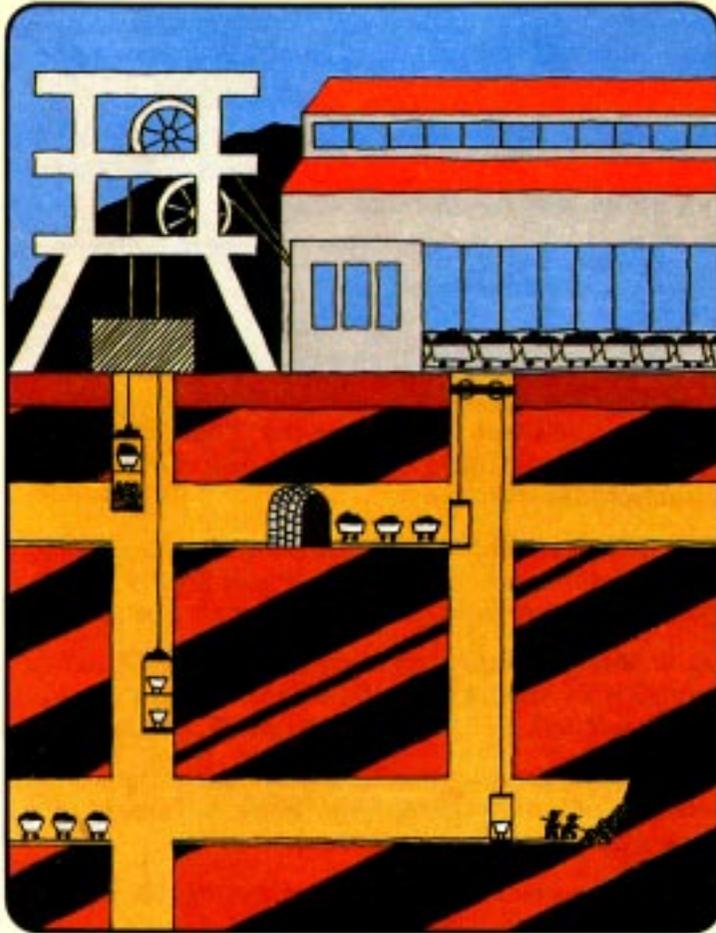
Viele Maßeinheiten sind auch von Land zu Land verschieden. In Amerika benutzt man noch heute „Fuß“ als Längeneinheit. 1 Fuß ist dasselbe wie 0,305 Meter.

Joule gehört, genauso wie Meter und Kilogramm, zu den international anerkannten Einheiten. Auf diese Einheiten werden sich alle Länder umstellen.

Falls du einmal eine alte Energieangabe in Joule umrechnen mußt: 1 Kalorie (1 cal) = 4,2 Joule.

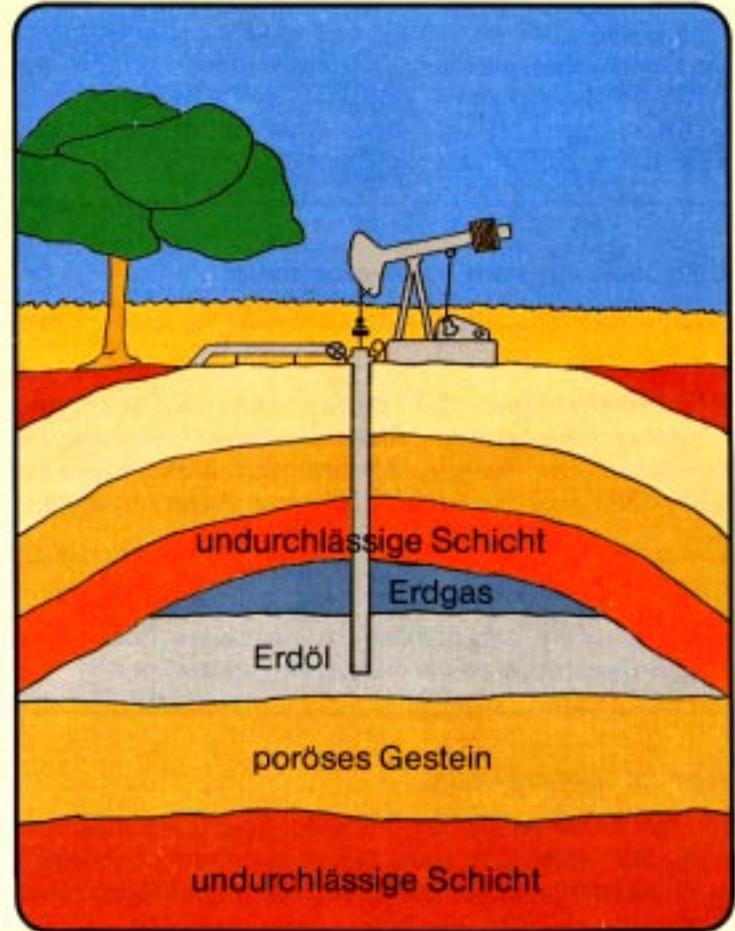
### E 6 Woher kommen Kohle, Erdöl und Erdgas?

Kohle findet man in der Erde. Sie ist aus Bäumen entstanden, die vor etwa 300 Millionen Jahren wuchsen und nach und nach von der Erde zugedeckt wurden. Sie wird in Bergwerken (siehe Bild) abgebaut. Manchmal liegt die Kohle so hoch an der Erdoberfläche, daß man sie im „Tagebau“ abbauen kann.



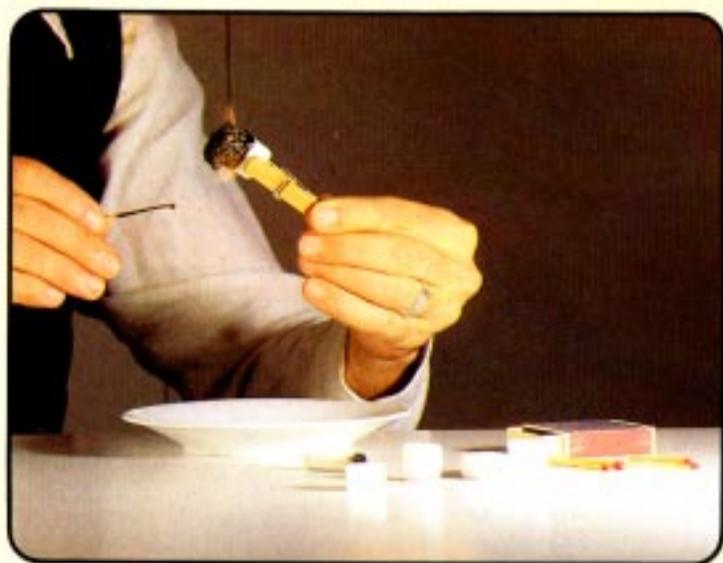
Erdöl und Erdgas sind vermutlich aus kleinen Lebewesen entstanden. Um Erdöl und Erdgas zu gewinnen, bohrt man Löcher in die Erde. Durch diese kommt das Öl oder das Gas oft von allein nach oben.

Erdöl ist ein Gemisch aus verschiedenen Brennstoffen: Benzin, Kerosin, Heizöl (=Dieselöl) und anderen. In der Raffinerie werden diese Stoffe voneinander getrennt.



### E 7 Zucker ist brennbar

Du kannst der Tabelle auf Bild 7, Seite 9, entnehmen, daß Süßigkeiten viele Kilojoule enthalten (früher sagte man viele Kalorien). Dies kannst du auch daran erkennen, daß Zucker brennt. Es ist allerdings nicht ganz leicht, ihn anzuzünden.



Nimm ein Stück Würfelzucker, und halte ein brennendes Streichholz daran. Der Zucker brennt nicht. Wenn du nun aber das Zuckerstück mit ganz wenig Zigarettenasche betupfst und ihn dann in die Streichholzflamme hältst, beginnt er zu brennen. Was brennt, ist nicht die Asche, sondern der Zucker. Die Asche wird nämlich beim Brennen nicht weniger.

Du siehst, daß man Zucker als Heizmaterial verwenden könnte. Wenn er billiger wäre, würde man es vielleicht tun. In Brasilien gibt es Autos, die Zucker als Treibstoff verwenden – allerdings über einen Umweg. Der Zucker

wird zunächst in Alkohol verwandelt (man sagt, er wird „zu Alkohol vergoren“). Die Energie, die vorher im Zucker steckte, steckt nachher im Alkohol. Den Alkohol bekommt man dann genauso wie Benzin oder Dieselöl an der Tankstelle.

### E 8 Kraft und Energie

Ein Ding hat manchmal in der Fachsprache einen anderen Namen als in der Umgangssprache. Was wir in der Umgangssprache Ader nennen, heißt beim Arzt Blutgefäß. Was der Nichtchemiker Weingeist nennt, heißt beim Chemiker Äthylalkohol. Was man normalerweise Rost nennt, bezeichnet der Chemiker als Eisenoxid, und der grüne Belag auf Kupferdächern, „Grünspan“, heißt bei den Fachleuten Kupfercarbonat.

Ein Beispiel aus der Physik ist das Wort Energie. Was der Physiker Energie nennt, wird umgangssprachlich oft als Kraft bezeichnet.

Man spricht von Kraftwerken und meint die Anlagen, die uns Energie liefern. Richtiger wäre es, sie Energiewerke zu nennen.

Kraftstoffe sind Stoffe, mit denen Fahrzeuge ihre Energie bekommen. Richtiger wäre es, sie Energiestoffe zu nennen.

Man spricht von der Kernkraft und meint das, was der Physiker Kernenergie nennt.

In der Physik hat das Wort Kraft eine andere Bedeutung (du wirst diese Bedeutung später kennenlernen). Deshalb ist es wichtig, die beiden Wörter nicht durcheinanderzubringen.

## 2. Energiequellen – Energieempfänger

### 2.1 Woher kommt die Energie, wohin geht sie?

Bild 1 zeigt einen Ölofen und die Art und Weise wie er mit Energie versorgt wird. Der Ölofen steht im Zimmer, der Öltank im Keller. Das Heizöl wird durch ein Rohr vom Tank zum Ofen gepumpt. Es trägt die Energie vom Tank zum Ofen. Wir nennen den Öltank die Energiequelle, den Ofen den Energieempfänger.

Bild 2 zeigt einen Automotor mit seiner Energieversorgung. Der Motor befindet sich bei den meisten Autos vorn, der Benzintank hinten. Das Benzin wird durch ein Rohr vom Tank zum Motor gepumpt. Es trägt die Energie vom Tank zum Motor. Wir nennen den Benzintank die Energiequelle und den Motor den Energieempfänger.

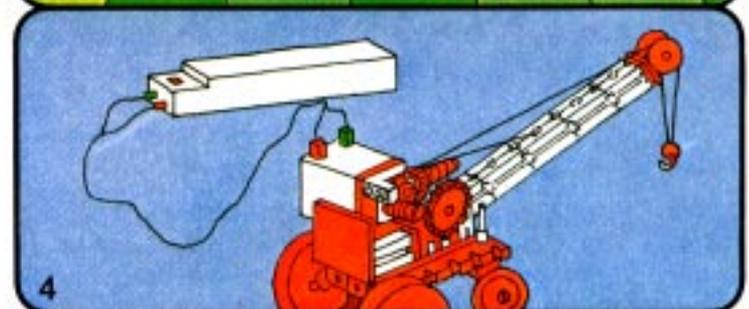
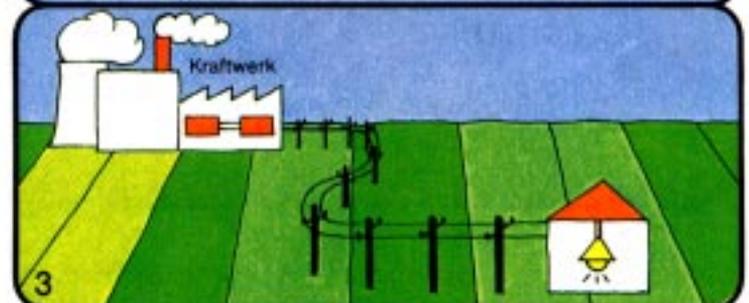
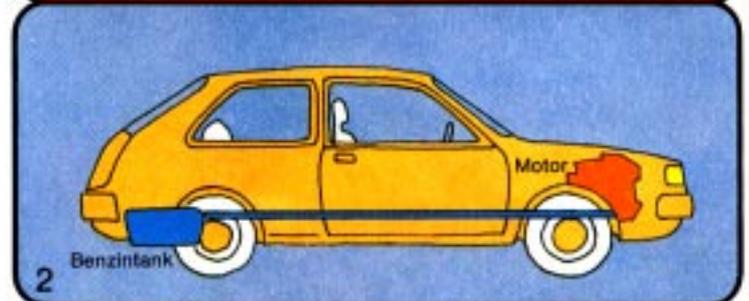
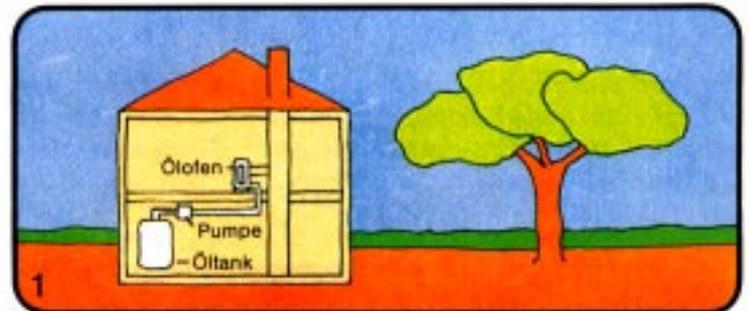
Bild 3 zeigt eine Glühlampe mit ihrer Energieversorgung. Die Energie kommt mit dem Träger Elektrizität vom Kraftwerk. Hier nennen wir das Kraftwerk die Energiequelle und die Glühlampe den Energieempfänger.

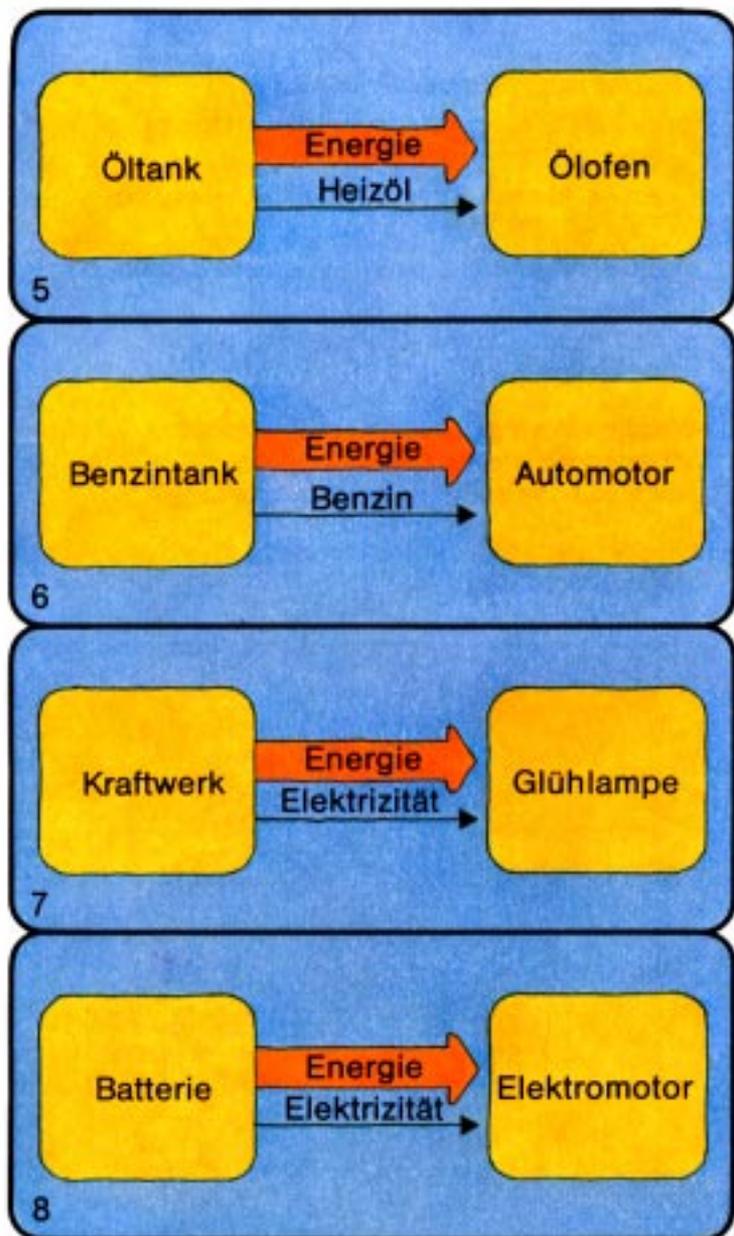
In Bild 4 sind die Batterien in dem weißen Kasten die Energiequelle, der Motor des Krans ist der Energieempfänger. Immer wenn irgendwo Energie fließt (selbstverständlich zusammen mit einem Träger), kannst du angeben, was die Energiequelle und was der Empfänger ist. Verfolgst du den Weg des Energieträgers rückwärts bis zu seinem Anfang, so kommst du zur Energiequelle. Verfolgst du den Weg in Vorwärtsrichtung bis zu seinem Ende, so kommst du zum Energieempfänger.

**Zusammenfassung:** Jeder Energieträger bringt die Energie von einer Energiequelle zu einem Energieempfänger.

### Aufgabe

Nenne einige Energieträger und zu jedem von ihnen eine passende Energiequelle und einen Energieempfänger.





## 2.2. Das Energieflußbild

Die Bilder 1 bis 4 haben etwas gemeinsam, obwohl sie auf den ersten Blick sehr verschieden aussehen: Auf jedem der Bilder fließt Energie von einer Quelle zu einem Empfänger, und auf jedem der Bilder fließt auch ein Energieträger von der Quelle zum Empfänger. Wenn es uns auf die Einzelheiten nicht ankommt, wenn wir das Gemeinsame der dargestellten Anlagen und Geräte zeigen wollen, zeichnen wir die Bilder lieber anders: Wir verwenden Symbole.

Die Bilder 5 bis 8 zeigen, wie das aussieht. Energiequelle und -empfänger werden durch je einen Kasten dargestellt, in den der Name der Quelle, beziehungsweise des Empfängers hineingeschrieben wird. Die beiden Kästen werden verbunden durch einen dicken Pfeil für die Energie und einen dünnen für den Energieträger.

Wir nennen die schematischen Bilder 5 bis 8 Energieflußbilder. Bild 5 zeigt das Energieflußbild der Ölheizung, Bild 6 das Energieflußbild für Benzintank und Automotor usw.

In schematische Form gebracht, sehen alle vier Bilder gleich aus. Man sieht auf ihnen sofort das Gemeinsame der Geräte: Man erkennt, woher die Energie kommt, wohin sie geht und welches ihr Träger ist. Das ist oft ein Vorteil. Außerdem ist es viel leichter, ein Energieflußbild zu zeichnen, als die Geräte, die durch das Flußbild dargestellt werden. Bild 5 ist leichter zu malen als Bild 1 und Bild 6 leichter als Bild 2. Wir werden deshalb in diesem Buch oft Energieflußbilder verwenden.

Manchmal helfen solche symbolischen Bilder aber auch nicht. Man erfährt aus ihnen nichts darüber, wie die Energiequelle aussieht, ob sie groß oder klein ist, wie der Empfänger beschaffen ist oder wo die Leitung für den Energieträger entlang läuft. All das sieht man nur auf den gewöhnlichen Bildern 1 bis 4.

Daß man ein kompliziertes Ding durch ein Symbol darstellt, ist dir sicher nicht neu. Bild 10 zeigt symbolisch die auf Bild 9 dargestellte Straße.

Warum bringt man auf dem dreieckigen Schild nicht ein Foto der Kurve an?

Um die Aufgaben in diesem Buch zu lösen, mußt du oft Energieflußbilder zeichnen. Halte dich dabei an die Vorlage, damit es für den, der deine Bilder betrachtet, keine Mißverständnisse gibt. Also: den Energieträgerpfeil unter den Energiepfeil, den Energiepfeil dick, den Trägerpfeil dünn.

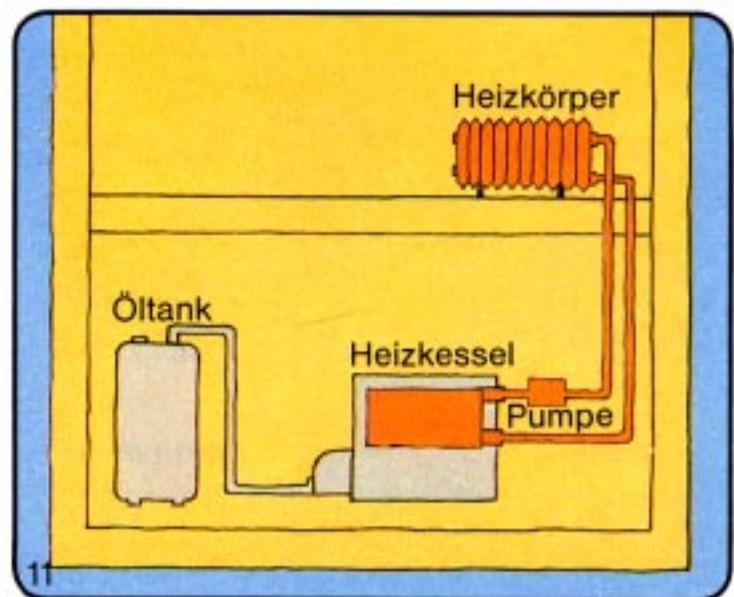
**Zusammenfassung:** Ein Energieflußbild zeigt, woher die Energie kommt, wohin sie geht und von welchem Träger sie getragen wird.

Ergänzungen E 1, E 2 und E 3 auf Seite 21f.



### Aufgaben

1. Zeichne das Energieflußbild für
  - a) einen Campinggaskocher, der an eine Gasflasche angeschlossen ist,
  - b) einen Menschen, der seine Nahrung aus einem Lebensmittelgeschäft bezieht,
  - c) einen Kohleofen, dessen Kohle aus einem Kohlekeller kommt,
  - d) den Motor eines Lastwagens, der mit Dieselöl betrieben wird.
2. Welchen Vorteil hat ein Symbol gegenüber der naturgetreuen Darstellung eines Gegenstandes? Welchen Nachteil hat die symbolische Darstellung?
3. Gib Beispiele für die Verwendung von Symbolen in anderen Schulfächern.

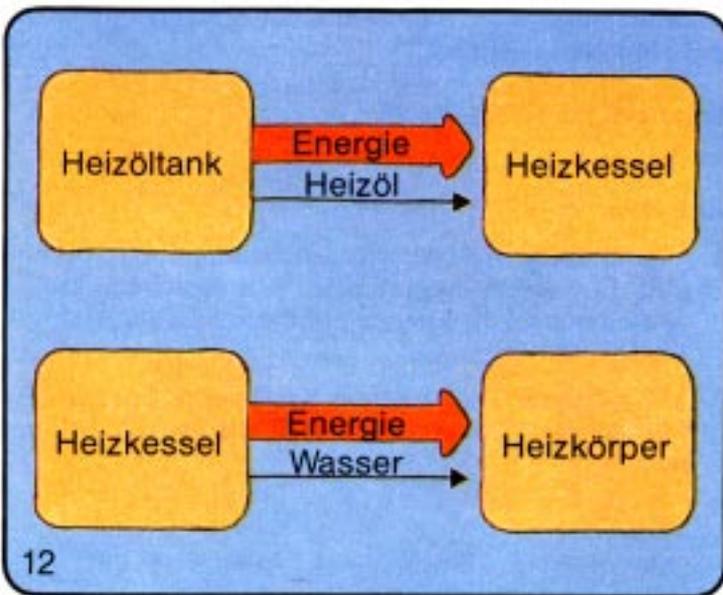


### 2.3 Zentralheizung, Fernheizung, Warmluftheizung

In einem Haushalt gibt es viele Geräte, die Energie brauchen, wie Heizung, Waschmaschine, Lampen, Fernsehapparat. Das Gerät, das die meiste Energie braucht, ist die Heizung. Wir wollen jetzt sehen, wie die verschiedenen Heizungen, die es gibt, funktionieren.

Früher hatten die meisten Häuser in einzelnen Zimmern einen Ofen, in dem ein Holz- oder Kohlefeuer brannte. Später wurden diese Öfen durch Ölöfen ersetzt. Statt mit dem Kohleneimer, trug man die Energie mit der Heizölkanne zum Ofen. Eine etwas modernere Ölheizung zeigt Bild 1. Hier braucht man das Heizöl nicht mehr zu tragen.

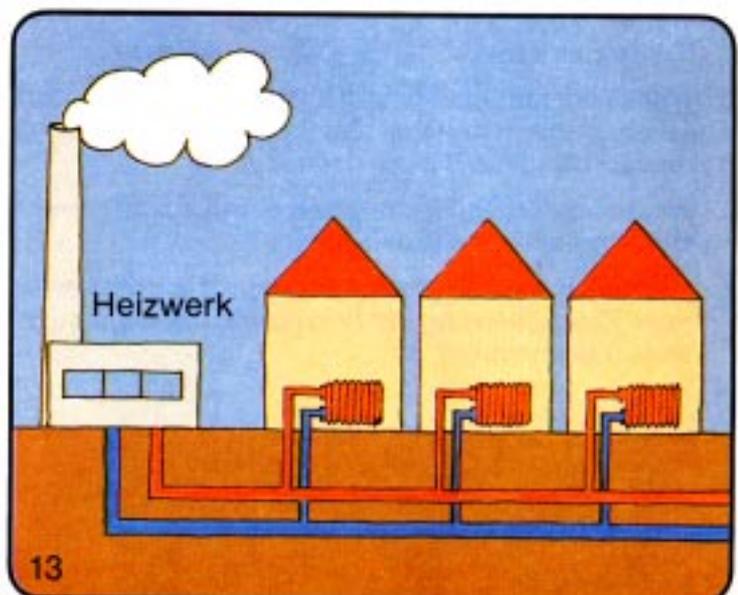
Heute haben die meisten Häuser eine Zentralheizung, Bild 11. Der Brennstoff der Heizung auf Bild 11 ist Heizöl. Man kann aber eine Zentralheizung genauso gut mit Kohle, Holz oder Erdgas betreiben.



Bei der Zentralheizung wird der Brennstoff im Heizkessel verbrannt, der im Keller steht. Im Heizkessel wird Wasser heiß gemacht. Das drücken wir so aus: Im Heizkessel wird Energie vom Brennstoff auf das Wasser umgeladen. Das heiße, mit Energie beladene Wasser wird durch Rohre in die Zimmer des Hauses gepumpt. In jedem Zimmer fließt es durch die Heizkörper. Im Heizkörper gibt es seine Energie an die Luft des Zimmers ab. Die Luft wird dabei wärmer, das Wasser wird kälter. Das abgekühlte Wasser strömt dann durch ein zweites Rohr zurück zum Heizkessel und wird hier wieder mit Energie beladen.

Der Träger der Energie zwischen dem Heizkessel und dem Zimmer ist das warme Wasser.

Für die Zentralheizung der Abb. 11 können wir gleich zwei Flußbilder zeichnen, eins für den Energiefluß vom Tank zum Kessel, Bild 12 oben, und eins für den Energiefluß vom Kessel zu den Heizkörpern, Bild 12 unten.



Eine besondere Art der Zentralheizung ist die Fernheizung. Bei ihr werden durch einen sehr großen Kessel im Heizwerk viele Häuser gleichzeitig versorgt, manchmal sogar ein ganzer Stadtteil, Bild 13. Vom Heizwerk zu den Häusern laufen Paare von Wasserrohren. Durch sie fließt das heiße Wasser vom Heizwerk zu den Häusern, und das abgekühlte Wasser zurück zum Heizwerk.

Bei Zentralheizung und Fernheizung trägt das Wasser die Energie vom Heizkessel in die Zimmer. Es gibt auch Häuser, bei denen man warme Luft als Energieträger verwendet. Auch die Autoheizung funktioniert so. Der Motor, der sowieso heiß wird, erwärmt Luft. Die warme Luft wird durch Schläuche in den Fahrgastraum geleitet.

**Zusammenfassung:** Warmes Wasser und warme Luft tragen Energie.

### Aufgaben

1. Beschreibe den Aufbau einer Zentralheizung.
2. Woran erkennt man beim Heizkörper einer Zentralheizung, durch welches der beiden Rohre das mit Energie beladene Wasser strömt?
3. Was haben Zentralheizung und Fernheizung gemeinsam, worin unterscheiden sie sich?
4. Mit welchem Energieträger geben die Heizkörper einer Zentralheizung die Energie ab, die sie mit dem Wasser bekommen?

## 2.4 Woher eine Energiequelle ihre Energie bekommt und was ein Energieempfänger mit der Energie macht

Energie kommt aus einer Quelle. Aber wie ist sie in die Quelle hineingekommen? Beim Heizkessel der Zentralheizung haben wir es gesehen.

Der Heizkessel ist eine Quelle für die Energie, die vom Wasser getragen wird, Bild 12 unten. Er ist aber gleichzeitig Empfänger, nämlich für die Energie, die vom Heizöl getragen wird, Bild 12 oben. Du wirst nach und nach sehen, daß jede Energiequelle ihre Energie irgendwoher bekommt, daß also jede Energiequelle auch ein Empfänger ist, und daß jeder Empfänger auch Quelle ist.

Mit den Energiequellen ist es genauso wie mit den Wasserquellen: Das Wasser kommt zu einem Loch aus der Erde heraus, aber du weißt, daß es nicht in der Erde erzeugt wird. Das Wasser, das aus der Erde kommt, ist einfach versickertes Regenwasser. Es ist also von anderswoher in die Erde hineingekommen.

Ergänzung E 4 auf Seite 23.

### Aufgaben

1. Nenne einige Geräte, die gleichzeitig Energiequelle und Energieempfänger sind. Mit welchem Träger bekommen sie die Energie? Mit welchem geben sie die Energie ab?
2. Mit welchem Träger geben Kraftwerke Energie ab? Mit welchen Trägern können sie die Energie bekommen?

### E 1 Ein Spiel

Die 2. und 3. Spalte einer Liste mit Energiequellen, Energieträgern und Energieempfängern sind durcheinander geraten. Bring sie wieder in Ordnung! Wenn es dir gelungen ist, ergeben die Buchstaben in Klammern einen Satz.

Energiequelle	Energieträger	Energieempfänger
Kraftwerk (D)	Gas (T)	Automotor (U)
Batterie (S)	Dieselloil (G)	Baggermotor (E)
Gaswerk (S)	Heizöl (T)	Herd (D)
Benzintank (U)	Nahrungsmittel (A)	Tauchsieder (E)
Dieseltank (T)	Benzin (G)	Mensch (C)
Kühlschrank (M)	Elektrizität (I)	Ölofen (!)
Öltank (H)	Elektrizität (H)	Glühlämpchen (A)

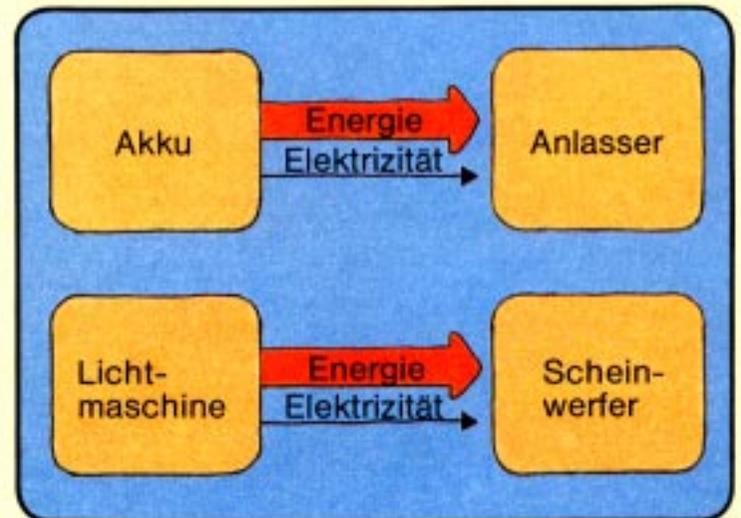
### E 2 Energiequellen und Energieempfänger im Auto

Bild 2 auf Seite 16 zeigt ein „Quelle-Empfänger-Paar“ im Auto. Dies ist sicher das wichtigste derartige Paar im Auto. Es gibt aber noch andere. Zwei davon wollen wir hier vorstellen.

Der Automotor fängt nicht von allein an zu laufen, wenn man die Benzinzufuhr aufdreht. Der Motor muß angeworfen werden. Früher machte man das mit einer Kurbel.

Heute wird der Benzinmotor von einem kleinen Elektromotor, dem Anlasser, angeworfen. Wenn man am Zündschlüssel dreht, schaltet man den Anlasser ein. Der Anlasser braucht selbstverständlich Energie. Er bekommt sie über ein Kabel von der Batterie im Auto.

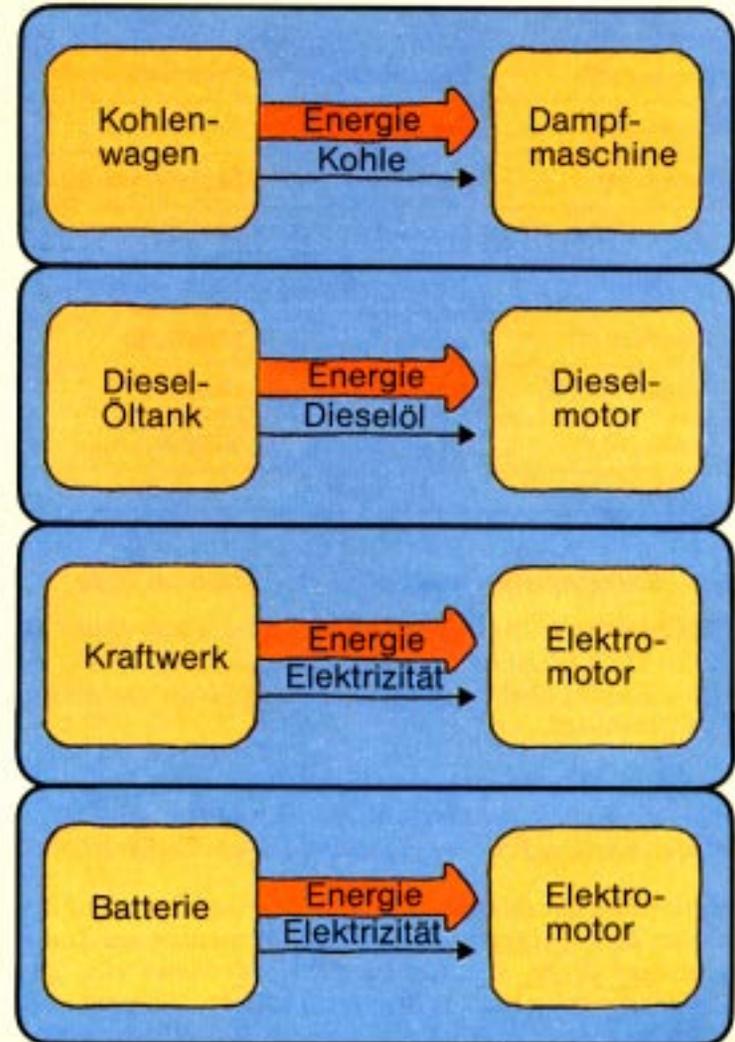
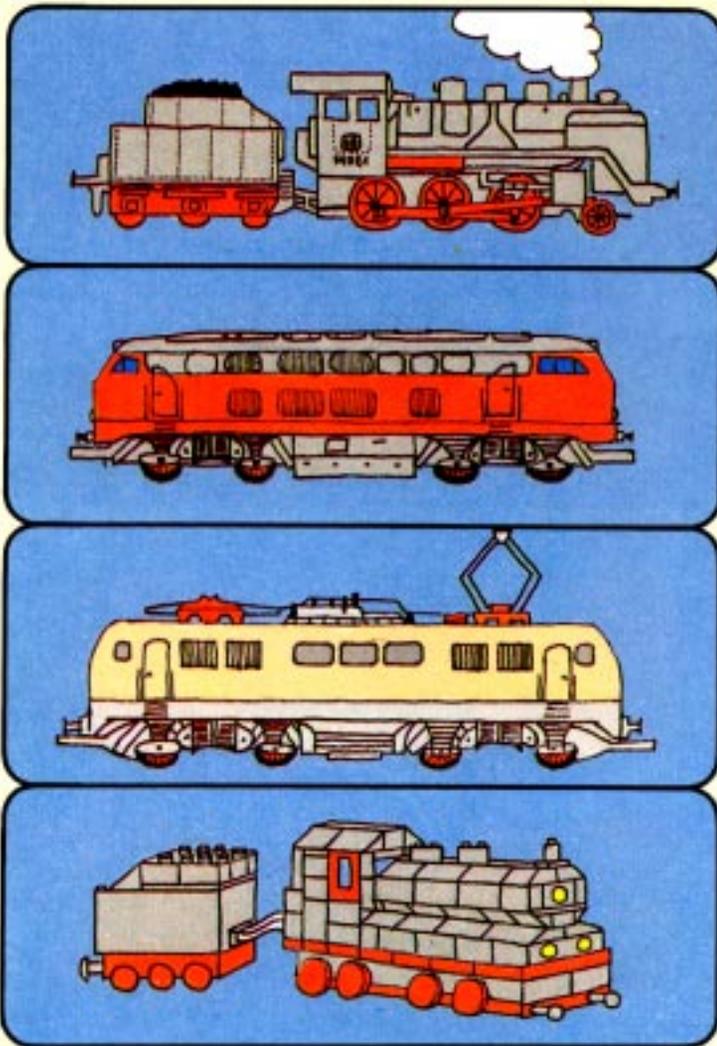
Die Scheinwerfer des Autos brauchen Energie. Sie bekommen sie von der Lichtmaschine des Autos. Die Lichtmaschine ist dasselbe, was man beim Fahrrad Dynamo nennt.



### E 3 Verschiedene Lokomotiven

Die Bilder zeigen vier verschiedene Lokomotiven. Den Flußbildern daneben kannst du entnehmen, woher und

mit welchem Träger die Motoren der Lokomotiven ihre Energie bekommen. Drei der Lokomotiven haben ihre Energiequelle immer bei sich, eine bezieht die Energie von einer Quelle, die sich nicht mitbewegt.



#### **E 4 Kraftwerke**

*Aus der Steckdose bekommen wir Energie mit dem Träger Elektrizität (mit dem „Strom“ sagen die meisten Leute). Wie kommt aber die Energie in die Steckdose? Woher kommt sie? Die Steckdose ist über Kabel mit einem Kraftwerk oder wie man auch sagt, Elektrizitätswerk, verbunden. Im Kraftwerk wird die Elektrizität mit Energie beladen. Aber auch das Kraftwerk muß die Energie irgendwoher bekommen.*

*Je nach dem Träger, mit dem es die Energie bekommt, hat das Kraftwerk einen anderen Namen. Die meisten Kraftwerke sind Kohlekraftwerke. Sie bekommen die Energie mit dem Träger Kohle. Auf dem Bild siehst du die Kohle, mit der die Energie ankommt.*

*Ein Kernkraftwerk bekommt die Energie mit Uran. Uran ist ein sehr seltenes Metall. Wie die Kohle wird es in Bergwerken aus der Erde geholt.*

*Ein Wasserkraftwerk bekommt die Energie mit dem Wasser eines Flusses. Bewegtes Wasser ist nämlich auch ein Energieträger.*

*Ein Windkraftwerk bekommt die Energie mit dem Wind, also mit bewegter Luft.*

*Ein Sonnenkraftwerk bekommt sie mit dem Licht. Auch Licht ist also ein Energieträger.*

*Alle Kraftwerke haben eine Maschine gemeinsam, den Generator. Der Generator ist dasselbe wie ein Fahrraddynamo, nur ist er viel größer. Er ist die Maschine, die die Elektrizität mit Energie belädt.*

*Je nach Art des Kraftwerks wird der Generator von einer anderen Maschine angetrieben: Im Kohle-, Kern- und Sonnenkraftwerk durch eine Dampfturbine, im Wasserkraftwerk durch eine Wasserturbine und beim Windkraftwerk durch ein Windrad. Alle diese Maschinen wirst du in diesem Buch noch näher kennenlernen.*



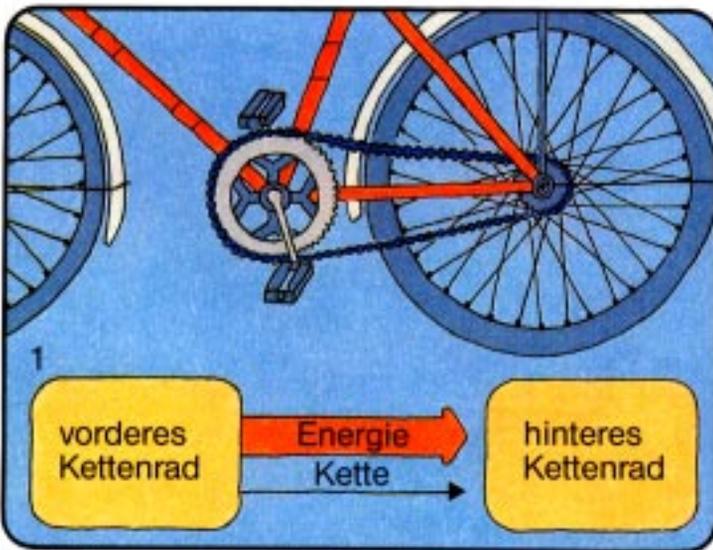
## 3. Die Energieträger Treibriemen, Hydrauliköl und Preßluft

### 3.1 Ketten und Treibriemen

Zum Radfahren wird Energie gebraucht. Der Radfahrer liefert die Energie über Pedale und Kurbeln an das vordere Kettenrad. Gebraucht wird die Energie aber am Hinterrad. Sie wird vom vorderen zum hinteren Kettenrad mit der Kette übertragen, Bild 1, oben. Die Kette ist hier der Energieträger. Bild 1, unten, zeigt das zugehörige Flußbild.

Ganz ähnlich wie die Fahrradkette funktioniert der Treibriemen. Will man z. B. eine Kreissäge mit einer Dampfmaschine antreiben, so kann man einen Treibriemen benutzen. Das ist ein Riemen, der um das Rad der Dampfmaschine und das Antriebsrad der Kreissäge herumgelegt wird. Dreht sich die Welle der Dampfmaschine, so dreht sich das Rad der Säge mit.

Früher, als man die Elektrizität noch nicht als Energieträger benutzen konnte, wurden häufig Treibriemen ver-



Energieübertragung durch eine Fahrradkette



Alte Fabrik



Moderne Fabrik

wendet, um Energie über größere Entfernungen zu transportieren. Bild 2 zeigt eine alte Maschinenfabrik; in ihr kam die Energie für die einzelnen Maschinen mit Treibriemen von einer Dampfmaschine. An dem Gewirr von Riemen siehst du, wie unpraktisch diese Art der Energieübertragung ist. In einer modernen Fabrik, Bild 3, bekommen die Maschinen ihre Energie mit der Elektrizität.

In Bild 4 trägt ein Treibriemen die Energie vom Dieselmotor, rechts, zur Dreschmaschine, links.

Heutzutage haben es die Bauern leichter. Das Getreide wird von ein und derselben Maschine gemäht und gleichzeitig gedroschen. Bild 5 zeigt einen solchen Mähdrescher.

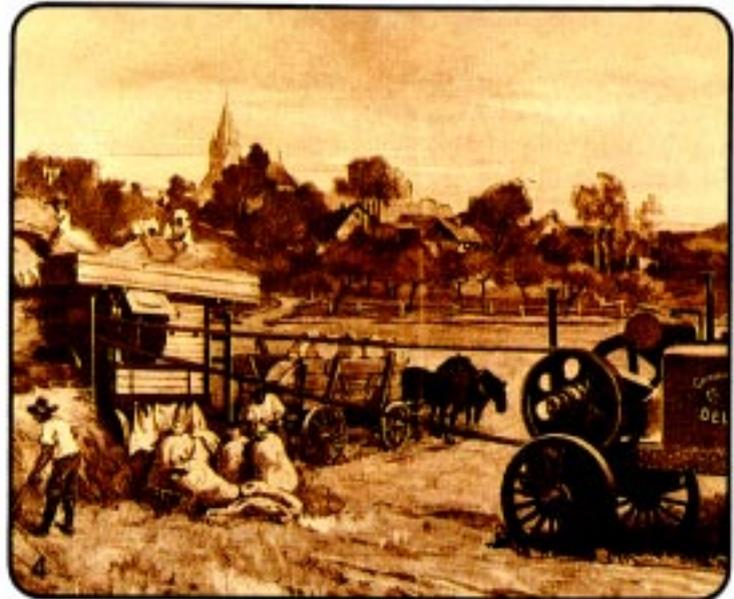
Der Mähdrescher fährt über das Feld und schneidet mit seinem Mähwerk die Getreidehalme ab. Das Getreide wird automatisch in die Maschine hineintransportiert und dort gedroschen, d.h. die Körner werden aus den Ähren herausgeschlagen. Das leere Stroh kommt hinten aus der Maschine heraus. Das Korn wird in einem großen Behälter oben auf der Maschine gesammelt und ab und zu ausgeleert. Auch beim Mähdrescher werden Treibriemen zur Energieübertragung vom Motor zu den verschiedenen Teilen der Maschine verwendet.

**Zusammenfassung:** Treibriemen und Ketten sind Energieträger.

Ergänzungen E 1 und E 2 auf Seite 32.

### Aufgaben

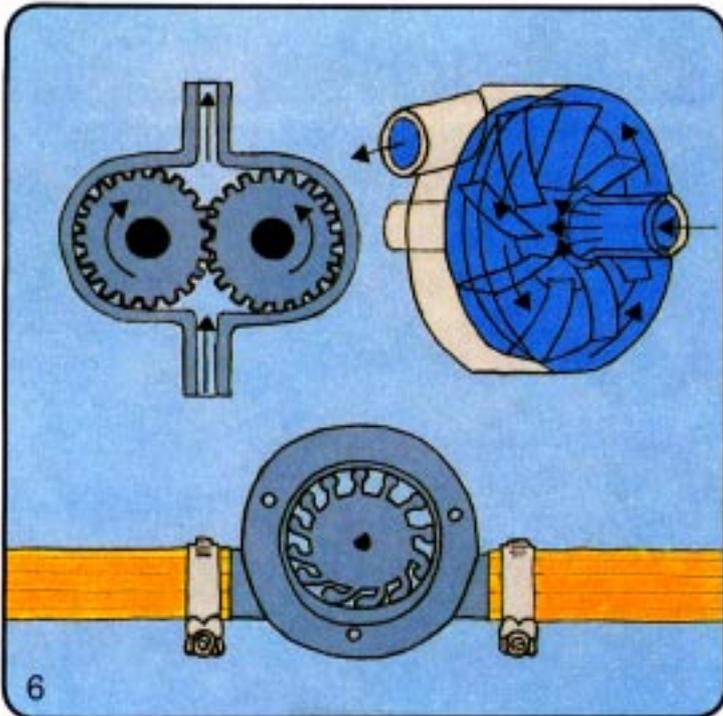
1. Nenne Beispiele für die Anwendung von Treibriemen zur Energieübertragung.
2. Welchen Nachteil hat der Energieträger Treibriemen gegenüber dem Energieträger Elektrizität?



### 3.2 Wasserpumpen, Ölpumpen, Benzinpumpen

Pumpen werden für die verschiedensten Aufgaben eingesetzt. Zur Zentralheizung gehört eine Pumpe, die das warme Wasser vom Heizkessel zu den Heizkörpern pumpt und außerdem eine, die Heizöl in den Heizkessel befördert, siehe Bild 11 auf Seite 18.

Im Auto gibt es eine Benzinpumpe. Sie pumpt das Benzin vom Benzintank zum Motor. Die Ölpumpe des Autos drückt das Schmieröl zu den Lagern, die geölt werden sollen. Außerdem gibt es die Kühlwasserpumpe, die dafür sorgt, daß das Kühlwasser vom Motor zum Kühler und wieder zurück strömt. Schließlich gibt es meist noch eine Pumpe für das Wasser der Scheibenwaschanlage.



In der Waschmaschine sitzt eine Wasserpumpe. Sie ist dazu da, das schmutzige Wasser aus der Waschmaschine hinauszupumpen.

In manchen Haushalten gibt es eine kleine Pumpe, Bild 6 unten, die man mit der elektrischen Bohrmaschine antreiben kann.

So viele Anwendungsmöglichkeiten es gibt, so viele Pumpentypen gibt es auch. Wir wollen uns zwei Pumpen genauer ansehen.

Bild 6 zeigt links eine Zahnradpumpe im Querschnitt. Die Ölpumpe im Auto ist eine Zahnradpumpe. Wenn sich die Zahnräder in Pfeilrichtung drehen, wird von den Zahnspalten außen Öl mitgenommen und nach oben gedrückt.

Rechts im Bild 6 ist eine Kreiselpumpe dargestellt. Die Pumpe der Waschmaschine ist eine Kreiselpumpe. Das ankommende Wasser gelangt in die Mitte des Rades zwischen die Flügel. Da sich das Rad dreht, muß sich das Wasser mitdrehen. Dabei wird es nach außen geschleudert (ähnlich wie ein Auto in einer scharfen Kurve) und zur Austrittsöffnung hinausgedrückt.

Kannst du beschreiben, wie die Pumpe unten in Bild 6 funktioniert?

#### Aufgaben

1. Wozu werden im Haushalt Wasserpumpen benutzt?
2. Wozu werden im Auto Pumpen benutzt? Versuche, die Pumpen unter der Motorhaube eines Autos ausfindig zu machen.
3. Beschreibe die Wirkungsweise einer Zahnradpumpe und einer Kreiselpumpe.

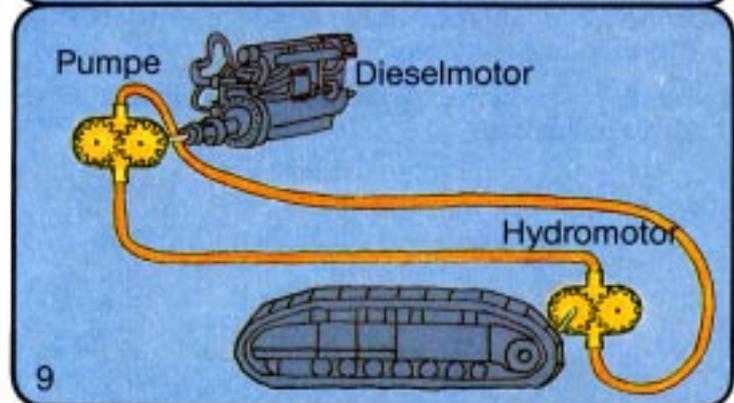
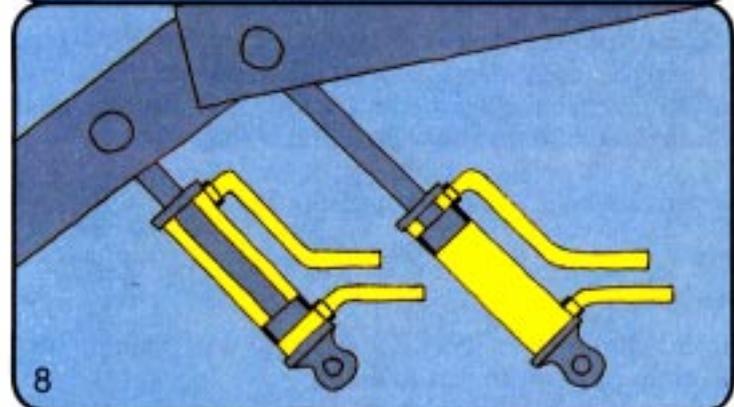
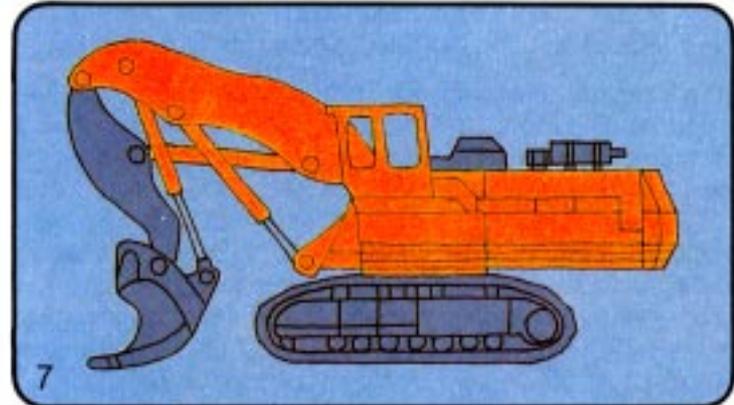
### 3.3 Der Hydraulikantrieb beim Bagger

Der Bagger, Bild 7, ist eine Maschine, die viel Energie braucht. Er braucht sie für verschiedene Tätigkeiten: zum Fahren, d. h. für den Antrieb der Ketten, zum Drehen des Oberteils des Baggers, zum Schwenken und Knicken seines Arms und zum Kippen der Schaufel.

Für jede dieser Tätigkeiten braucht er die Energie an einer anderen Stelle. Es wäre sehr aufwendig, an jeder dieser Stellen einen eigenen Dieselmotor anzubringen. Statt dessen hat der Bagger einen einzigen Dieselmotor. Dieser treibt eine Pumpe an. Die Pumpe drückt eine Flüssigkeit, das Hydrauliköl, durch Schläuche zu den verschiedenen Stellen, an denen etwas bewegt werden soll, an denen Energie gebraucht wird. Da, wo man eine Drehbewegung braucht, sitzt ein Hydraulikmotor (auch Hydromotor genannt) und da, wo sich etwas hin- und herbewegen soll, ein Hydraulikzylinder.

Ein Hydraulikmotor ist dasselbe wie eine Zahnradpumpe, nur umgekehrt verwendet. Bei der Zahnradpumpe, Bild 6, dreht man an einer der beiden Zahnradwellen und drückt so die Flüssigkeit oben hinaus. Verwendet man dasselbe Gerät als Hydraulikmotor, so strömt von unten die Flüssigkeit mit hohem Druck hinein. Dadurch werden die Zähne der Zahnräder außen nach oben mitgenommen: die Zahnräder drehen sich in Pfeilrichtung.

Die Arbeitsweise eines Hydraulikzylinders beschreibt Bild 8. Im Zylinder kann sich ein Kolben hin- und herbewegen. Wenn in den Zylinder Öl von oben hineingedrückt wird, bewegt sich der Kolben nach unten und senkt den Arm des Baggers. Im Schlauch, der von der Pumpe zum Zylinder führt, befindet sich ein Ventil, das der Baggerführer öffnen und schließen kann. Wenn er den Arm des Baggers bewegen will, öffnet er das Ventil. Von jedem Zylinder und jedem Hydraulikmotor fließt das Öl durch einen zweiten Schlauch zurück zur Pumpe.



Statt Hydrauliköl könnte man auch Wasser verwenden, aber Wasser hat den Nachteil, daß es im Winter gefriert.

Bild 9 zeigt schematisch die Pumpe und einen der Hydromotoren. Die Pumpe ist die Energiequelle. Sie belädt den Energieträger, das Hydrauliköl, mit Energie. Das Öl trägt die Energie zum Empfänger, dem Hydraulikmotor. Dieser lädt die Energie vom Energieträger wieder ab. Der leere Energieträger fließt durch den zweiten Schlauch zurück zur Quelle. Ob der Träger mit Energie beladen ist oder nicht, erkennt man an seinem Druck. In der Hinleitung hat er einen hohen Druck, er trägt Energie. In der Rückleitung hat er einen niedrigen Druck, er trägt keine Energie.

**Zusammenfassung:** Beim Hydraulikantrieb wird eine Flüssigkeit, die unter Druck steht, als Energieträger benutzt. Energiequelle ist eine Pumpe, Energieempfänger ein Hydraulikmotor oder Hydraulikzylinder.

Ergänzungen E 3 und E 4 auf Seite 33.

### Aufgaben

1. Beschreibe den Weg der Energie vom Dieselmotor eines Baggers zu den Rädern.
2. In welchen anderen Baumaschinen wird Energie hydraulisch übertragen?
3. Welche landwirtschaftlichen Maschinen haben Hydraulikantrieb?

### 3.4 Das Wasserkraftwerk

Wir haben zwei Arten kennengelernt, wie man Öl oder Wasser mit Energie beladen kann:

- indem man es erwärmt (wie bei der Zentralheizung),
- indem man es unter Druck setzt (mit einer Pumpe).

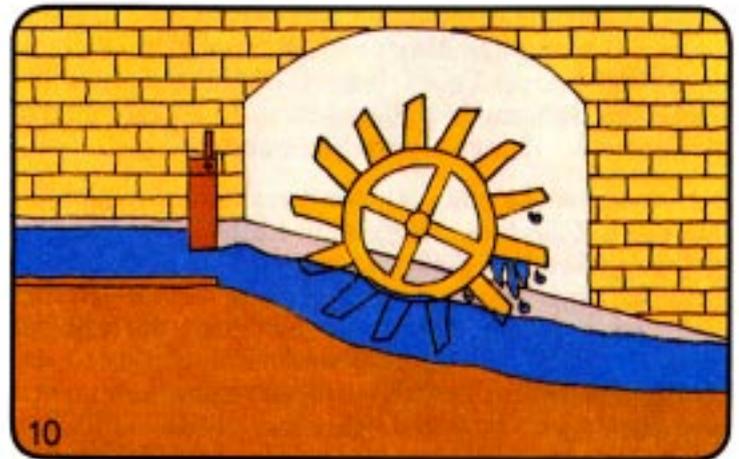
Es gibt noch eine dritte Art:

- indem man das Wasser in schnelle Bewegung versetzt.

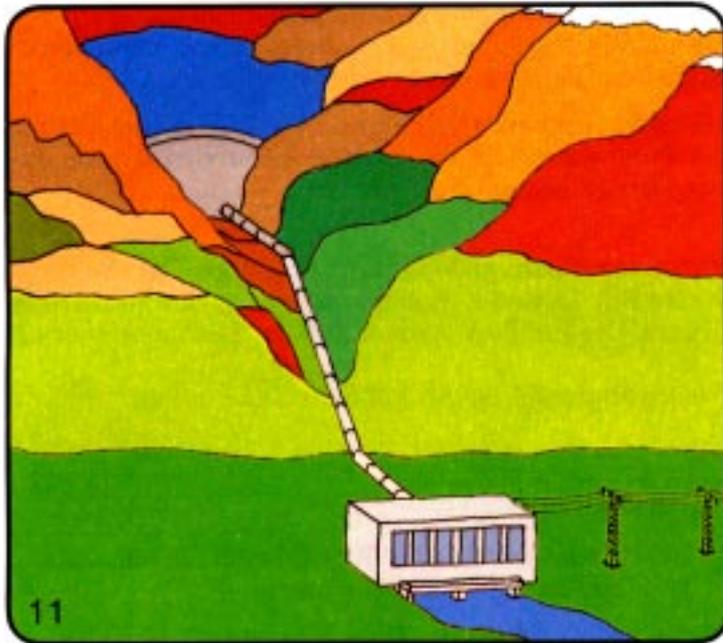
Daß schnell bewegtes Wasser Energie trägt, siehst du an einem reißenden Fluß. Er hat so viel Energie, daß er Steine oder was sonst in seine Quere kommt, mitreißt.

Man kann die Energie vom bewegten Wasser mit einem Mühlrad abladen, Bild 10. Es heißt so, weil es früher oft zum Antrieb von Mühlen verwendet wurde.

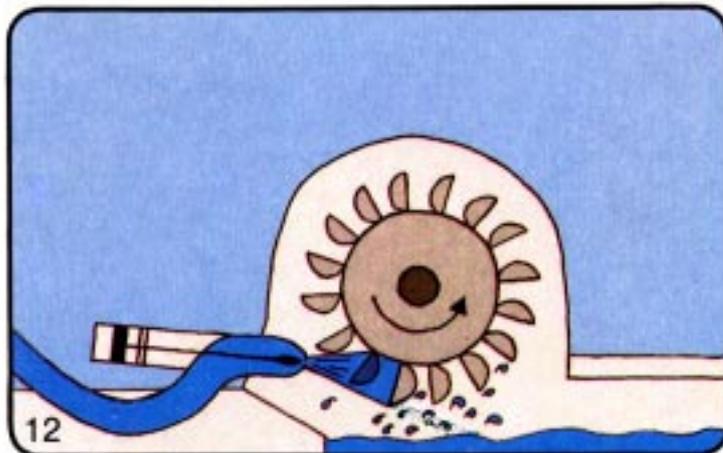
Heute lädt man die Energie von bewegtem Wasser meist durch Wasserturbinen ab. Sie sind ein wichtiger Bestandteil des Wasserkraftwerks, Bild 11. Das Wasser, das durch Rohre zur Turbine fließt, kommt aus einem Stausee. In der



Mühlrad



Wasserkraftwerk



Wasserturbine

Turbine, Bild 12, strömt es zunächst durch eine Düse. Eine Düse ist einfach eine enge Stelle im Rohr. Aus der Düse schießt das Wasser mit großer Geschwindigkeit gegen die Schaufeln des Turbinenrades und versetzt das Rad in Drehung.

Über eine Welle treibt die Turbine den Generator an. Ein Generator ist dasselbe wie ein Fahrraddynamo, nur ist er viel größer. Vom Generator fließt die Energie dann über elektrische Leitungen zu eurem Haus.

**Zusammenfassung:** Schnell bewegtes Wasser trägt Energie. Mit einer Turbine kann man die Energie von Wasser abladen.

Ergänzung E 5 auf Seite 33.

### Aufgaben

1. Wie funktioniert eine Turbine?
2. Wie ist ein Wasserkraftwerk aufgebaut?

### 3.5 Der Energieträger Preßluft

Wenn man unter einer betonierten Straße ein Rohr verlegen will, muß man zuerst den Beton aufbrechen. Man könnte das mit Hammer und Meißel tun. Das ist aber sehr mühselig. Es ist bequemer, einen Preßlufthammer zu verwenden.

Was man gewöhnlich Preßlufthammer nennt, ist in Wirklichkeit Hammer und Meißel in einem, Bild 13. Unten sitzt der Meißel. Darüber sitzt ein schweres Eisenteil, das auf und ab bewegt wird und dabei jedesmal wie ein Hammer auf den Meißel schlägt.

Wie wird dieser Hammer angetrieben, woher bekommt er seine Energie? Er bekommt sie durch einen Schlauch, ähnlich wie die Hydromotoren eines Baggers. Allerdings fließt in dem Schlauch keine Flüssigkeit, sondern Luft. Da diese unter hohem Druck steht, nennt man sie Preßluft. Die Preßluft trägt die Energie zum Preßlufthammer.

Das Beladen der Luft mit Energie geschieht, wie beim Hydraulikantrieb, mit einer Pumpe, die von einem Diesel-

motor angetrieben wird. Eine große Luftpumpe nennt man einen Kompressor. Kompressor und Dieselmotor befinden sich oft in einem zweirädrigen Wagen.

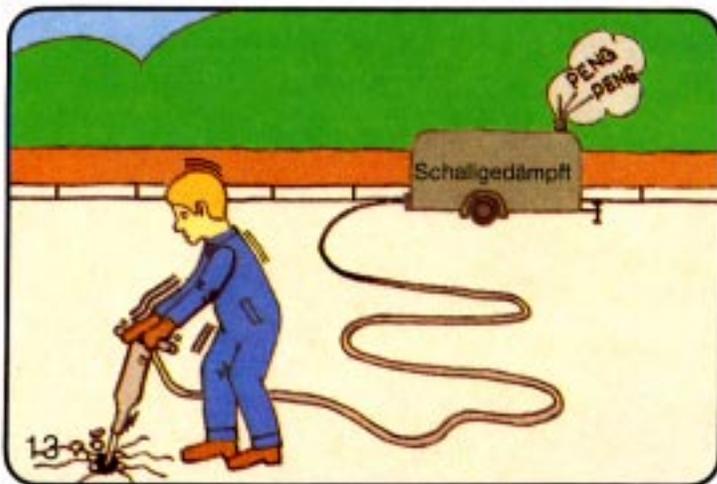
Wenn du einen Fahrradreifen aufpumpst, erzeugst du mit der Pumpe Preßluft. Du spürst dabei in den Armen, daß das Energie kostet.

**Zusammenfassung:** Preßluft trägt Energie. Der Kompressor belädt Luft mit Energie, indem er sie zusammendrückt. Der Preßlufthammer lädt die Energie wieder ab.

Ergänzungen E 6 bis E 8 auf Seite 34 f.

#### Aufgaben

1. Beschreibe den Weg der Energie vom Dieselmotor bis zum Meißel des Preßlufthammers.
2. Bei welchen anderen Einrichtungen wird Energie mit Preßluft übertragen?



### 3.6 Der Energieträger „bewegte Luft“

Nicht nur Luft, die unter hohem Druck steht, ist ein Energieträger, sondern auch schnell bewegte Luft.

Daß schnell bewegte Luft Energie trägt, sieht man besonders gut am Wind. Er treibt Windmühlen und Segelschiffe an, ja er kann sogar Häuser zerstören und Bäume ausreißen.

Man denkt heute wieder daran, die Energie, die der Wind trägt auszunutzen, nämlich in Windkraftwerken, Bild 14. Der Wind versetzt ein großes Windrad in Drehung, und das Windrad treibt einen Generator an. Segelschiffe, Windmühlen und Windkraftwerke sind Empfänger, die Energie mit dem Träger „bewegte Luft“ bekommen. Sie laden die Energie vom Wind ab. Du kennst auch Geräte, die Luft in Bewegung setzen, die also Energie auf den Träger „bewegte Luft“ aufladen: Ventilator und Staubsauger. Beide sind ähnlich aufgebaut: Ein Elektromotor bewegt eine Luftschaube. Die Luftschaube setzt die Luft in Bewegung.



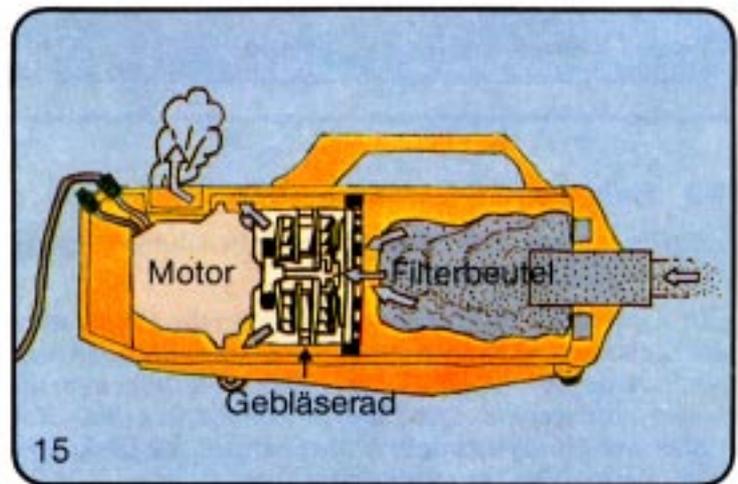
Beim Staubsauger, Bild 15, strömt die ankommende Luft durch ein Rohr. Die starke Strömung an der Eintrittsöffnung des Rohrs nimmt den Staub mit. Bevor die Luft zur Luftschaube (Gebläserad) gelangt, muß sie durch den Filterbeutel hindurchströmen. Im Filterbeutel bleiben die Staubteilchen hängen. Die saubere Luft kommt durch eine Öffnung aus dem Staubsauger wieder heraus.

**Zusammenfassung:** Schnell bewegte Luft trägt Energie. Windmühlen, Segelschiffe und Windkraftwerk laden Energie von bewegter Luft ab. Ventilator und Staubsauger beladen Luft mit Energie.

Ergänzung E 9 auf Seite 35.

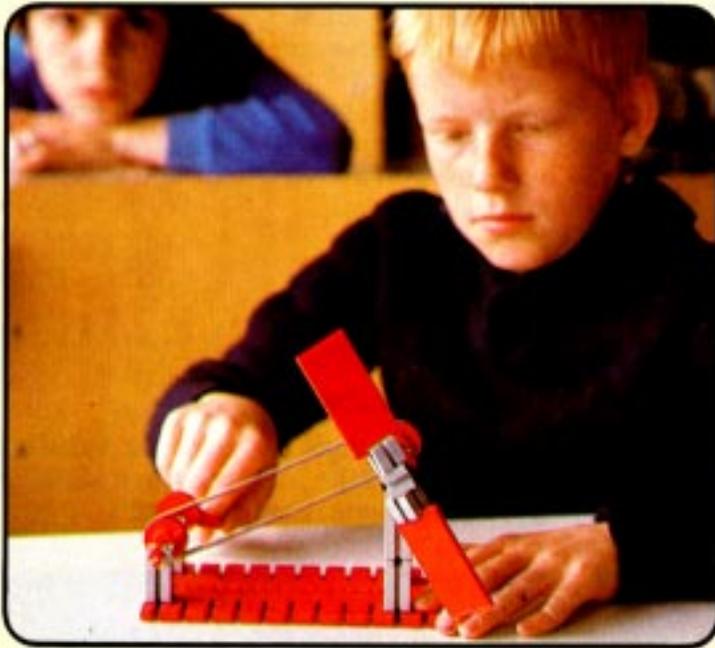
#### Aufgaben

1. Wie funktioniert ein Staubsauger?
2. Suche bei euerm Staubsauger zu Hause die Austrittsöffnung der Luft. Wie kann man erkennen, daß die Luft, die hier herauskommt, Energie trägt?



### **E1 Ein Riemenantrieb zum Selbstbauen**

So kannst du dir einen Ventilator bauen. Der Riemen trägt die Energie von der Kurbel zum Propeller.

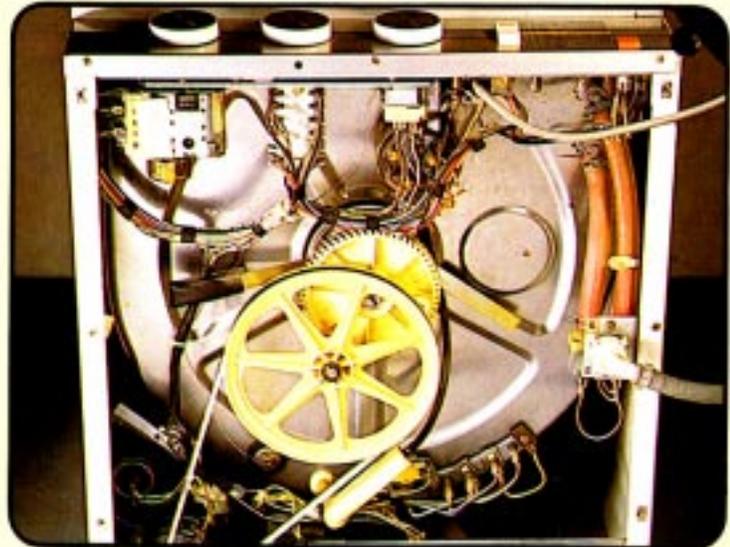
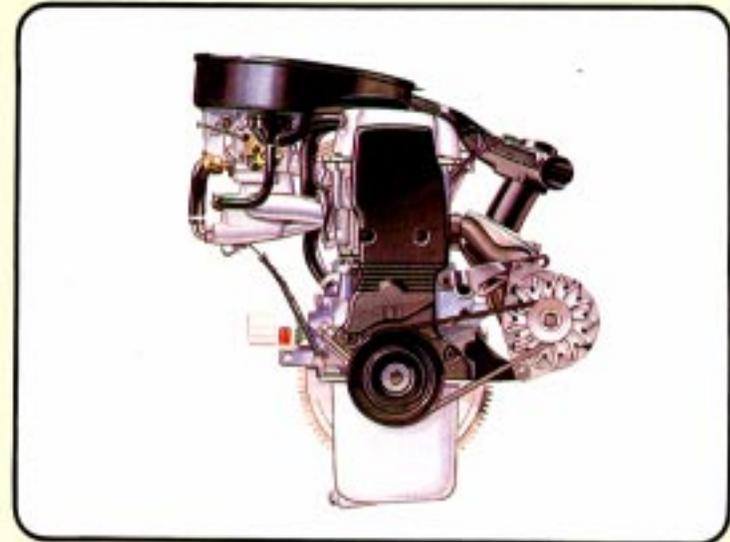


### **E2 Keilriemen im Auto und in der Waschmaschine**

Zum Energietransport über kleine Entfernungen benutzt man oft Treibriemen.

Ein Automotor muß außer den Rädern des Autos noch die Lichtmaschine antreiben. Das Bild rechts oben zeigt einen Automotor. Die Lichtmaschine befindet sich am Motor ganz rechts. Die Energie kommt über das Rad unten am Motor aus dem Motor heraus. Sie fließt über den „Keilriemen“ zur Lichtmaschine.

In der Waschmaschine trägt ein Keilriemen die Energie vom Elektromotor zur Wäschetrommel.



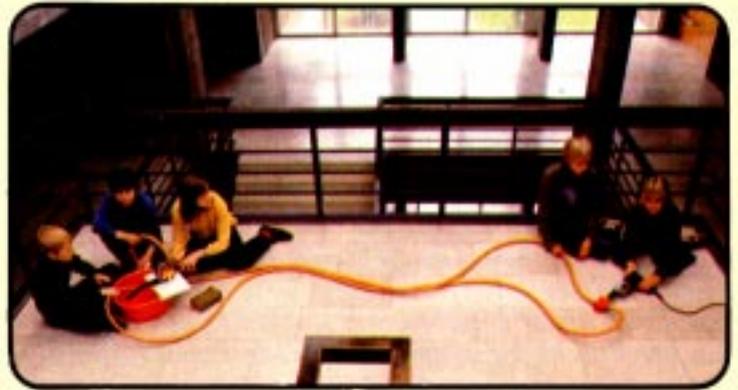
### E 3 Das Flugzeugfahrwerk

Das Fahrwerk eines Flugzeugs wird nach dem Start eingezogen, um den Luftwiderstand des Flugzeugs zu verringern. Vor der Landung wird es wieder „ausgefahren“. Die Energie zum Einziehen und Ausfahren kommt hydraulisch zum Fahrwerk. Auf dem Bild sind die Hydraulikzylinder zu erkennen.



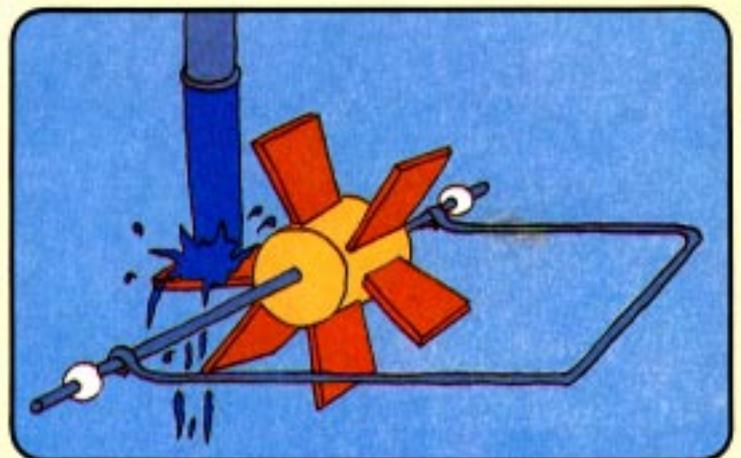
### E 4 Ein Hydraulikantrieb zum Selbstbauen

Mit der Vorsatzpumpe einer Bohrmaschine und einer kleinen Turbine kann man einen Hydraulikantrieb selbst bauen. Die Pumpe, rechts im Bild, ist die Energiequelle. Sie drückt Wasser durch den einen Schlauch zur Turbine, links, und saugt es durch den anderen wieder zurück. Auf diese Weise fließt Energie von der Pumpe zur Turbine.



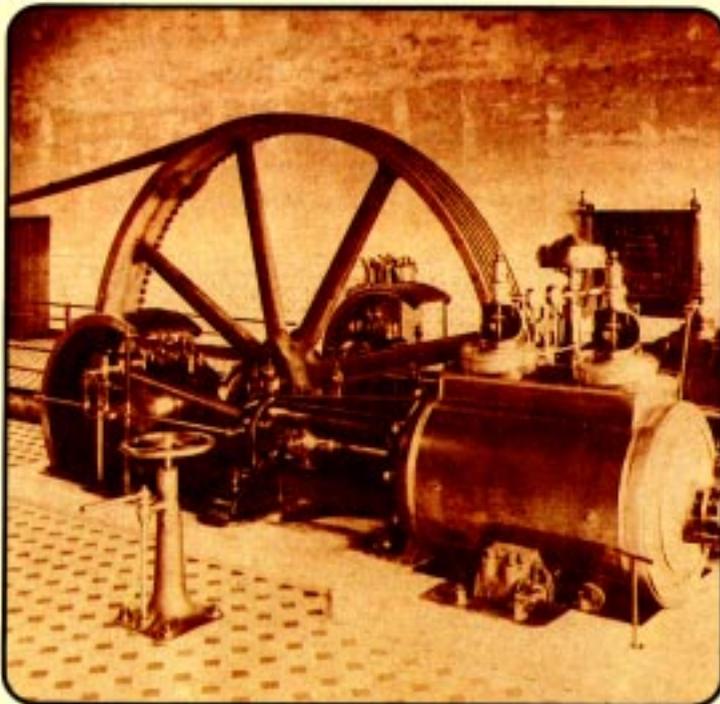
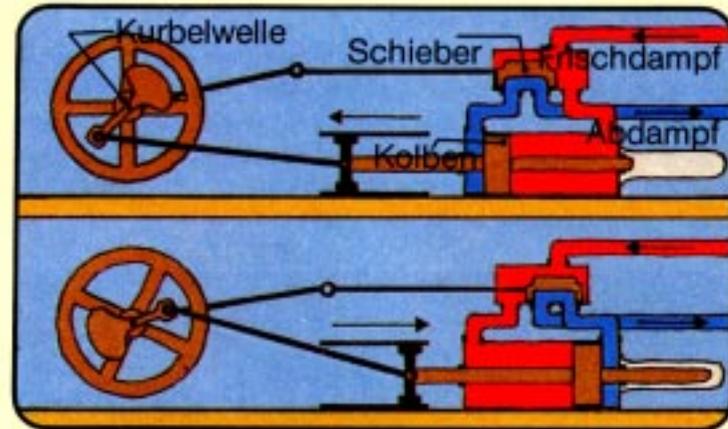
### E 5 Ein Wasserrad zum Selbstbauen

Das Bild zeigt ein Wasserrad, das man leicht selbstbauen kann. Als Welle für das Wasserrad wird eine Stricknadel verwendet. Die Schaufeln sind Holzplättchen, die in einen Korken gespießt werden. Damit sich das Rad in seiner Halterung nicht seitlich verschiebt, werden 2 Perlen auf der Stricknadel festgeklebt.



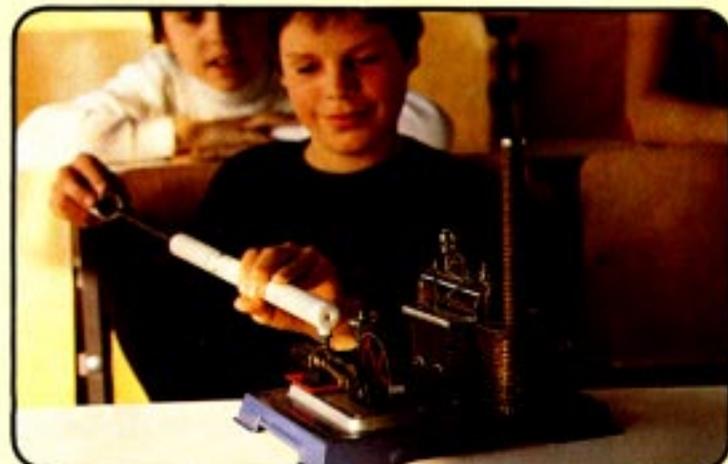
## E 6 Die Dampfmaschine

Im Kessel der Dampfmaschine wird Wasser erhitzt, bis es verdampft. Da der Wasserdampf nicht ins Freie entweichen kann, bekommt er einen hohen Druck. Er strömt durch ein Rohr zur eigentlichen Maschine. Wie sie funktioniert, erkennst du auf dem Bild rechts oben. Der Dampf drückt abwechselnd von rechts und von links gegen den Kolben. Der Schieber sorgt dafür, daß der Dampf immer von der richtigen Seite drückt. Während von links neuer Dampf unter hohem Druck gegen den Kolben drückt, kann der Dampf rechts vom Kolben ins Freie strömen und umgekehrt. Die Bewegung des Kolbens wird über ein Gestänge auf die Kurbelwelle übertragen. Der Schieber wird durch die Kurbelwelle bewegt.



## E 7 Energieübertragung mit Preßluft – zum Selbstbauen

Eine Fahrradpumpe erzeugt Preßluft, sie belädt Luft mit Energie. Die Preßluft strömt statt des Dampfes in die Maschine hinein. Die Dampfmaschine lädt die Energie von der Preßluft wieder ab.



### E 8 Die Dampfturbine

In modernen Dampfkraftwerken verwendet man zum Antrieb des Generators eine Dampfturbine. Eine Dampfturbine funktioniert ähnlich wie eine Wasserturbine. Der Dampf strömt durch Düsen mit hoher Geschwindigkeit gegen ein Schaufelrad. Das Bild zeigt die Dampfturbine eines großen Kernkraftwerks bei der Montage.



Das Bild rechts oben zeigt eine einfache Dampfturbine zum Selbstbauen. Ein Schaufelrad aus dicker Aluminiumfolie, das auf einem Stück Draht läuft, dreht sich, wenn man es in den Dampfstrahl des Wasserkessels hält.



### E 9 Fön und Heizlüfter

Fön und Heizlüfter beladen Luft auf zwei Arten mit Energie: Zuerst wird die Luft von einem Ventilator oder Gebläse in schnelle Bewegung versetzt, und dann wird sie von einer elektrischen Heizspirale heiß gemacht.



## 4. Einweg- und Pfandflaschen-Energieträger

Damit ein Automotor laufen kann, braucht er Benzin. Das Benzin trägt die Energie in den Motor hinein. Im Motor lädt es seine Energie ab. Dabei verwandelt es sich in Abgase. Diese kommen zum Auspuff aus dem Motor heraus, Bild 1. Das, was von dem Energieträger übrig ist, nachdem er seine Energie abgeladen hat, wird also „weggeworfen“.

Genauso, wie man manche Sprudelflaschen wegwerft, nachdem man sie leergetrunken hat, wird hier der leere Energieträger weggeworfen. Solche Sprudelflaschen nennt man Einwegflaschen. Einen Energieträger, den man wegwerft, nachdem er seine Energie abgeladen hat, nennen wir einen Einwegflaschen-Energieträger.

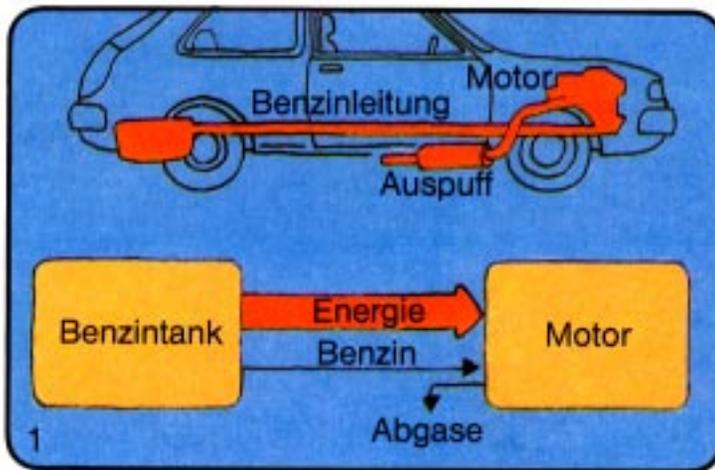
Es gibt auch Sprudelflaschen, die man nach dem Gebrauch wiederverwendet, die Pfandflaschen. Nachdem man sie leergetrunken hat, schickt man sie zurück zum Abfüllwerk, wo sie mit neuem Sprudel gefüllt werden. Ebenso gibt es Energieträger, die man nach dem Gebrauch wiederverwendet. Hierzu gehört zum Beispiel das Wasser der Zentralheizung. Es lädt im Heizkörper seine

Energie ab, Bild 2. Es wird dann aber nicht weggeworfen, sondern zum Heizkessel zurückgeleitet. Im Heizkessel wird es erneut mit Energie beladen. So einen Energieträger nennen wir einen Pfandflaschen-Energieträger.

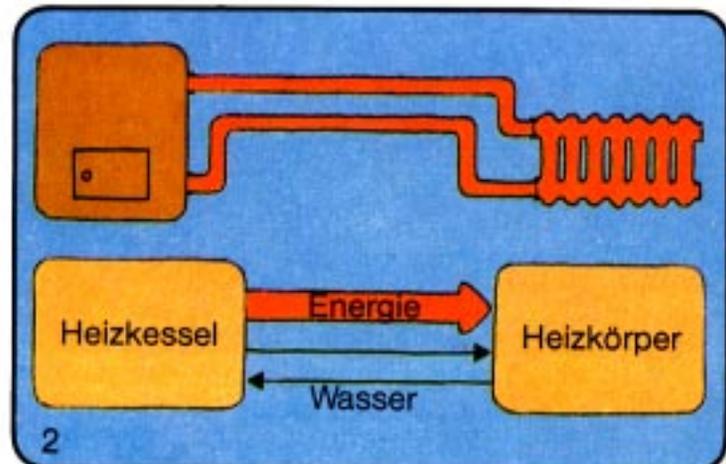
Ob ein Energieträger ein Einwegflaschen- oder ein Pfandflaschen-Energieträger ist, wollen wir in Zukunft auch im Energieflußbild zum Ausdruck bringen. Daß der leere Energieträger vom Empfänger zur Quelle zurückfließt, stellen wir durch einen zweiten, zurückweisenden Pfeil dar, Bild 2. Wird der leere Energieträger weggeworfen, so biegt der zweite Pfeil nach unten ab, Bild 1.

Ob ein Träger ein Einwegflaschen- oder ein Pfandflaschen-Energieträger ist, sieht man oft schon, ohne den Energieträger näher zu kennen. Sind Quelle und Empfänger durch eine einzige Leitung verbunden, Bild 3, so haben wir einen Einwegflaschen-Energieträger vor uns.

Sind Quelle und Empfänger durch zwei Leitungen verbunden, Bild 4, so fließt in der einen der mit Energie beladene Träger von der Quelle zum Empfänger, in der ande-



Das Benzin ist ein Einwegflaschen-Energieträger.



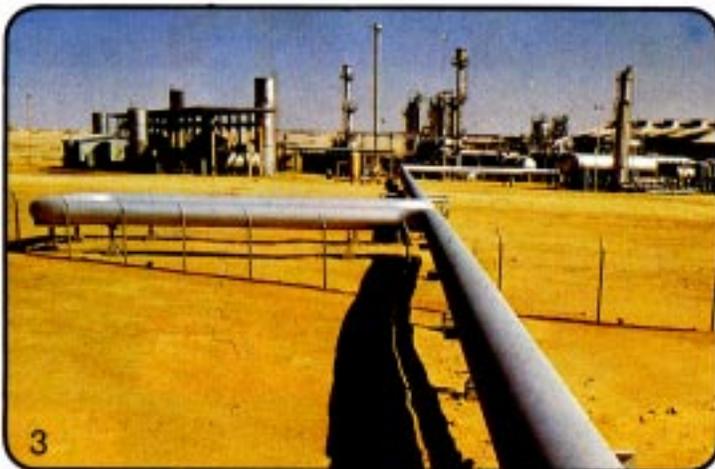
Das Wasser in der Zentralheizung ist ein Pfandflaschen-Energieträger.

ren der leere Träger vom Empfänger zur Quelle zurück. Der Energieträger ist dann ein Pfandflaschen-Energieträger. Pfandflaschen-Energieträger fließen stets „im Kreis herum“. Man sagt, sie bilden einen Stromkreis.

**Zusammenfassung:** Einwegflaschen-Energieträger werden weggeworfen, nachdem sie im Empfänger ihre Energie abgeladen haben. Pfandflaschen-Energieträger werden zur Quelle zurückgeleitet. In der Quelle werden sie mit neuer Energie beladen.

### Aufgaben

1. Welches ist beim Kohleofen der Ausgang für den leeren Energieträger? Ist die Kohle ein Einweg- oder ein Pfandflaschen-Energieträger?
2. Ist die Preßluft, die die Energie vom Kompressor zum Preßlufthammer trägt, ein Einweg- oder ein Pfandflaschen-Energieträger? Wie kann man das im Bild 13 auf Seite 30 erkennen?
3. Sind die folgenden Energieträger Einweg- oder Pfandflaschen-Energieträger?
  - a) Die Luft bei der Warmluftheizung.
  - b) Das Hydrauliköl beim Bagger.
  - c) Das Wasser beim Wasserkraftwerk.
  - d) Der Treibriemen.
4. Wie könnte man eine Zentralheizung bauen, bei der das Wasser Einwegflaschen-Energieträger ist? Warum tut man es nicht?
5. Wie könnte man einen Preßlufthammer bauen, bei dem die Preßluft ein Pfandflaschen-Energieträger ist? Warum tut man es nicht?
6. Zeichne das Energieflußbild für die folgenden Quelle-Empfänger-Paare:
  - a) Öltank-Ölofen,
  - b) Kompressor-Preßlufthammer,
  - c) Pumpe für Hydrauliköl-Hydromotor,
  - d) Elektromotor-Kreissäge.



Erdölpipeline



Fernheizungs-Leitungen

## 5. Der Energieträger Elektrizität

### 5.1. Was ist ein Strom?

Was ist Strom? „Das was aus der Steckdose kommt“, wirst du vielleicht auf diese Frage antworten. Wenn du etwas nachdenkst, merkst du aber, daß das Wort Strom viel mehr bedeutet.

Wir haben immer dann einen Strom vor uns, wenn etwas strömt oder fließt. Wasser in einem Fluß strömt, Bild 1. Wir nennen den Fluß deshalb auch Wasserstrom. Der Wind ist ein Luftstrom, Bild 2. Die Autos auf der Autobahn bilden einen Autostrom, Bild 3. Wenn die Kinder nach der letzten Stunde zur Schultür herauskommen, bilden sie einen Menschenstrom. In einer Ader fließt ein Blutstrom und in einer Pipeline ein Erdölstrom.

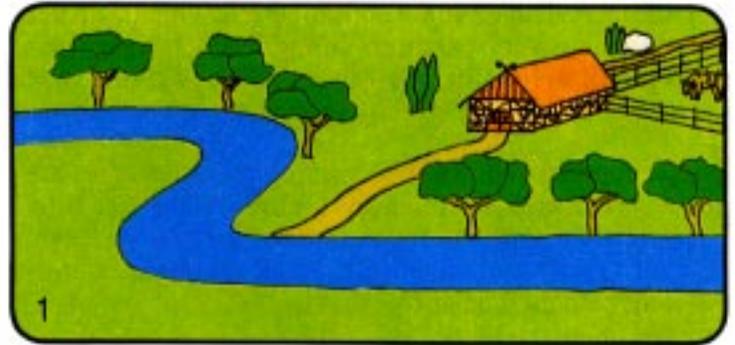
Hast du bemerkt, was notwendig ist, damit man einen Strom bekommt? Man braucht eine große Menge von Dingen (z. B. Autos) oder auch von Lebewesen (z. B. Menschen) oder von einem Stoff (z. B. Wasser).

Solange sich diese Dinge oder Stoffe aber nicht bewegen, bilden sie keinen Strom. Das Wasser in einem Teich strömt ebensowenig wie die Autos auf einem Parkplatz oder die Kinder während des Unterrichts, Bild 4.

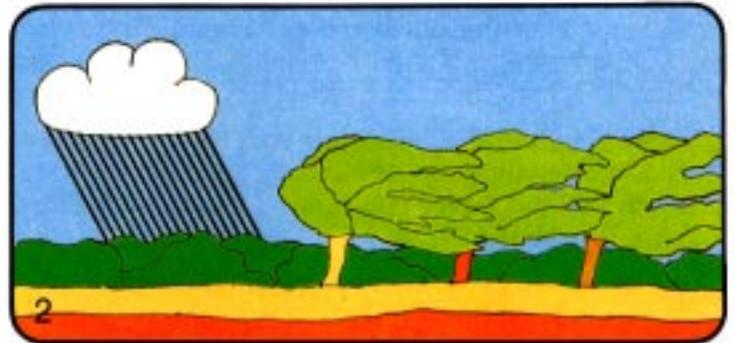
Damit ein Strom entsteht, ist Bewegung nötig. Aber die Bewegung allein genügt noch nicht. Solange sich alles durcheinanderbewegt, sprechen wir nicht von einem Strom. Die Kinder auf dem Schulhof bewegen sich zwar, aber sie bilden keinen Strom, Bild 5.

Das was sich bewegt, muß außerdem noch denselben Weg nehmen, so wie das Wasser in einem Fluß, die Autos auf der Autobahn und die laufenden Kinder, Bild 6.

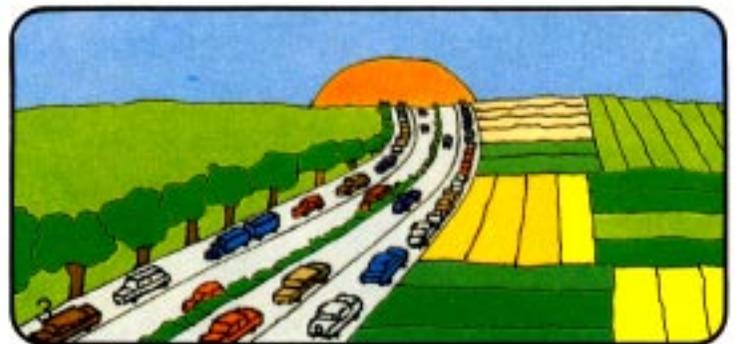
Die Physik beschäftigt sich mit den verschiedensten Strömen. Ein besonders wichtiger ist der Energiestrom. Du weißt bereits, daß er von einer Quelle zu einem Empfänger fließt. Du hast auch gelernt, daß zu jedem Energiestrom ein Energieträgerstrom gehört.



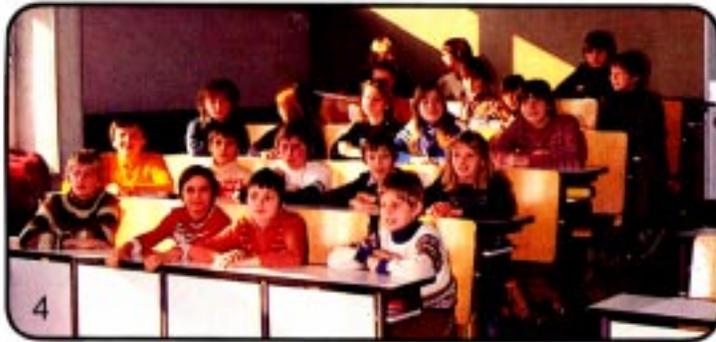
Wasserstrom



Luftstrom



Autostrom



Kein Strom



Kein Strom



Ein Menschenstrom

Zwischen Benzintank und Automotor fließt ein Energiestrom zusammen mit einem Benzinstrom. Zwischen Heizkessel und Heizkörper fließt ein Energiestrom zusammen mit einem Wasserstrom. Zwischen Elektrizitätswerk und Glühlampe fließt ein Energiestrom zusammen mit einem Strom von Elektrizität, kurz, mit einem elektrischen Strom.

Dieser elektrische Strom ist es, den die meisten Leute einfach Strom nennen. Da es so viele verschiedene Ströme gibt, empfehlen wir dir, die genaue Bezeichnung zu verwenden, also nicht einfach „Strom“ zu sagen, sondern „elektrischer Strom“.

**Zusammenfassung:** Wenn sich viele Dinge bewegen und dabei denselben Weg nehmen, bilden sie einen Strom. Auch ein fließender Stoff kann einen Strom bilden.

Ergänzung E 1 auf Seite 52.

### Aufgaben

1. Zähle einige Beispiele für Ströme auf.
2. Warum bilden die Kinder, die in der Pause auf dem Schulhof spielen, keinen Strom? Was müssten sie tun, damit ein Strom entsteht?
3. Ein Energiestrom fließt nie allein, sondern immer zusammen mit . . . . . Vervollständige den Satz.

## 5.2 Elektrische Energiequellen und -empfänger

Sieh dich in euerm Haus nach Energieempfängern um. Du wirst feststellen, daß die meisten Geräte ihre Energie mit der Elektrizität bekommen. Lampen, Waschmaschine, Wäscheschleuder, Bügeleisen, Staubsauger, Kühlschrank, Fernsehapparat und viele andere Geräte bekommen Energie durch ein Kabel. Am Kabel erkennst du, daß der Energieträger Elektrizität ist.

Die Energie für diese Geräte kommt aus der Steckdose. Die Steckdose ist über Leitungen mit dem Generator im Kraftwerk verbunden. Energiequelle ist also der Generator.

Es gibt elektrische Geräte, d. h. Empfänger für elektrizitätsgetragene Energie, die man nicht an die Steckdose anzuschließen braucht, etwa der Kassettenrekorder, die elektrische Armbanduhr oder der Taschenrechner. Diese Geräte haben eine Batterie als Energiequelle, Bild 7. Batterien haben gegenüber dem Kraftwerk den Vorteil, daß man sie herumtragen kann. Ihr Nachteil ist, daß sie leer werden. Wenn sie leer sind, kann man nichts mehr mit ihnen anfangen. Man wirft sie weg.

Eine andere bewegliche Energiequelle ist der Akkumulator, oder kurz Akku. Jedes Auto hat einen Akku. Er liefert die Energie für den Anlasser. Gegenüber den Wegwerfbatterien hat er den Vorteil, daß man ihn wieder aufladen kann. Aufladen heißt, man füllt ihn neu mit Energie.

Ein Autoakku ist größer und schwerer als eine Taschenlampenbatterie. Dafür paßt auch viel mehr Energie in ihn hinein. Aus einem geladenen Autoakku kann man etwa 2000 kJ herausholen – so viel wie aus einer Tafel Schokolade –, aus einer Flachbatterie nur 10 kJ.

Von der Quelle zum Empfänger fließt die Energie durch ein Kabel. Sieh dir den Stecker an, der an einem Kabel befestigt ist. Er hat zwei Stifte. Das Kabel selbst besteht aus

zwei Drähten. Diese sind am Ende mit den Stiften des Steckers verbunden. Durch die Drähte fließt die Elektrizität. In dem einen fließt sie mit Energie beladen von der Quelle zum Empfänger. Im anderen fließt sie ohne Energie wieder zurück. Die Elektrizität ist also ein Pfandflaschen-Energieträger.



Verschiedene Wegwerfbatterien, Akku

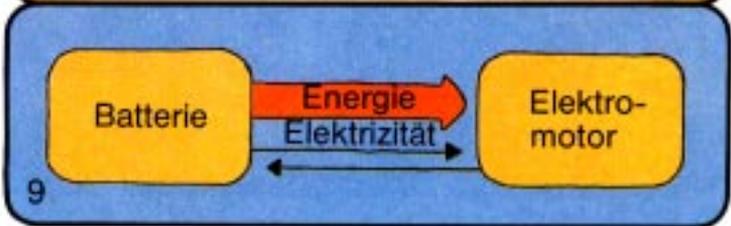
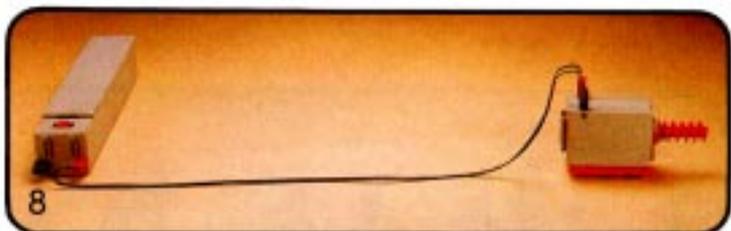


Bild 8 zeigt einen Spielzeugmotor, der seine Energie über ein Kabel von dem Batteriekasten, links im Bild, bekommt. Du siehst hier sehr deutlich die beiden Leitungen, die zum Kabel gehören. Auf Bild 9 ist das Energieflußbild dargestellt, das zu Bild 8 gehört. Oft bestehen Kabel sogar aus drei Leitungen. Wozu die dritte dient, kannst du in der Ergänzung E 5 nachlesen.

**Zusammenfassung:** Kraftwerk, Batterie und Akku sind Quellen, alle elektrischen Geräte sind Empfänger für Energie, die von Elektrizität getragen wird. Die Elektrizität ist ein Pfandflaschen-Energieträger.

Ergänzung E 2 auf Seite 52f.

### Aufgaben

1. Nenne einige Quellen und einige Empfänger für Energie, die von Elektrizität getragen wird.
2. Zähle einige Geräte auf, die ihre Energie aus Batterien bekommen.
3. Wozu braucht das Auto einen Akku?
4. Womit wird ein Akku beladen, wenn man ihn auflädt?
5. Vergleiche die beiden Energiequellen „Kraftwerk“ und „Batterie“. Welche Vorteile und welche Nachteile haben sie?
6. Von welcher Quelle bekommt ein Gasherd seine Energie, von welcher ein Gasfeuerzeug? Welche Vorteile und welche Nachteile haben diese Quellen? (Vergleiche mit Aufgabe 5.)
7. Manche elektrischen Geräte können ihre Energie wahlweise aus Batterien oder aus der Steckdose („aus dem Netz“) bekommen. Nenne solche Geräte. Welchen Vorteil haben sie?

### 5.3 Der elektrische Stromkreis

Anders ausgedrückt könnte die Überschrift auch heißen: „Wie man ein Birnchen an eine Batterie anschließt“.

Was dir hier erklärt wird, solltest du eigentlich selbst herausfinden. Besorge dir die auf Bild 10 gezeigten Dinge und versuch es selbst. Gelingt es dir, so wird dir der Rest dieses Abschnitts nicht mehr viel Neues bringen.

Jede elektrische Energiequelle hat zwei Anschlüsse. Bei der Flachbatterie sind es die beiden Metall-Laschen auf ihrer Oberseite. Diese Anschlüsse heißen Plus-Pol und Minus-Pol.

Auch elektrische Energieempfänger haben zwei Anschlüsse. Bei der Glühlampe ist der eine das Gewinde, der andere das Metallplättchen ganz unten. Gewöhnlich schraubt man die Lampe in eine Fassung. Auf Bild 10 erkennst du die beiden Anschlüsse der Fassung. Als Leitung für die Elektrizität benutzt man Kupferdraht, der mit einer Plastikschiicht überzogen ist.

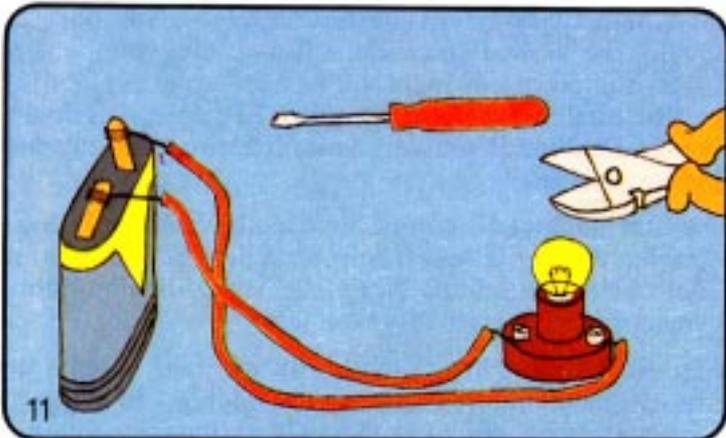
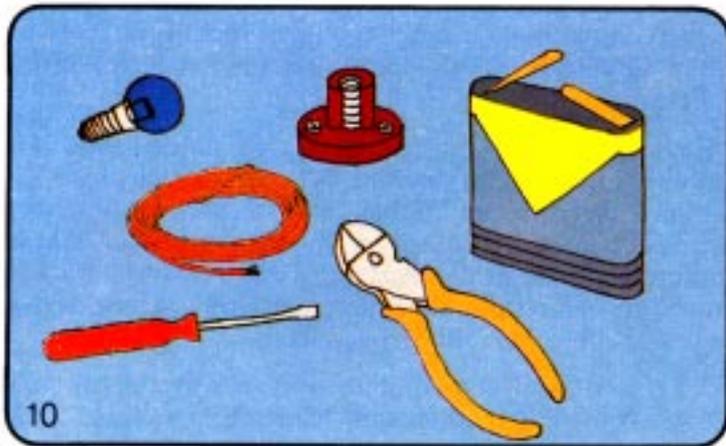
Das Anschließen des Empfängers an die Quelle geht nun so vor sich, Bild 11: Entferne an beiden Enden eines Stücks Draht die Plastikhülle, so daß der blanke Kupferdraht herausausschaut. Befestige das eine Ende an einem Anschluß der Quelle, das andere an einem Anschluß des Empfängers. Dabei mußt du darauf achten, daß das Kupfer des Drahtes das Metall der Anschlüsse berührt. Es reicht, daß du das blanke Drahtende um den Anschluß ein- oder zweimal herumwickelst.

Bis jetzt leuchtet die Lampe noch nicht. Verbinde nun auf dieselbe Art den zweiten Anschluß des Empfängers mit dem zweiten Anschluß der Quelle. Wenn du alles richtig gemacht hast, leuchtet die Lampe.

Findest du es überraschend, daß du zwei Drähte gebraucht hast, um die Lampe zum Leuchten zu bringen? Du weißt, daß die Elektrizität ein Pfandflaschen-Energie-

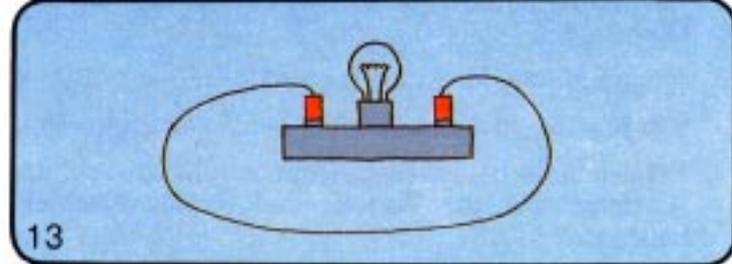
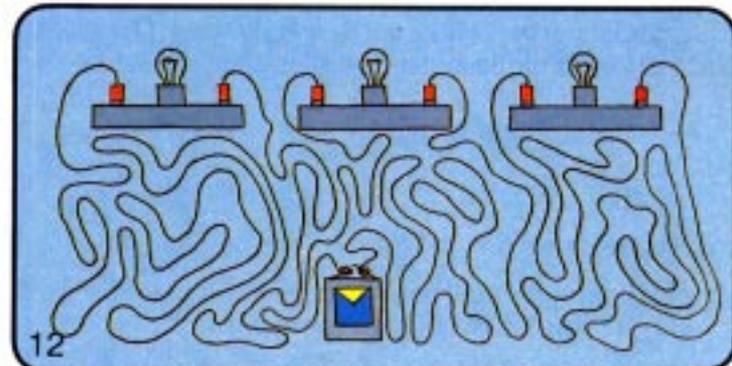
träger ist. Wie jeder Pfandflaschen-Energieträger fließt sie im Kreis herum. Du hast einen elektrischen Stromkreis aufgebaut.

**Zusammenfassung:** Um einen elektrischen Stromkreis aufzubauen, verbindet man die beiden Anschlüsse der Quelle durch Kupferdrähte mit den beiden Anschlüssen des Empfängers.



### Aufgaben

1. Welches der 3 Lämpchen auf Bild 12 leuchtet?
2. In Bild 13 kann die Elektrizität im Kreis herumfließen. Leuchtet das Lämpchen?
3. In Bild 14 sind die beiden Anschlüsse der Quelle mit den beiden Anschlüssen des Empfängers verbunden. Leuchtet das Lämpchen?



## 5.4 Schalter, Hähne, Ventile

Man möchte eine Lampe ein- und ausschalten können. Deshalb baut man in den Stromkreis einen Schalter ein, Bild 15. Mit dem Schalter kann man den Stromkreis an einer Stelle unterbrechen. Die Elektrizität kann dann auch in allen anderen Teilen des Stromkreises nicht mehr fließen. An welcher Stelle der Schalter im Stromkreis sitzt, ob in der Hin- oder in der Rückleitung, ob am Anfang oder am Ende einer Leitung, ist gleichgültig.

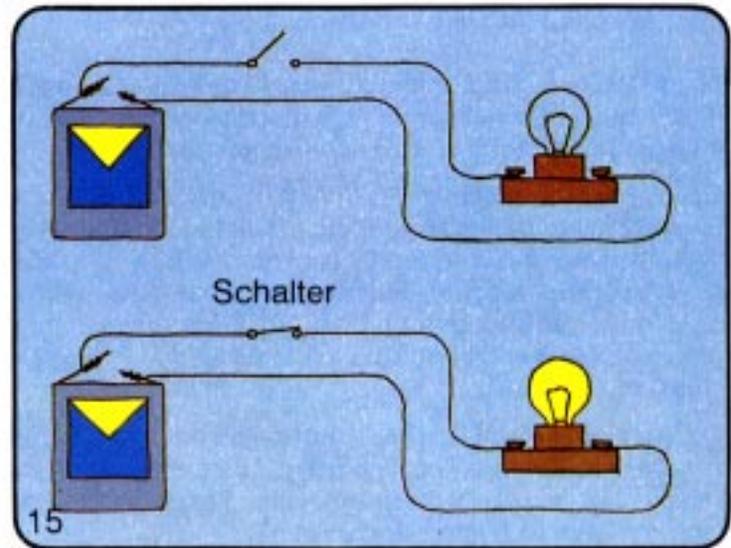
Bei einem Wasserstromkreis, etwa dem der Zentralheizung, ist es genauso, Bild 16. Man baut an einer beliebigen Stelle des Wasserstromkreises einen Hahn (oder ein „Ventil“) ein. Schließt man das Ventil, so kann das Wasser an keiner Stelle des Stromkreises mehr fließen.

**Zusammenfassung:** Einen Schalter kann man an einer beliebigen Stelle des Stromkreises einbauen.

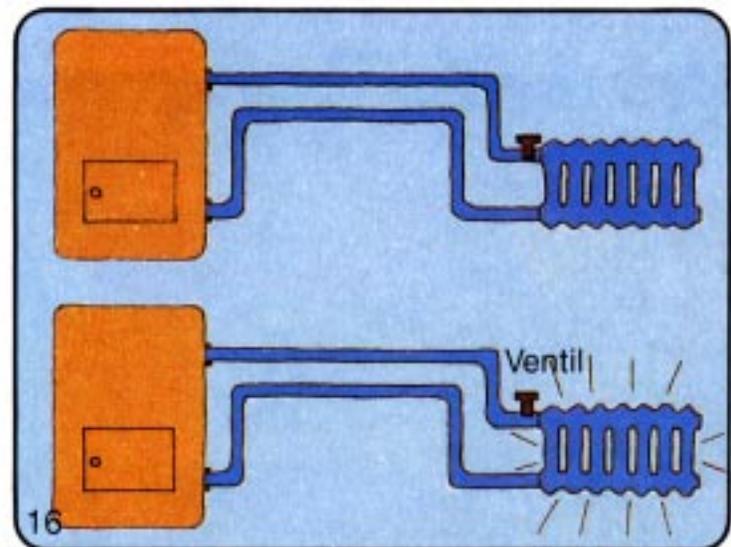
Ergänzung E 3 auf Seite 53.

### Aufgaben

1. Schalter oder Ventile gibt es nicht nur für den elektrischen Strom und den Wasserstrom. Auch Autoströme werden ein- und ausgeschaltet. Weißt du wo?
2. Nimm einen ausrangierten Schalter auseinander. Wie funktioniert er?
3. Worin unterscheidet sich ein Schalter von einem Klingelknopf?



Schalter im elektrischen Stromkreis



Ventil im Wasserstromkreis

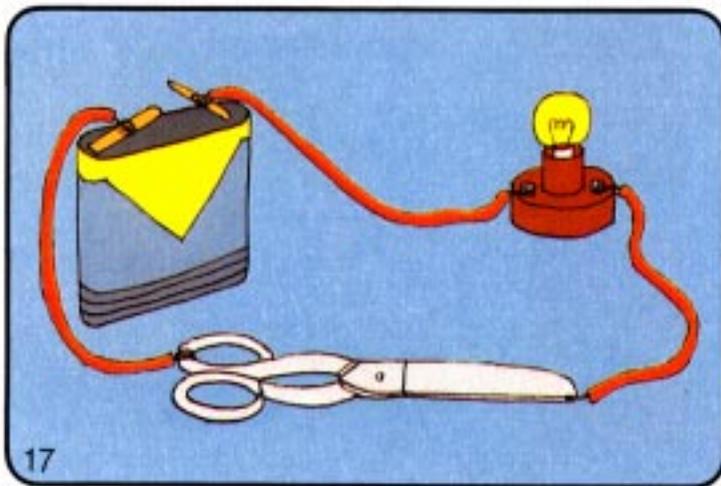
### 5.5 Welche Stoffe die Elektrizität leiten

Fließt Elektrizität nur durch Kupferdrähte oder auch durch andere Gegenstände? Mit dem Stromkreis, den du aufgebaut hast, kannst du das selbst ausprobieren.

Unterbrich den Stromkreis an einer beliebigen Stelle, und halte die beiden freien Enden, die entstanden sind, an zwei verschiedene Stellen eines Gegenstandes, Bild 17. Wenn jetzt die Lampe leuchtet, läßt der Gegenstand die Elektrizität hindurch. Man sagt, er leitet den elektrischen Strom. Mach diesen Versuch mit vielen verschiedenen Gegenständen.

Ob ein Gegenstand den elektrischen Strom leitet, hängt vom Material ab, aus dem er besteht. Wir haben schon gesehen, daß Kupfer den elektrischen Strom leitet. Alle anderen Metalle leiten ihn aber auch.

Du wirst sicher festgestellt haben, daß Plastik die Elektrizität nicht leitet. Du siehst jetzt, warum man die Plastikhülle an den Drahtenden entfernen muß.



Die Schere leitet den elektrischen Strom.

**Zusammenfassung:** Metalle leiten den elektrischen Strom.

Ergänzung E 4 auf Seite 54.

#### Aufgaben

1. Wovon hängt es ab, ob ein Gegenstand den elektrischen Strom leitet?
2. Leitet ein Bleistift den elektrischen Strom? Untersuche auch die Bleistiftmine.
3. Nenne Stoffe, die den elektrischen Strom leiten und Stoffe, die ihn nicht leiten.

## 5.6 Der Kurzschluß

Die Drähte, die man zur Elektrizitätsleitung benutzt, sind von einer Plastiksicht überzogen, sie sind isoliert. Wozu ist die Isolierung da?

Schließ ein Lämpchen an eine Batterie mit blanken Kupferdrähten an. Wenn nun der eine Draht den anderen berührt, erlischt die Lampe, Bild 18 links. Du hast einen Kurzschluß gemacht. Wenn sich isolierte Drähte berühren, gibt es keinen Kurzschluß, Bild 18 rechts.

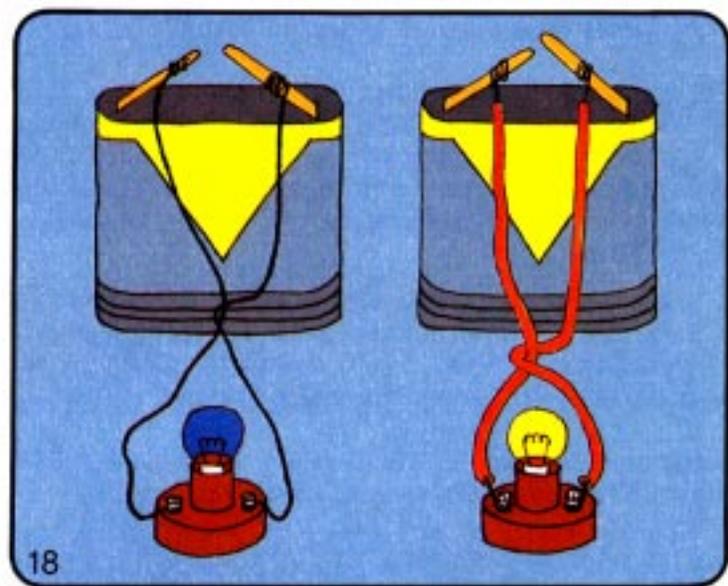
Bei einem Kurzschluß fließt die Elektrizität nicht mehr bis zum Lämpchen, sondern von der Batterie aus nur noch bis zur Berührungsstelle und von dort aus wieder zurück zur Batterie. Daß ein elektrischer Strom fließt, obwohl das Lämpchen nicht brennt, erkennst du daran, daß die Batterie und die Drähte warm werden.

Es fließt jetzt im Stromkreis sogar mehr Elektrizität als vorher, als die Lampe noch brannte. Damit fließt aus der Batterie auch mehr Energie heraus als vorher. Die Batterie wird sehr schnell leer. Die Energie fließt aber nicht zur Lampe. Sie wird in den Drähten von der Elektrizität abgeladen. Das führt dazu, daß die Drähte warm werden.

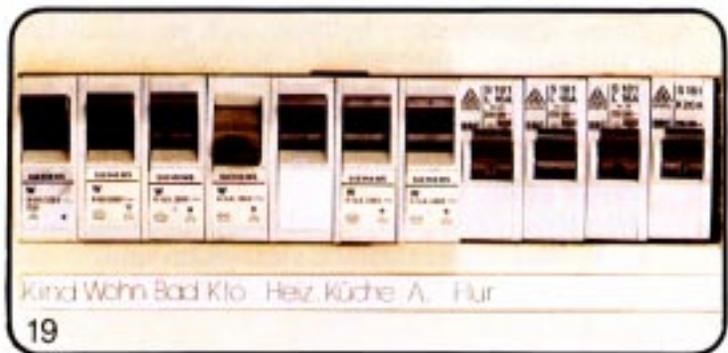
Ist die Energiequelle nicht eine Batterie, sondern das Kraftwerk, so könnte ein Kurzschluß gefährlich werden – wenn man keine Sicherungen hätte.

Ohne Sicherungen würde bei einem Kurzschluß sehr viel Elektrizität durch die Leitungen fließen. Die Leitungen würden dadurch so heiß, daß sie zu glühen beginnen und ein Feuer verursachen könnten. Die Sicherung, Bild 19, unterbricht aber den Stromkreis, sobald zu viel Elektrizität fließt.

**Zusammenfassung:** Bei einem Kurzschluß fließt durch die Drähte zwischen der Quelle und der Berührungsstelle sehr viel Elektrizität. Damit kommt von der Quelle sehr viel Energie. Diese wird in den Drähten abgeladen.



18



19

### Aufgaben

1. Beschreibe den Weg des elektrischen Stroms, wenn sich in der Leitung ein Kurzschluß befindet.
2. Warum kann ein Kurzschluß gefährlich sein?
3. Wozu gibt es in jedem Haus Sicherungen?

## 5.7 Leitet Wasser den elektrischen Strom?

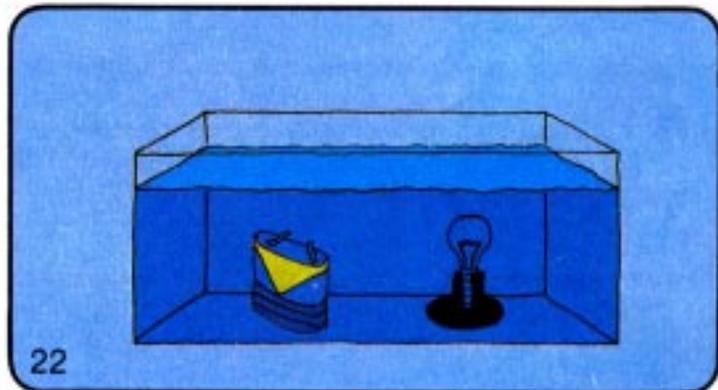
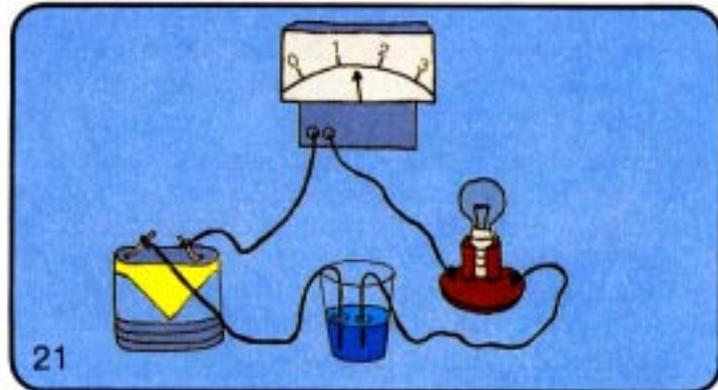
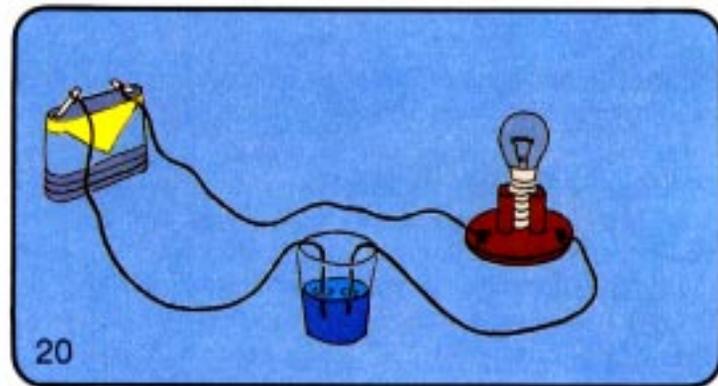
Bild 20 zeigt, wie du es ausprobieren kannst. Das Lämpchen leuchtet nicht. Wasser scheint den elektrischen Strom also nicht zu leiten. Wenn du nun im Wasser etwas Salz auflöst (etwa ein Teelöffel), beginnt das Lämpchen schwach zu leuchten. Salzwasser leitet also den elektrischen Strom.

Du wirst später ein Gerät kennenlernen, das schon sehr geringe elektrische Ströme anzeigt, ein Amperemeter. Mit diesem Gerät kann man zeigen, daß auch Leitungswasser den elektrischen Strom etwas leitet, Bild 21.

**Zusammenfassung:** Leitungswasser leitet den elektrischen Strom etwas, Salzwasser leitet ihn besser.

### Aufgaben

- In einem Wasserbecken befinden sich ein Lämpchen und eine Batterie, Bild 22.
  - Brennt das Lämpchen, wenn das Becken mit Leitungswasser gefüllt ist?
  - Brennt das Lämpchen, wenn das Becken mit Salzwasser gefüllt ist?
  - Brennt das Lämpchen, wenn Lämpchen und Batterie im Wasser mit Drähten verbunden sind?
- Leitet Luft den elektrischen Strom? Begründe deine Antwort.



## 5.8 Der elektrische Strom ist gefährlich

Der Mensch braucht zum Leben Energie. Wie jeder andere Energieempfänger auch, kann er aber die Energie nicht mit einem beliebigen Energieträger aufnehmen. Er ist auf einen ganz bestimmten Energieträger eingerichtet: auf die Nahrung. Kommt die Energie mit dem falschen Träger, so kann das unangenehm, ja sogar gefährlich sein.

Auf Bild 23 bekommen Menschen Energie mit den verschiedensten Trägern. In welchem Fall ist das unangenehm, in welchen gefährlich?

Es ist besonders gefährlich, wenn der Mensch Energie mit dem elektrischen Strom bekommt. Man sagt, er bekommt einen elektrischen Schlag. Unabsichtlich kann solch eine Energieaufnahme auf mehrere Arten passieren:

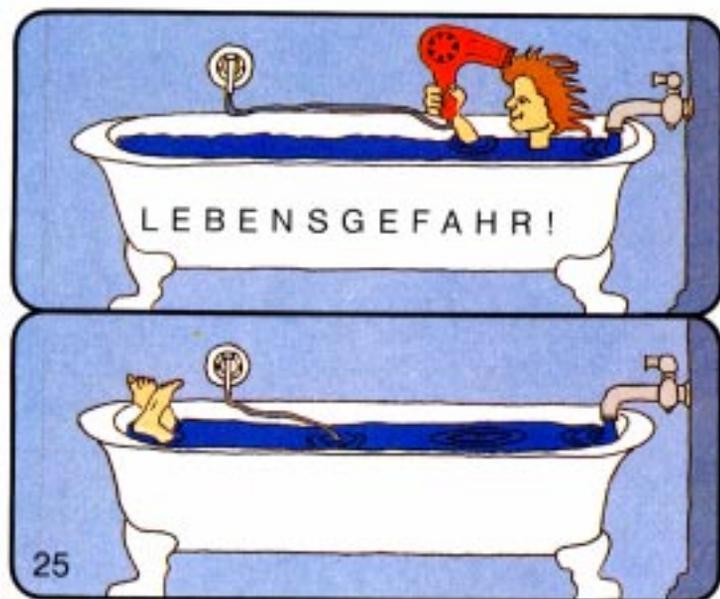
- Wenn du gleichzeitig die beiden Pole der Steckdose berührst, bist du genauso angeschlossen wie ein elektrisches Gerät. Du kannst dabei ums Leben kommen. Besonders gefährlich ist es, wenn du nasse Hände hast. Der elektrische Strom kann dann noch besser fließen.
- Einer der beiden Pole der Steckdose ist im Kraftwerk mit der Erde verbunden. Wenn du nun den anderen Pol berührst und gleichzeitig mit der Erde verbunden bist (d. h. keine Holz- oder Gummischuhe anhast), ist der Stromkreis geschlossen, Bild 24. Du bekommst einen Schlag. Es ist also auch schon gefährlich, nur einen einzigen Pol der Steckdose zu berühren. Zwar ist nur der eine der beiden Pole gefährlich. Man sieht aber der Steckdose nicht an, welcher es ist.
- Wenn du ein elektrisches Gerät berührst, das naß ist, kann der Strom von einem der Anschlüsse über das Wasser am Gerät zu deiner Hand fließen und dann durch dich hindurch zur Erde und zurück zum Kraftwerk, Bild 25.



23 Welche Art der Energieaufnahme ist lebensgefährlich(!)?



24 Berühre auch nicht einen einzigen Pol der Steckdose! Lebensgefahr!



Wenn du die Anschlüsse einer Taschenlampenbatterie oder eines Autoakkus berührst, bekommst du nur sehr wenig Energie. Der Umgang mit diesen Quellen ist nicht gefährlich.

**Zusammenfassung:** Berühre nie die Pole einer Steckdose! Hantiere nicht mit einem elektrischen Gerät wenn du feuchte Hände hast oder im Feuchten stehst!

Ergänzung E 5 auf Seite 55.

### Aufgaben

1. Auf welche Arten kann man einen elektrischen Schlag bekommen?
2. Warum bekommen die Spatzen auf der Hochspannungsleitung keinen elektrischen Schlag?

### 5.9 Glühlampe und Bügeleisen

Mach den in E 6 auf Seite 55 beschriebenen Versuch. Ein dünner Draht, der von einem elektrischen Strom durchflossen wird, wird warm. Der elektrische Strom lädt in ihm Energie ab.

Bild 26 zeigt eine Glühlampe. Der Sockel ist im Querschnitt dargestellt, so daß man den Weg des elektrischen Stroms verfolgen kann. Der Glühfaden ist ein ganz feiner, spiralförmiger Draht. Wenn er von einem elektrischen Strom durchflossen wird, wird er so heiß, daß er hell glüht.

Ein Bügeleisen funktioniert ganz ähnlich wie eine Glühlampe: Die Elektrizität fließt durch einen dünnen Draht und lädt dabei Energie ab. Der Heizdraht im Bügeleisen ist aber länger und nicht so dünn wie der der Glühlampe. Darum wird er nicht so heiß und leuchtet nicht.

Ein Heizdraht befindet sich in noch vielen anderen elektrischen Geräten: in elektrischen Öfen, im Heizlüfter, im Elektroherd, im Tauchsieder, in der Kaffeemaschine, im Fön, im Toaster, im Warmwasserbereiter, in der Waschmaschine, im Wäschetrockner . . .

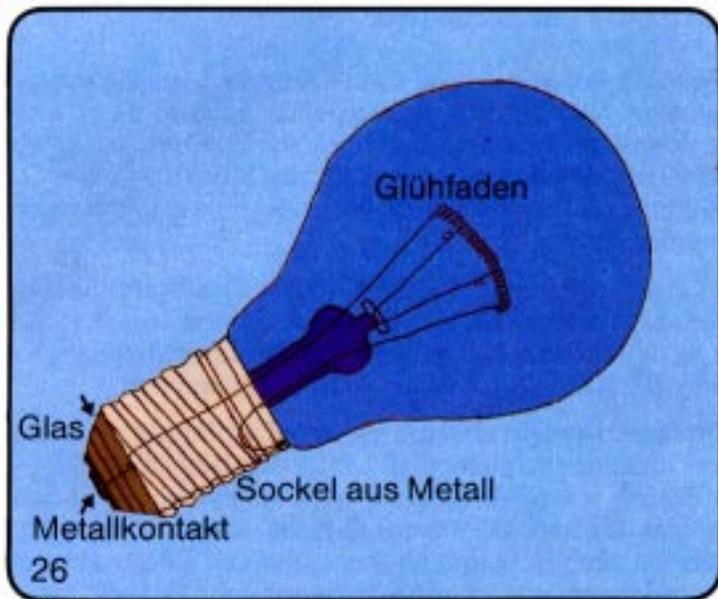
Bei einigen dieser Geräte kann man den Heizdraht von außen sehen, Bild 27.

**Zusammenfassung:** Fließt durch einen dünnen Draht ein elektrischer Strom, so wird der Draht warm. Der elektrische Strom lädt im Draht Energie ab.

Ergänzung E 6 auf Seite 55.

### Aufgaben

1. Beschreibe den Weg des elektrischen Stroms in einer Glühlampe.
2. Versuche, bei einigen Haushaltsgeräten herauszufinden, wo der Heizdraht sitzt.

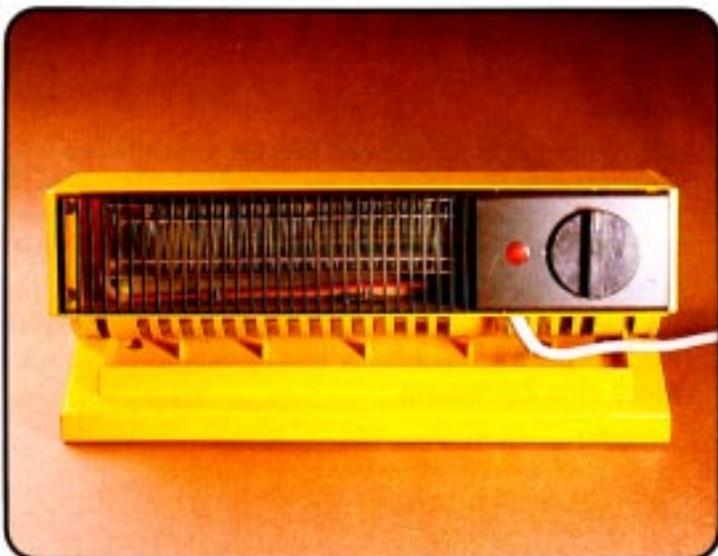


### 5.10 Die Fahrradbeleuchtung

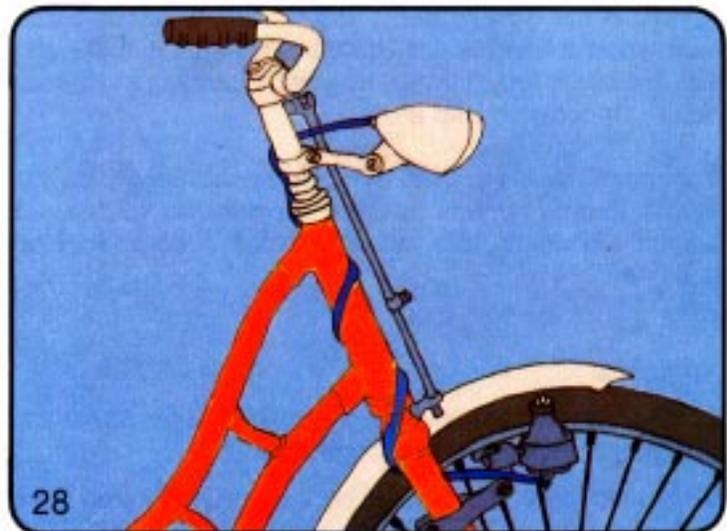
Die Energiequelle für die Fahrradbeleuchtung ist der Dynamo. Er wird durch eines der beiden Räder des Fahrrads angetrieben.

Untersuche, wie bei deinem Fahrrad Dynamo und Lampe miteinander verbunden sind. Du wirst feststellen, daß es nicht zwei Drähte gibt, sondern nur einen, Bild 28. Es sieht so aus, als wäre hier die Elektrizität ein Einwegflaschen-Energieträger. Das kann aber nicht sein.

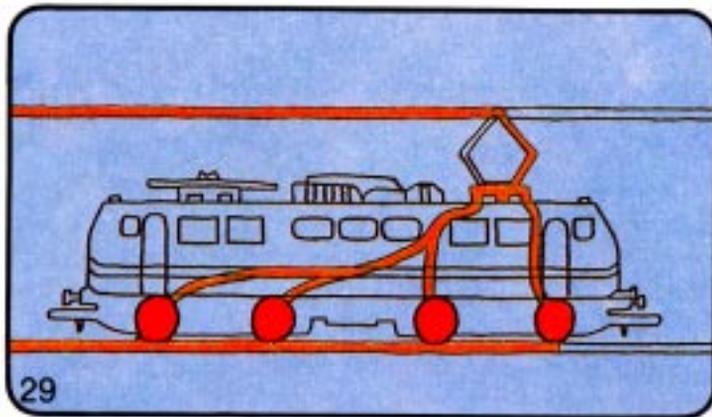
Um der zweiten Verbindung auf die Spur zu kommen, montieren wir die Lampe von ihrer Halterung ab, ohne aber den Draht, der zum Dynamo führt, zu lösen. Wenn jetzt der Dynamo angetrieben wird, brennt die Lampe nicht. Erst wenn das Lampengehäuse die Halterung berührt, leuchtet sie auf. Lampengehäuse und Fahrradrahmen bilden also die gesuchte zweite Verbindung. Bild 28 zeigt den Weg des elektrischen Stroms.



Heizdraht im Heizlüfter



Einwegflaschen-Energieträger? Das kann nicht sein.



Im Auto ist es ganz genauso. Zu jedem elektrischen Energieempfänger, d. h. zu den Scheinwerfern, Rücklichtern, zum Scheibenwischermotor usw. führt nur ein einziger isolierter Draht. Die zweite Leitung bildet das Fahrgestell und die Karosserie des Autos.

Auch bei der Straßenbahn und der elektrischen Eisenbahn spart man eine der beiden Leitungen ein. Die eine Leitung ist die Oberleitung, als zweite Leitung werden die Schienen benutzt, Bild 29.

**Zusammenfassung:** Eine der beiden Leitungen, die zur Fahrradlampe führen, ist der Fahrradrahmen. Eine der beiden Leitungen, die zur Elektrolok führen, sind die Schienen.

### Aufgaben

1. Warum sind Fahrraddynamo und -lampe nur durch einen einzigen Draht verbunden?
2. Nenne weitere Beispiele, bei denen Quelle und Empfänger durch nur einen Draht verbunden sind. Wo befindet sich jeweils die zweite Leitung?

### 5.11 Das elektrische Netz

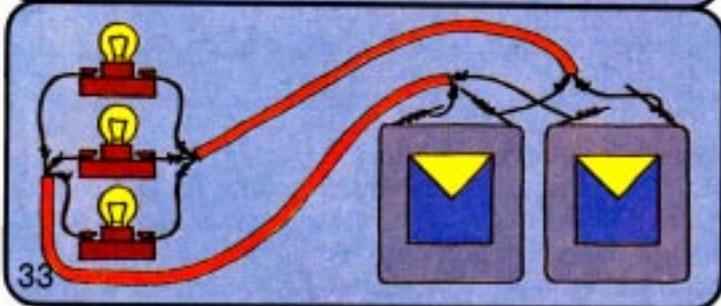
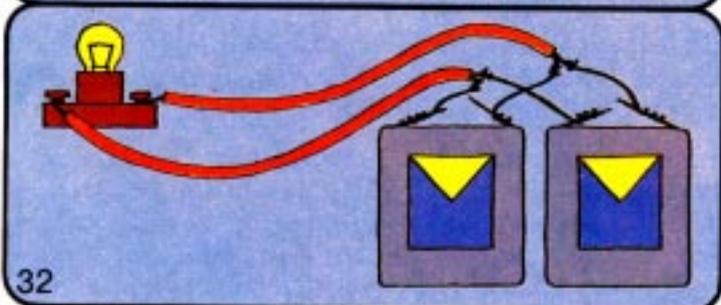
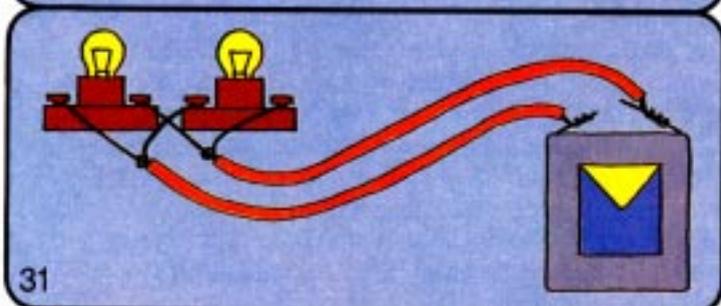
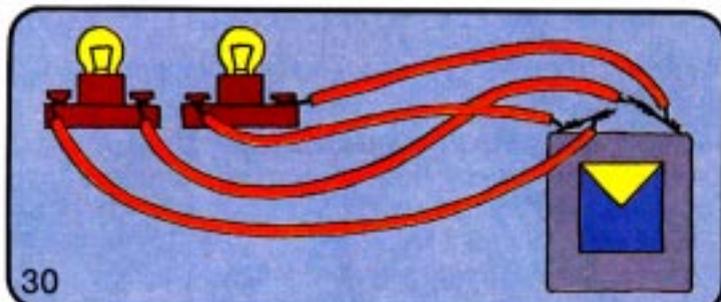
An eine Batterie sollen zwei Lämpchen angeschlossen werden. Bild 30 zeigt, wie man das machen kann. Hier wurde aber Draht verschwendet. Auf Bild 31 siehst du, wie ein Teil der Leitungen, nämlich das Stück zwischen der Batterie und der Gabelung, für beide Lampen gemeinsam verwendet wurde.

Wie man mehrere Empfänger an eine Quelle anschließen kann, ist es auch möglich, einen Empfänger an mehrere Quellen anzuschließen, Bild 32. Die Batterien teilen sich hier die Arbeit, sie werden nicht so schnell leer.

Natürlich kann man auch mehrere Empfänger an mehrere Quellen anschließen, Bild 33. So wie Bild 33 ist im Prinzip auch unser elektrisches Netz aufgebaut. Alle Kraftwerke des Landes sind durch Kabel sowohl untereinander als auch mit allen Häusern und den Empfängern in den Häusern verbunden. Überlege dir die Vorteile, die so ein Verbundnetz hat.

### Aufgaben

1. Wenn man drei elektrische Geräte anschließen will, aber nur eine Steckdose in der Wand hat, kann man an die Wandsteckdose zunächst eine Dreifach-Steckdose und dann an diese die drei Geräte anschließen. Wie ist die Dreifach-Steckdose aufgebaut?
2. An den Heizkessel einer Zentralheizung sind mehrere Heizkörper angeschlossen. Wie verlaufen die Rohre? Mach eine Zeichnung.



## 5.12 Elektrizität kostet nichts

Jedes Haus hat einen sogenannten Stromzähler (Bild 9, Seite 10). Der Zähler wird regelmäßig abgelesen, und wir bekommen eine „Stromrechnung“ zugeschickt. Diese Rechnung müssen wir bezahlen.

Wir bezahlen damit eine Ware, die uns das Kraftwerk geliefert hat. Welche Ware ist das eigentlich?

Der elektrische Strom kann es nicht sein; schon eher das was strömt, nämlich die Elektrizität. (Wenn wir die Wasserrechnung bekommen, bezahlen wir ja auch nicht den Wasserstrom, sondern das Wasser).

Bezahlen wir wirklich die Elektrizität? Hat uns das Kraftwerk Elektrizität geliefert? Eine Ware liefern heißt doch, daß die Ware zu uns gebracht wird und daß wir sie dann behalten. Für die Elektrizität trifft das aber nicht zu. Du weißt, daß wir die Elektrizität nicht behalten. Wir laden nur die Energie von ihr ab und schicken sie zum Kraftwerk zurück. (Elektrizität ist ein Pfandflaschen-Energie-träger). Was wir behalten, ist nicht die Elektrizität, sondern die Energie, und diese bezahlen wir auch.

**Zusammenfassung:** Der „Stromzähler“ mißt die Energie, die das Kraftwerk liefert.

### Aufgaben

1. Sieh dir den „Stromzähler“ in eurem Haus genau an. Wie kann man erkennen, ob gerade viel oder wenig Energie verbraucht wird?
2. Wie stellt man fest, wieviel Energie in einem Monat verbraucht wurde?

### E 1 Heizen mit Gas und Heizen mit Strom

Die beiden Männer auf der Abbildung verstehen einander offensichtlich, obwohl sie sich nicht ganz korrekt ausdrücken.

Wir wollen uns ihre Sätze etwas genauer ansehen. Gefragt haben beide nach dem Träger, mit dem sie die Energie zum Heizen des Hauses bekommen. Der eine antwortet „mit Gas“. Er meint natürlich nicht irgendein Gas, also nicht Luft oder Kohlenstoffdioxid, sondern Erdgas. Der andere antwortet: „mit Strom“. Er meint natürlich nicht irgendeinen Strom, also keinen Erdgasstrom und erst recht keinen Wasserstrom, sondern einen elektrischen Strom.



### E 2 Vor- und Nachteile des Energieträgers Elektrizität

Die Benutzung der Elektrizität als Energieträger hat den Menschen viele Erleichterungen gebracht.

Früher war bei vielen Tätigkeiten der Mensch selbst Energielieferant: beim Wäschewaschen, Kaffeemahlen, Brotschneiden, Kehren und Nähen. Heute benutzt man Geräte mit einem Elektromotor. Der Elektromotor bekommt seine Energie mit der Elektrizität.

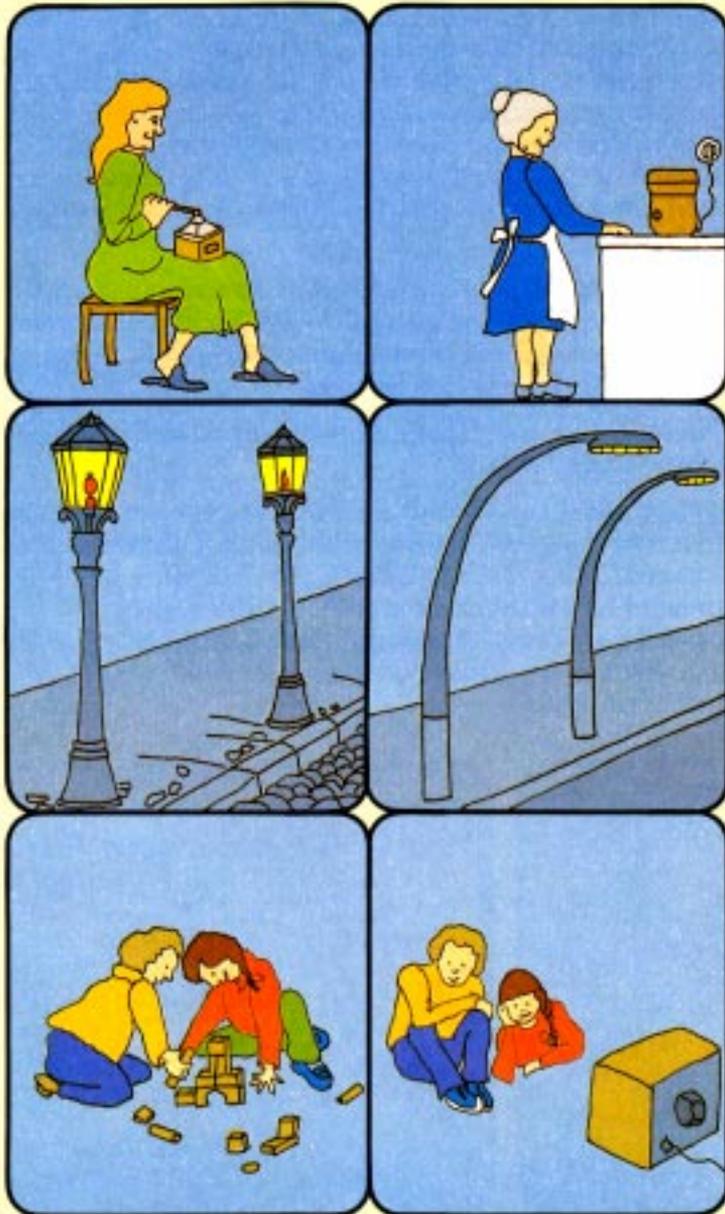
Zu anderen Zwecken benutzte man früher Energieträger, die unpraktischer waren als die Elektrizität. Zur Beleuchtung etwa wurden Kerzen, Petroleumlampen und später Gaslampen verwendet. Energieträger waren hier Wachs, Petroleum und Leuchtgas. Die Nachteile dieser Lichtquellen liegen auf der Hand. In Fabriken wurde die Energie mit Treibriemen zu den Maschinen getragen. Die Treibriemen brauchten viel Platz, sie nutzten sich ab, und das Ein- und Ausschalten der Maschinen war kompliziert.

Wir benutzen heute auch viele Geräte, die man mit anderen Energieträgern als der Elektrizität gar nicht bauen könnte: Radioapparat, Fernseher, Telefon.

Hinzu kommt, daß die Elektrizität ein sehr umweltfreundlicher Energieträger ist. Vergleiche etwa einen elektrischen Rasenmäher mit einem Benzinrasenmäher. Der Benzinrasenmäher macht Lärm und gibt Abgase (= den leeren Energieträger) ab. Der elektrische Rasenmäher läuft ruhig, und es entsteht kein Abfall, der leere Energieträger fließt ja zum Kraftwerk zurück.

Allerdings hat die Elektrizität nicht nur Vorteile.

Wenn man im Kraftwerk die Energie einmal auf die Elektrizität geladen hat, so ist es sehr schwer (und teuer), die Energie zu speichern, sie muß sofort verbraucht werden. Mit anderen Worten: die Kraftwerke dürfen immer nur so viel Energie abgeben, wie gerade gebraucht wird. Wenn



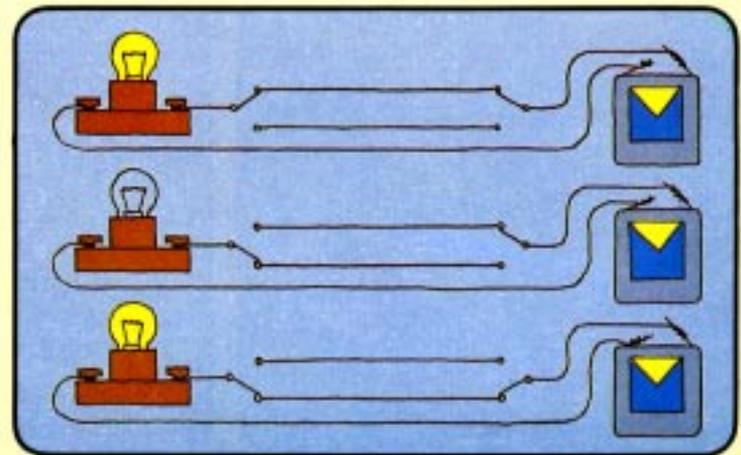
gerade wenig Energie gebraucht wird, können die Kraftwerke nicht auf Vorrat arbeiten, einige Kraftwerke müssen abgeschaltet werden, sie stehen nutzlos herum.

Ein weiterer Nachteil ist, daß in Kraftwerken beim Umladen der Energie von der Kohle, vom Öl oder vom Uran auf die Elektrizität 2/3 der Energie verloren geht. Außerdem geht noch Energie beim Transport vom Kraftwerk zu den Empfängern verloren.

Daß elektrische Geräte umweltfreundlich sind, ist auch nur die halbe Wahrheit, denn Abgase und andere Schadstoffe entstehen jetzt an einer anderen Stelle, nämlich im Kraftwerk.

### E 3 Die Wechselschaltung

Oft möchte man eine Lampe von zwei verschiedenen Stellen aus ein- und ausschalten können. Mit gewöhnlichen Schaltern ist das nicht zu erreichen. Man braucht dazu Wechselschalter. Das Bild zeigt, wie der entsprechende Stromkreis aussieht.



#### E 4 Elektrizität kann man abfüllen

Wenn Wasser durch ein Rohr fließt, haben wir einen Wasserstrom vor uns. Wasser in einem Eimer ist dagegen kein Wasserstrom, sondern unbewegtes Wasser.

Wenn Elektrizität durch einen Draht fließt, haben wir einen elektrischen Strom vor uns. Kann man auch Elektrizität in einem Behälter sammeln, in dem sie ruht, so wie das Wasser im Eimer?

Tatsächlich kann man das. Als Behälter nimmt man einen Metallgegenstand, z. B. eine Metallkugel. Diese braucht nicht hohl zu sein wie der Wassereimer, denn die Elektrizität hält sich im Metall auf, nicht in irgendeinem Hohlraum. Die Metallkugel muß einen Griff haben, der den elektrischen Strom nicht leitet. Sonst könnte die Elektrizität über den Griff abfließen.

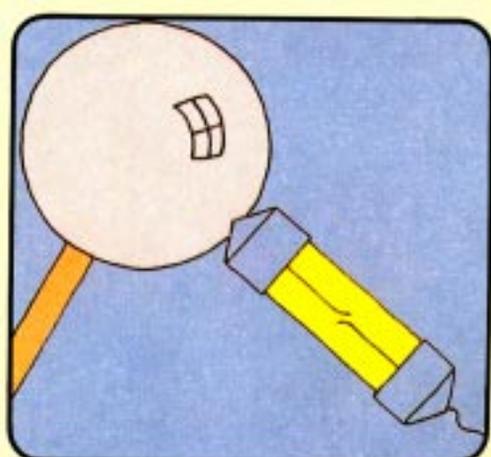
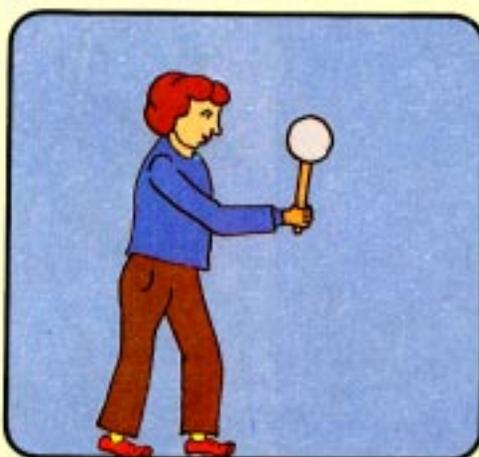
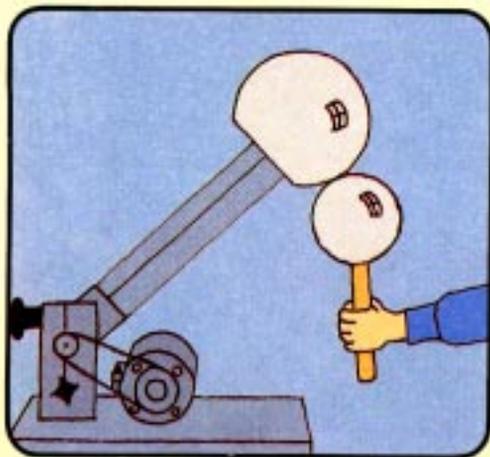
Um Elektrizität auf die Metallkugel zu bringen, könnte man sie mit dem einen Pol einer Batterie verbinden. Auf diese Art fließt aber nur sehr wenig Elektrizität auf die Kugel. Mehr Elektrizität bekommt man mit einem Bandgenerator auf die Kugel.

Berührt man den Bandgenerator für kurze Zeit mit der Kugel, so fließt Elektrizität auf die Kugel, linkes Bild. Man kann nun die Elektrizität, die auf der Kugel sitzt, herumtragen, mittleres Bild. Um zu sehen, daß sie noch darauf sitzt, berührt man die Kugel mit einem Glimmlämpchen. Die Elektrizität fließt über das Glimmlämpchen zur Erde ab. Dabei leuchtet es kurz auf, rechtes Bild.

Ob sich auf der Kugel Elektrizität befindet, kannst du auch dadurch feststellen, daß du die Kugel mit dem Finger berührst. Du bekommst dann einen leichten (ungefährlichen) elektrischen Schlag.

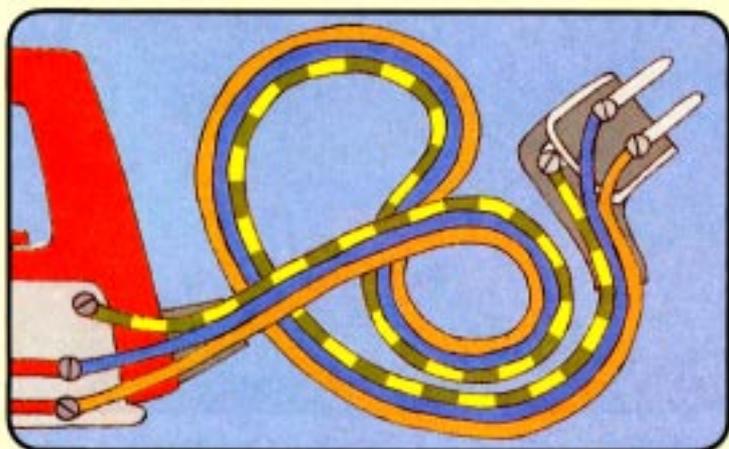
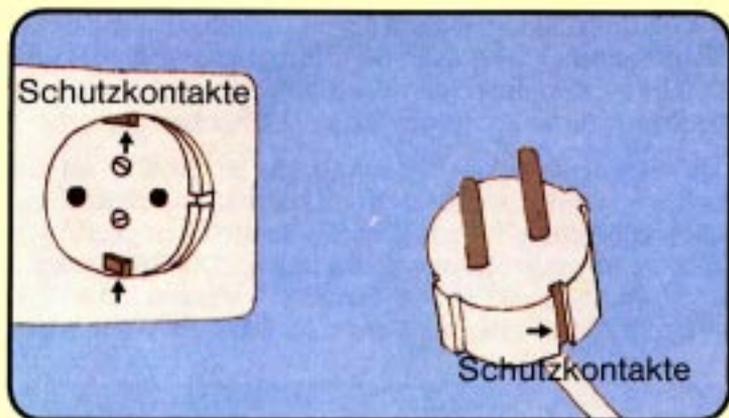
Die Kugel ist also für die Elektrizität dasselbe wie der Eimer für das Wasser.

Wenn du längere Zeit auf einer bestimmten Art Teppichboden herumgehst, sammelst du auch Elektrizität auf. Du wirst „elektrisch geladen“. Berührst du nun einen anderen Gegenstand, etwa eine Türklinke, so bekommst du einen elektrischen Schlag. Durch deine Hand fließt ein elektrischer Strom zur Türklinke und von der Türklinke zur Erde.



### E 5 Der Schutzleiter

Die beiden Löcher einer Steckdose sind die Anschlüsse für die Hin- und die Rückleitung der Elektrizität. Außerdem hat die Steckdose aber noch einen dritten Anschluß, den Schutzkontakt. (Es sind zwei Metallbügel, die jedoch innerhalb der Steckdose miteinander verbunden sind. Sie bilden deshalb nur einen Kontakt.) Der Schutzkontakt der Steckdose ist über einen Draht mit der Erde



verbunden. Viele elektrische Geräte haben ein Kabel mit drei Drähten und einen Stecker mit zwei Stiften und einem doppelten Schutzkontakt. Der dritte Draht, der Schutzleiter, läuft vom Schutzkontakt des Steckers zum Gehäuse des Geräts. Das Gehäuse ist also über den Schutzleiter mit der Erde verbunden.

Wenn im Gerät einer der Pole unbeabsichtigt an das Gehäuse kommt, fließt die Elektrizität über den Schutzleiter zur Erde ab. Man bekommt keinen Schlag.

### E 6 Der elektrische Strom bringt einen Draht zum Glühen

Verbinde die beiden Pole einer Monozelle mit den Enden eines kurzen, sehr dünnen Drähtchens, etwa so wie es das Bild zeigt. Das Drähtchen beginnt zu glühen.

Draht, der genügend dünn ist, erhältst du, wenn du ein Stück Kupferlitze auseinanderziehst. Die Adern der Litze bestehen aus sehr vielen dünnen Kupferfäden. (Litze hat gegenüber einem dicken Draht den Vorteil, daß sie leicht biegsam ist.)



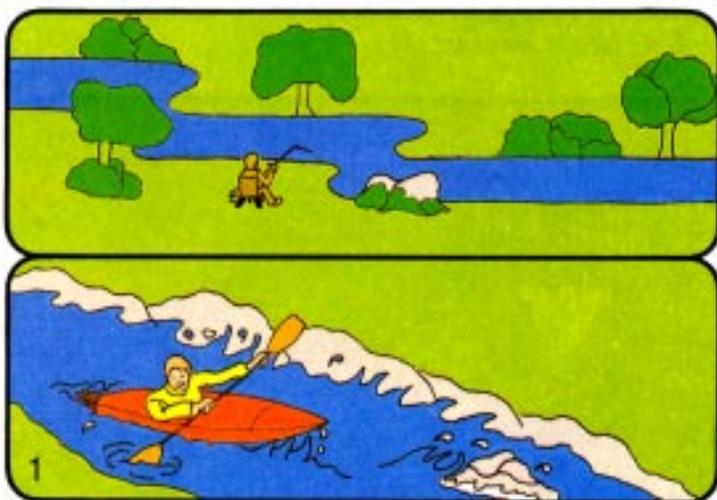
## 6. Ströme von Energie und von Energieträgern

### 6.1 Die Stromstärke

Es kommt vor, daß man zwei Ströme, z. B. zwei Wasserströme, miteinander vergleichen will. So kann man fragen: „Welcher der beiden Ströme ist breiter?“, oder „Welcher der beiden fließt schneller?“. Auf Bild 1 ist der obere Wasserstrom breiter als der untere, aber der untere ist schneller. Oft interessiert man sich weder für die Breite, noch für die Geschwindigkeit, sondern für die Stromstärke.

Die Stromstärke eines Wasserstroms gibt an, wieviel Liter Wasser an irgendeiner Stelle in einer Sekunde vorbeifließen. So fließen im Rhein bei Karlsruhe in jeder Sekunde etwa 1500 000 l vorbei. Würde man eine Mauer durch den Rhein ziehen, so müßte man pro Sekunde 1500 000 l Wasser über die Mauer schöpfen, damit der Rhein ruhig weiter fließt. Man sagt, die Stromstärke des Rheins beträgt 1500 000 l pro Sekunde, oder abgekürzt, 1500 000 l/s.

Die Stärke des Autostroms auf der einen Seite einer Autobahn beträgt etwa ein Auto pro Sekunde.

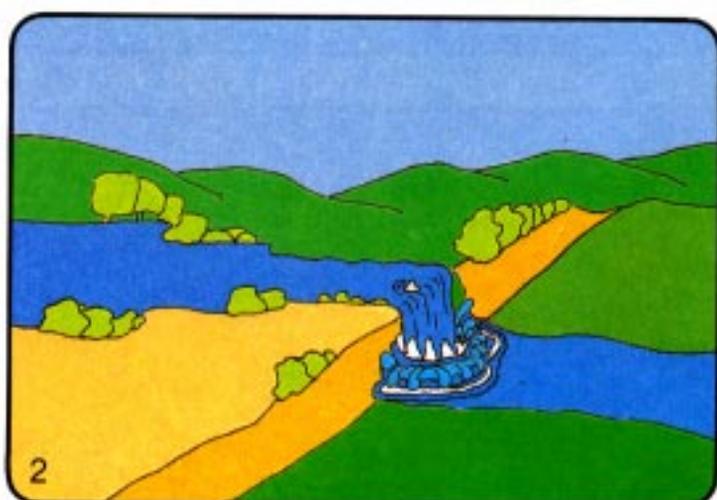


Wasserströme können verschieden breit und verschieden schnell sein.

Man verwechselt leicht die Stärke eines Stroms mit seiner Geschwindigkeit. Der Fluß auf Bild 2 hat überall dieselbe Stromstärke. Wenn links in einer Sekunde 1000 l fließen, so müssen auch an der engen Stelle in der Mitte des Bildes und im Wasserfall in einer Sekunde 1000 l strömen, denn zwischen Baum und Wasserfall ist weder Wasser verschwunden noch ist welches hinzugekommen. An der engen Stelle ist der Strom schmäler und schneller als an der breiten, die Stromstärke ist aber dieselbe.

Der Fluß auf Bild 3 hat nicht überall dieselbe Stromstärke. Wenn seine Stärke vor der Einmündung des Bachs 1000 l/s ist, und durch den Bach 100 l/s zufließen, so muß die Stromstärke rechts am Baum 1100 l/s betragen.

„Die Stromstärke des Wasserstroms ist groß“ – ist ein recht umständlicher Satz. Oft macht man es sich leichter, indem man einfach sagt: „Der Wasserstrom ist groß“. Mit „Ein Strom ist groß“, meint man also, „Die Stromstärke des Stroms ist groß“. In Bild 2 können wir sagen: „Der Wasserstrom ist beim Baum genauso groß wie im Wasserfall.“

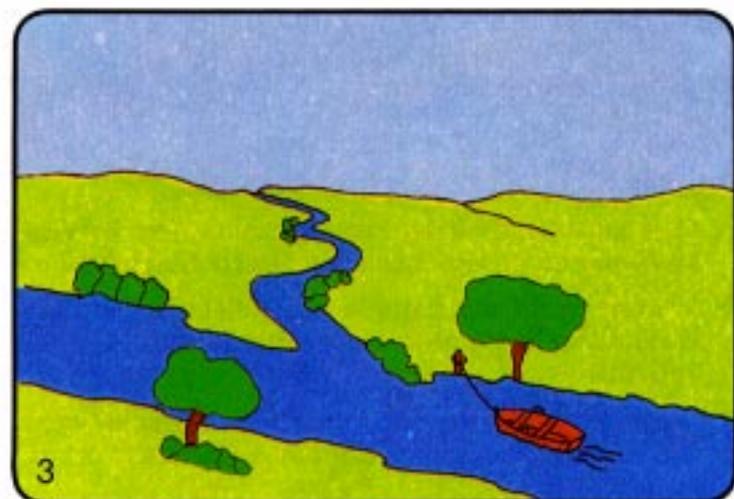


Die Wasserstromstärke ist an jeder Stelle des Flusses dieselbe.

**Zusammenfassung:** Die Wasserstromstärke gibt an, wieviel Liter Wasser in einer Sekunde an irgendeiner Stelle vorbeifließen. Die Autostromstärke gibt an, wieviel Autos in einer Sekunde an irgendeiner Stelle vorbeifahren.

### Aufgaben

1. Worin können sich zwei Wasserströme unterscheiden?
2. Was drückt die Stromstärke a) eines Wasserstroms, b) eines Autostroms aus?
3. Miß die Stärke des Wasserstroms, der aus einem vollständig geöffneten Wasserhahn herauskommt.
4. Warum ist die Stärke des Wasserstroms an jeder Stelle des Flusses in Bild 2 dieselbe?
5. Eine Badewanne, die 120l faßt, läuft in 10 Minuten voll. Wie groß ist die Stärke des Wasserstroms, der in die Badewanne fließt?



Vor der Einmündung ist die Stromstärke kleiner als dahinter.

## 6.2 Der Energiestrom

Was ist teurer: Wenn man vergißt, die Backröhre des Elektroherdes auszuschalten, oder wenn man vergißt, eine Glühlampe auszuschalten? Ganz klar, den Elektroherd eingeschaltet zu lassen, ist viel teurer. Er braucht ja mehr Energie.

Ein Herd braucht mehr Energie als eine Lampe? Irgendetwas an diesem Satz kann nicht stimmen. Wenn der Herd eine Stunde lang gelaufen ist, die Lampe aber einen Monat lang, so hat die Lampe bestimmt mehr Energie gebraucht. Ein Gerät braucht nämlich umso mehr Kilojoule, je länger es eingeschaltet ist. Wenn du eine Glühlampe zwei Stunden brennen läßt, braucht sie doppelt soviel wie in einer Stunde.

Was bedeutet es dann aber, wenn man sagt, ein Elektroherd brauche mehr Energie als eine Lampe? Ohne es ausdrücklich zu sagen, meint man: Der Herd braucht mehr Energie als die Lampe, wenn er genauso lange eingeschaltet ist, wie die Lampe. Der Herd braucht in einer Sekunde 2000 J, die Lampe braucht in einer Sekunde 100 J.

Das kann man auch so ausdrücken: Der Energiestrom, der in den Herd fließt, beträgt 2000 Joule pro Sekunde, und der Energiestrom, der in die Lampe fließt, beträgt 100 Joule pro Sekunde. Der Herd braucht also 20mal so viel wie die Lampe.

Auf vielen Geräten, die Energieempfänger sind, ist der Energiestrom, oder der „Energieverbrauch“, angegeben. Da die Maßeinheit „Joule pro Sekunde“ (abgekürzt J/s) so oft vorkommt, hat man ihr einen eigenen Namen gegeben: Watt.

Diese Maßeinheit ist dir sicher schon begegnet. Sie ist auf die meisten elektrischen Geräte aufgedruckt, Bild 4. Steht auf einem Staubsauger „500 W“, so bedeutet das: Wenn der Staubsauger eingeschaltet ist, fließen in den Staubsauger durch das Kabel in jeder Sekunde 500 J hinein.



Die Wattzahl gibt den Energiestrom an, der in das Gerät hineinfließt.

Bei großen Wattzahlen benutzt man das Kilowatt (kW):  
 $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$  und bei noch größeren das Megawatt (MW):  
 $1 \text{ MW} = 1000 \text{ kW} = 1000000 \text{ W}$ .

**Zusammenfassung:** Die Stärke des Energiestroms wird in Watt gemessen. Watt ist eine Abkürzung für Joule pro Sekunde.

Ergänzungen E 1 und E 2 auf Seite 62.

### Aufgaben

1. Warum wird auf elektrische Geräte eine Wattzahl und nicht eine Joulezahl aufgedruckt?
2. Eine Glühlampe braucht in 10 Sekunden 1000 Joule. Eine Herdplatte braucht dieselbe Energiemenge in einer Sekunde. Wie groß ist die Stärke des Energiestroms, der a) in die Glühlampe, b) in die Herdplatte fließt?
3. Wie lange brennt eine 2 W-Lampe, wenn man sie a) an eine volle Taschenlampenbatterie, b) an einen vollen Autoakku anschließt? (Die Taschenlampenbatterie enthält 10 kJ, der Akku 2000 kJ.)

### 6.3 Energieströme im Haushalt

Der Energiestrom, der in elektrische Haushaltsgeräte fließt, ist sehr unterschiedlich. Auf Bild 5 ist er für einige Geräte angegeben. Bei genauer Betrachtung des Bildes kannst du eine Regel finden.

Die meiste Energie brauchen Geräte, die irgendetwas heizen: Der Heißwasserbereiter, der Wäschetrockner, der Herd, der Elektroofen, der Geschirrspüler. Weniger Energie brauchen Geräte, in denen etwas bewegt wird oder die zur Beleuchtung dienen: Wäscheschleuder, Staubsauger, Rasierapparat, Lampen. Und viel weniger Energie brauchen elektronische Geräte, wie der Taschenrechner oder die elektrische Armbanduhr.

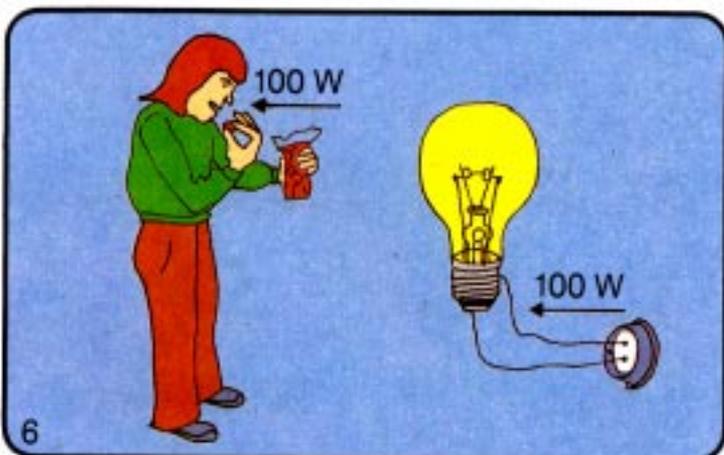
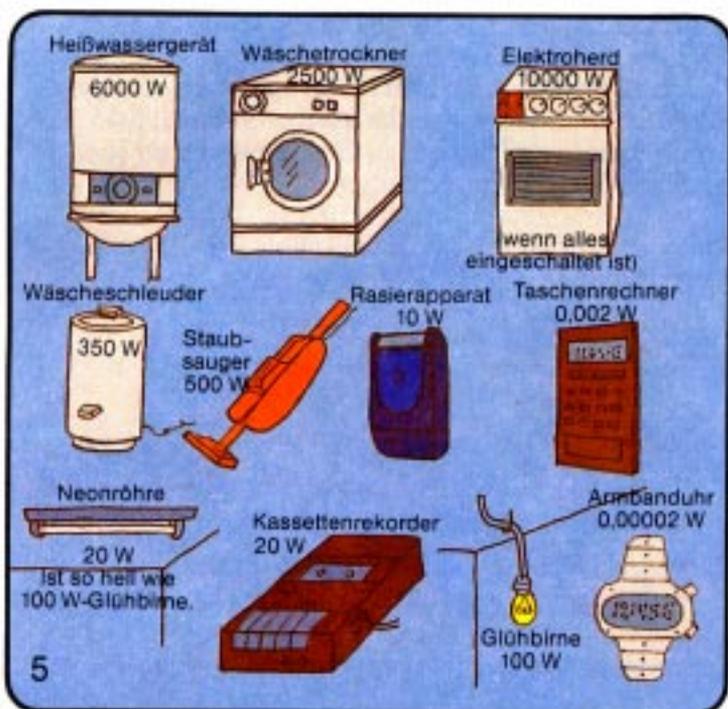
Willst du Energie sparen, so achte vor allem darauf, daß die „Heizgeräte“ nicht unnötig laufen.

**Zusammenfassung:** Geräte, die heizen, brauchen viel Energie, Geräte die etwas bewegen oder die beleuchten, brauchen weniger, elektronische Geräte brauchen sehr wenig Energie.

Ergänzung E 3 auf Seite 62.

### Aufgaben

1. Sieh nach, wie groß der Energiestrom ist, der bei euch zu Hause in die verschiedenen Geräte hineinfließt.
2. Warum reicht die Batterie einer elektrischen Armbanduhr so lange, obwohl sie nur sehr wenig Energie enthält?
3. Welche elektrischen Geräte muß man möglichst wenig laufen lassen, wenn man Energie sparen will?



Ein Mensch verbraucht ungefähr so viel Energie wie eine Glühlampe.

## 6.4 Der Energieverbrauch des Menschen

Die Energie, die der Mensch zum Leben braucht, bekommt er mit dem Essen. Wie groß ist der Energiestrom, der mit dem Essen in den Menschen hineinfließt? Wieviel Energie braucht der Mensch pro Sekunde?

Das hängt sicher davon ab, was er macht, ob er zum Beispiel eine anstrengende Wanderung macht oder im Sessel sitzt und in den Fernseher guckt. Man kann aber danach fragen, wie groß der Energieverbrauch des Menschen im Durchschnitt ist.

Diesen durchschnittlichen Energiestrom können wir ausrechnen. Wir wissen, daß der Mensch pro Tag etwa 10 000 kJ braucht oder 10 000 000 J. Ein Tag hat 86 400 Sekunden. Damit braucht der Mensch durchschnittlich in einer Sekunde

$$10\,000\,000\text{ J} : 86\,400 \approx 116\text{ J.}$$

Abgerundet sind das 100 J.

Der durchschnittliche Energieverbrauch des Menschen ist also 100 J pro Sekunde, oder 100 W. Das ist so viel wie der Energieverbrauch einer starken Glühlampe.

Bisher haben wir nur die Energie berücksichtigt, die der Mensch beim Essen aufnimmt. Er braucht aber außerdem noch Energie zum Heizen, und für die verschiedensten Haushaltsgeräte. Außerdem wird in Industrie, Landwirtschaft und Verkehr noch viel Energie verbraucht. Auf einen Bewohner der Bundesrepublik kommen so insgesamt etwas mehr als 5 kW.

**Zusammenfassung:** Mit dem Essen nimmt der Mensch im Durchschnitt einen Energiestrom von 100 W auf. Der Energieverbrauch in Haushalt, Industrie, Landwirtschaft und Verkehr beträgt pro Kopf etwa 5 kW.

Ergänzungen E 4 bis E 6 auf Seite 62f.

## 6.5 Die Stärke des elektrischen Stroms

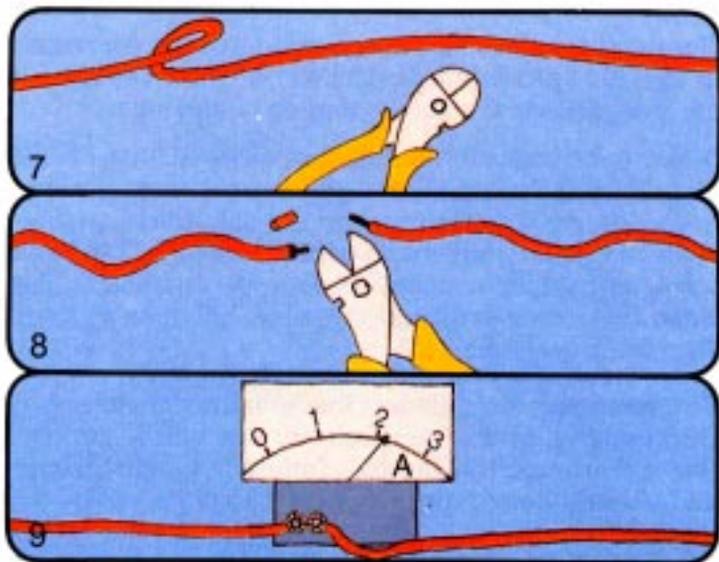
Wir haben gelernt, daß man die Stärke des Energiestroms in Watt mißt. Auch die Energieträgerströme haben Maßeinheiten. Die meisten davon kannst du wahrscheinlich selbst angeben.

Wasser-, Hydrauliköl-, Benzin- oder Heizölströme mißt man in Liter pro Sekunde (l/s).

Ströme von Kohle oder von Nahrungsmitteln kann man in Kilogramm pro Sekunde (kg/s) messen.

Nur für den elektrischen Strom fehlt uns noch die Maßeinheit. Sie heißt Ampere, abgekürzt A. Fließt durch einen Draht viel Elektrizität pro Sekunde, so ist die Ampere-Zahl groß, fließt wenig, so ist sie klein.

Zur Messung der elektrischen Stromstärke in einem Draht benutzt man ein Amperemeter. Der Umgang mit einem Amperemeter ist sehr leicht.



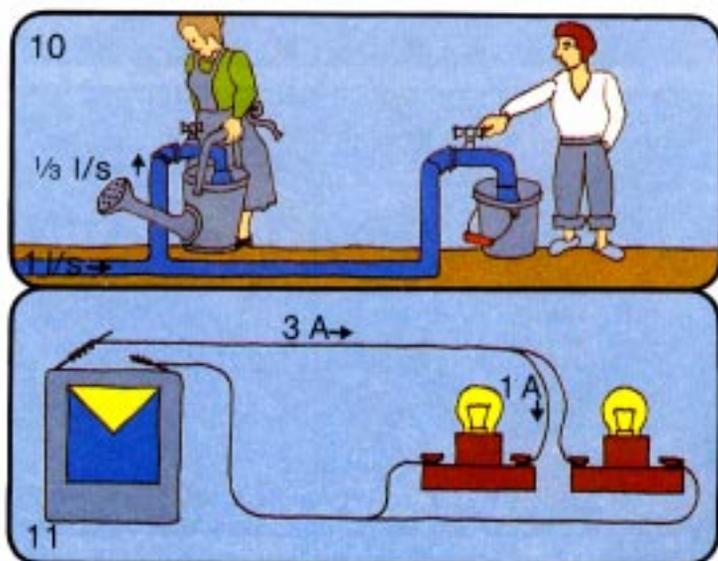
Die Stärke des Stroms, der durch den Draht in Bild 7 fließt, soll gemessen werden. Trenne den Draht durch. Es entstehen zwei neue Enden, Bild 8. Verbinde diese Enden mit den beiden Anschlüssen des Amperemeters, Bild 9. Die Elektrizität fließt jetzt durch das Amperemeter hindurch und die Stromstärke wird angezeigt.

**Zusammenfassung:** Die Maßeinheit für die Stärke des elektrischen Stroms ist das Ampere.

Ergänzung E 7 auf Seite 63.

### Aufgaben

1. Wie groß ist die Wasserstromstärke am rechten Wasserhahn in Bild 10?
2. Wie groß ist die elektrische Stromstärke durch das rechte Lämpchen in Bild 11? (Hilfe: Ergänzung E 7)



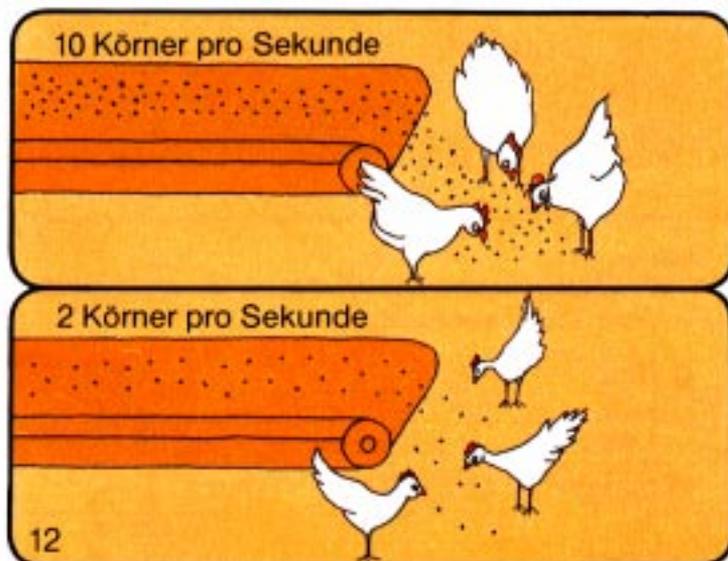
## 6.6 Viele Träger tragen viel

Vergleiche die drei Bilder 12, 13 und 14. Sie haben etwas gemeinsam. In jedem Bild fließt oben ein großer Trägerstrom und unten ein kleiner. Das hat jedesmal zur Folge, daß oben auch ein großer Energiestrom fließt und unten ein kleiner. Je größer der Strom des Energieträgers ist, desto größer ist der Energiestrom.

Man kann also den Energiestrom dadurch größer und kleiner machen, daß man den Strom des Energieträgers größer und kleiner macht.

Man kann aber den Energiestrom noch auf eine zweite Art groß und klein machen. Wie, das wirst du im 7. Kapitel sehen.

**Zusammenfassung:** Man kann den Energiestrom größer oder kleiner machen, indem man den Strom der Energieträger größer oder kleiner macht.



### E 1 Leistung = Energiestrom

Statt Energiestrom benutzt man oft das Wort „Leistung“. Man sagt: „Die Glühlampe hat eine Leistung von 100 W“. Diese Ausdrucksweise ist aber nicht sehr glücklich gewählt. Zwei Geräte derselben Wattzahl können nämlich sehr unterschiedlich viel leisten. So gibt eine 40W-Leuchtröhre fünfmal so viel Licht ab wie eine 40W-Glühlampe. Wir bleiben deshalb lieber bei dem Ausdruck „Energiestrom“.

### E 2 Eine dritte Maßeinheit für die Energie

Am Zählwerk des „Stromzählers“ kann man ablesen, wieviel Energie in das Haus geflossen ist. Leider zeigt der Zähler die Energie nicht in der Maßeinheit J oder kJ an, sondern in Kilowattstunden, abgekürzt kWh. Eine Kilowattstunde stellt dieselbe Energiemenge dar wie 3600 kJ, also

$$1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ.}$$

Eine Kilowattstunde ist also eine große Energiemenge.

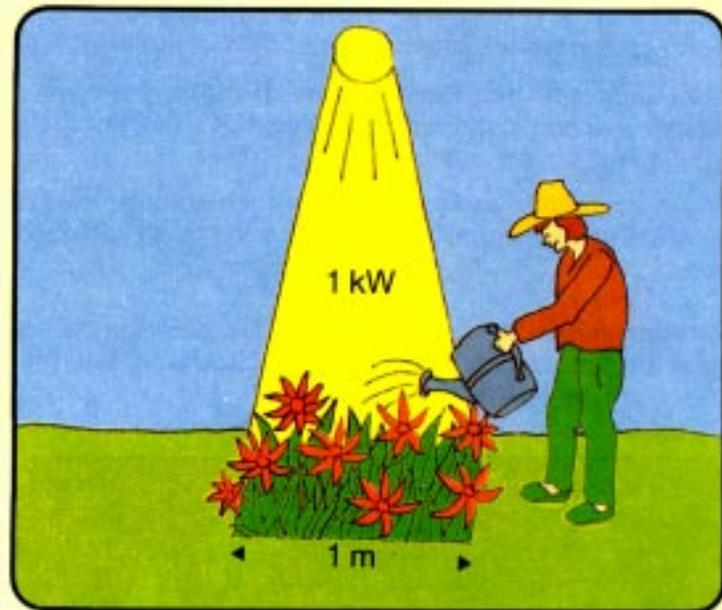
Verwechsele nicht die Maßeinheit Kilowatt für den Energiestrom mit Kilowattstunde für die Energie selbst!

Du hast damit schon drei Maßeinheiten für die Energie kennengelernt: kJ, kcal und kWh. Damit es keine Verwirrung gibt, wollen wir in diesem Buch nur eine einzige verwenden, das Kilojoule. Stell dir vor, man würde die Länge abwechselnd in Meter, Zoll und Elle messen.

### E 3 Der Energiestrom von der Sonne

Die Sonne schickt Energie zur Erde. Energieträger ist das Licht. Auf jeden Quadratmeter, der senkrecht von der Sonne beschienen wird, kommen pro Sekunde etwa 1000 J an, d. h. auf jeden Quadratmeter fließt ein Energie-

strom von 1000 W. Wenn man die Sonnenenergie nutzen will, muß man sie einfangen. Das ist nicht leicht. Der Sonnenschein kostet aber nichts, und er ist unerschöpflich. Deshalb lohnt es sich, darüber nachzudenken, wie man die Sonnenenergie einfangen kann.



### E 4 Der Energieverbrauch des Menschen und verschiedener Tiere beim Ruhen

Maus	0,2 W
Ratte	1,6 W
Kaninchen	6 W
Hund	25 W
Mensch	80 W
Stier	600 W
Elefant	2400 W

### E 5 PS und kW

PS (Pferdestärke) ist eine veraltete Maßeinheit für die Stärke des Energiestroms.

$$1 \text{ PS} = 0,734 \text{ kW.}$$

Du kannst dir merken, daß näherungsweise gilt  $1 \text{ PS} = 3/4 \text{ kW}$ . Teilt man den PS-Wert durch 4 und multipliziert mit 3, so erhält man den kW-Wert.

### E 6 Die kW-Angabe bei Autos

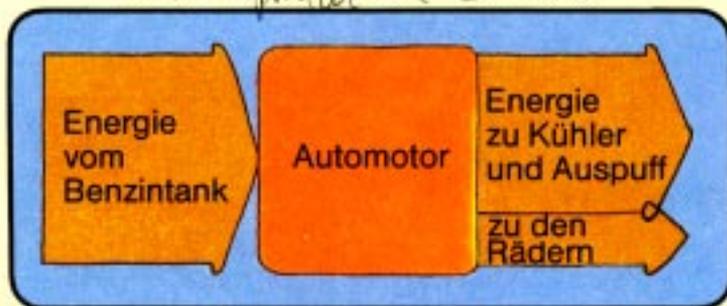
Ein großes Auto „hat“ 100 PS oder, was dasselbe ist, 73 kW. Was bedeutet das eigentlich? An der Maßeinheit siehst du, daß es sich um einen Energiestrom handelt.

Steht auf einer Glühlampe 100 W, so heißt das, die Lampe verbraucht pro Sekunde 100 J.

Man könnte denken, der 73 kW-Automotor verbrauche pro Sekunde 73 kJ. Das ist aber nicht richtig. Der Energieverbrauch des Motors ist viel größer. Drei Viertel davon gehen ungenutzt zum Kühler und zum Auspuff hinaus ins Freie.

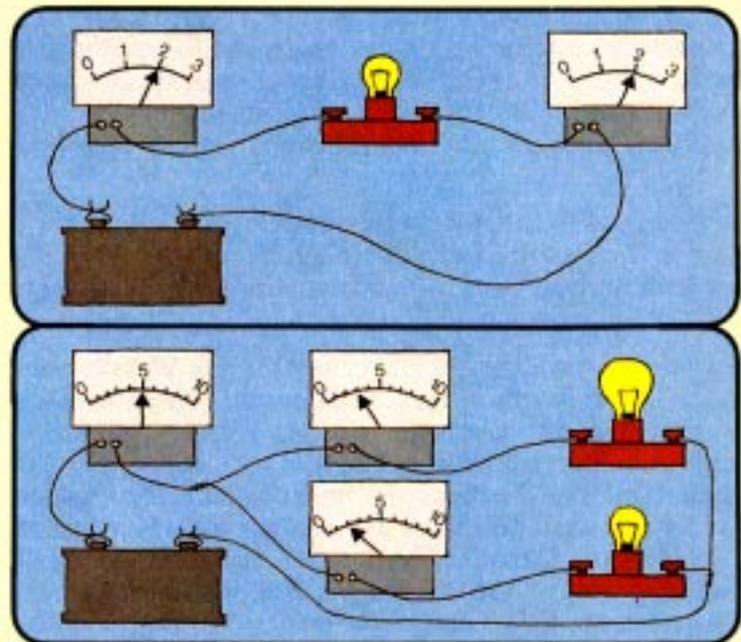
Nur das restliche Viertel gibt der Motor an die Räder weiter. Die Angabe von 73 kW bedeutet, daß der Energiestrom zu den Rädern maximal 73 kW betragen kann.

*Wodenspühl zu S. 136*



### E 7 Elektrizität geht nicht verloren

Mit Hilfe von zwei Amperemetern kann man zeigen, daß ein elektrisches Gerät keine Elektrizität verbraucht. Man mißt die elektrische Stromstärke vor und hinter dem Gerät. Beide Amperemeter zeigen genau dasselbe an. Die ganze Elektrizität, die in der einen Leitung von der Quelle zum Empfänger fließt, fließt durch die andere Leitung wieder zurück vom Empfänger zur Quelle.



Bei der Gabelung teilt sich der elektrische Strom, der vom Akku kommt. Ein Teil fließt zur kleinen, ein Teil zur großen Lampe. Um zu sehen wieviel, haben wir vor jede Lampe ein Amperemeter eingebaut. Das eine zeigt 2 A an, das andere 3 A. Zur Kontrolle haben wir noch ein Amperemeter vor die Gabelung gesetzt. Es zeigt selbstverständlich 5 A an.

# 7. Die Beladung des Energieträgers mit Energie

## 7.1 Wir transportieren Wasser

Vergiß die Energie einen Augenblick. Stell dir vor, es soll nicht Energie, sondern Wasser transportiert werden, und zwar von einem großen Faß in ein anderes.

Wir sind 17 Leute und transportieren das Wasser so, wie es Bild 1 zeigt. Jeder hat einen Becher in der Hand und jeder bleibt an seinem Platz. Derjenige, der dem vollen Faß am nächsten steht, schöpft mit seinem Becher Wasser aus dem Faß und reicht den Becher seinem Nachbarn weiter. Dieser gibt den Becher dem nächsten und so weiter. Der letzte in der Kette schüttet den Becher aus, in das zweite Faß. Die leeren Becher wandern durch eine zweite Kette zurück. Du siehst, daß der Becherstrom ein Pfandflaschenstrom ist.

Achte darauf, daß in diesem Spiel keine Energie sondern Wasser transportiert wird. Beim Energiestrom hatten wir einen Energieträger, hier haben wir Wasserträger: die Becher.

Wir stellen uns nun die Frage, wie wir den Wasserstrom stärker oder schwächer machen können. Wie können wir es anstellen, daß mehr oder weniger Wasser in einer Minute vom linken ins rechte Faß gelangt? Das ist sehr einfach: Wir füllen die Becher einmal sehr schnell und geben sie schnell weiter, Bild 2A. So erhalten wir einen großen Wasserstrom. Danach füllen wir sie langsam und geben sie langsam weiter, Abb. 2B. So erhalten wir einen kleinen Wasserstrom. Der Wasserstrom ist umso größer, je größer der Strom der Wasserträger ist.

Merkst du, daß dieser Satz fast derselbe ist wie die Zusammenfassung von Abschnitt 6.6? Nur ist dort das Wort Wasser durch das Wort Energie ersetzt.

Es gibt noch eine zweite Möglichkeit, den Wasserstrom groß und klein zu machen. Wir lassen den Becherstrom immer gleich, sagen wir alle zwei Sekunden ein Becher,

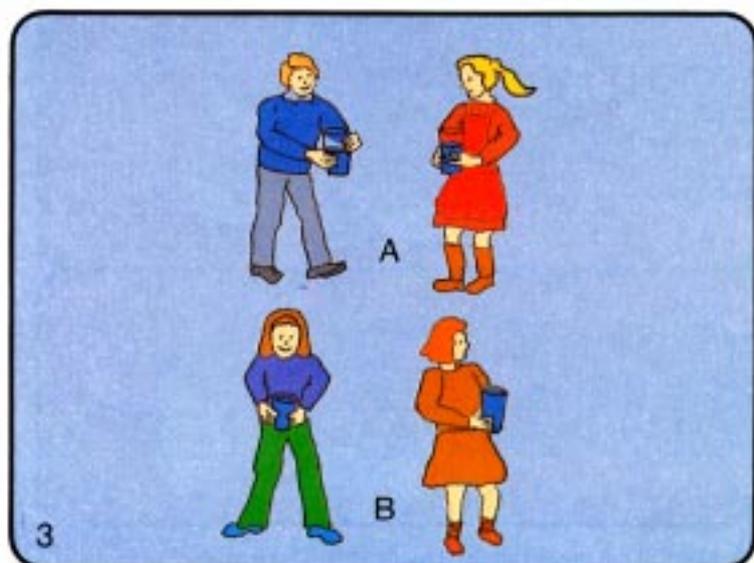
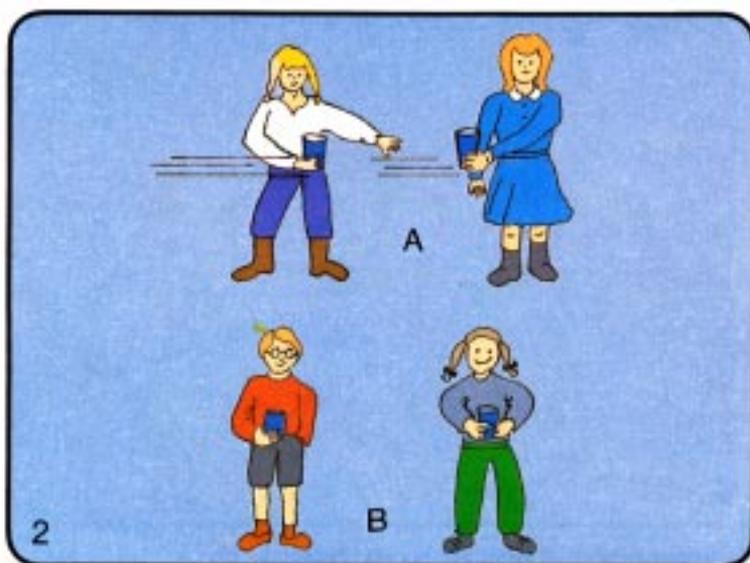
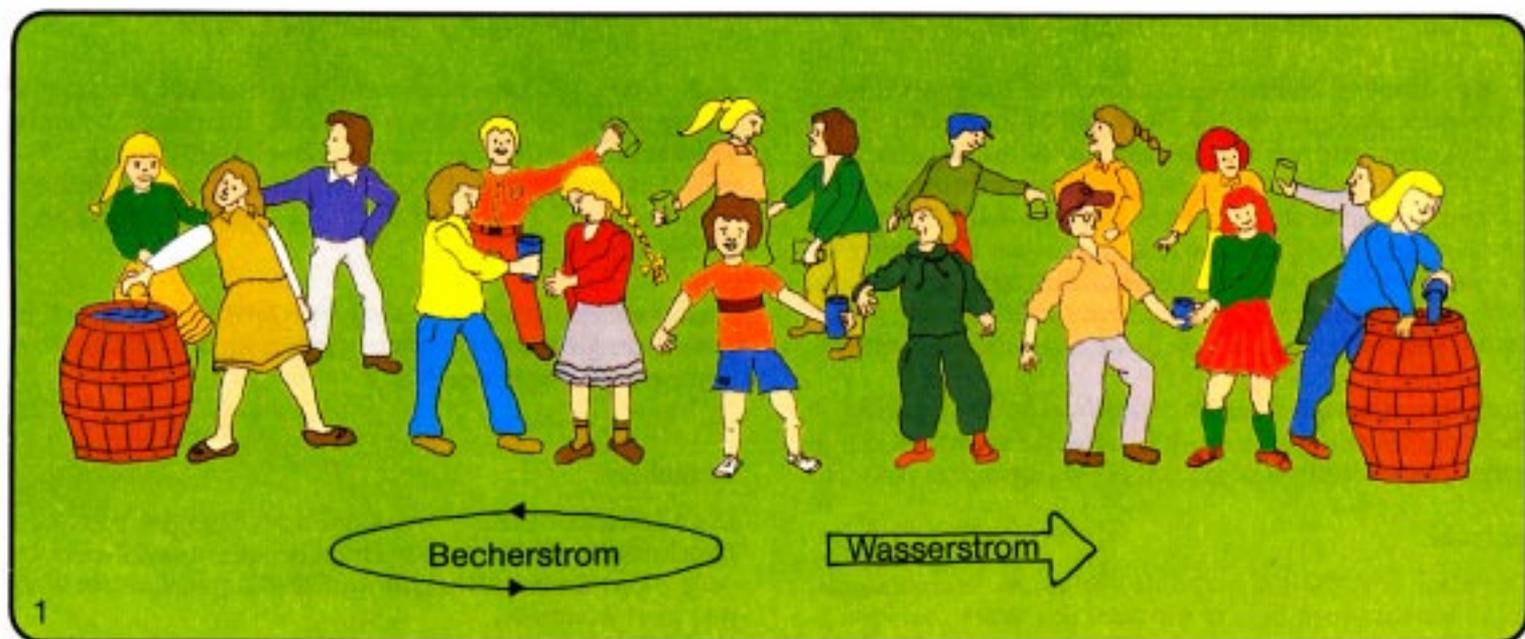
also 30 Becher pro Minute. Aber zuerst machen wir die Becher nur halbvoll, Bild 3A. Wir erhalten so einen kleinen Wasserstrom. Danach machen wir die Becher ganz voll, Bild 3B. Damit bekommen wir einen Wasserstrom, der doppelt so groß ist wie vorher. Der Wasserstrom ist also umso größer, je mehr Wasser in jedem Becher ist; oder anders ausgedrückt: Der Wasserstrom ist umso größer, je mehr die Wasserträger mit Wasser beladen sind.

Auch dieser Satz bleibt richtig, wenn man das Wort Wasser durch das Wort Energie ersetzt: Der Energiestrom ist umso größer, je mehr der Energieträger mit Energie beladen ist.

Es ist leicht, einen Becher, also einen Wasserträger, mit mehr oder weniger Wasser zu füllen. Wie kann man aber einen Energieträger, die Elektrizität, die Fahrradkette oder Preßluft, mit mehr oder weniger Energie füllen? Das werden wir in den nächsten Abschnitten sehen.

### Aufgaben

1. Was entspricht in dem beschriebenen Spiel der Energie, was entspricht dem Energieträger?
2. Auf welche zwei Arten kann man den Wasserstrom größer oder kleiner machen?



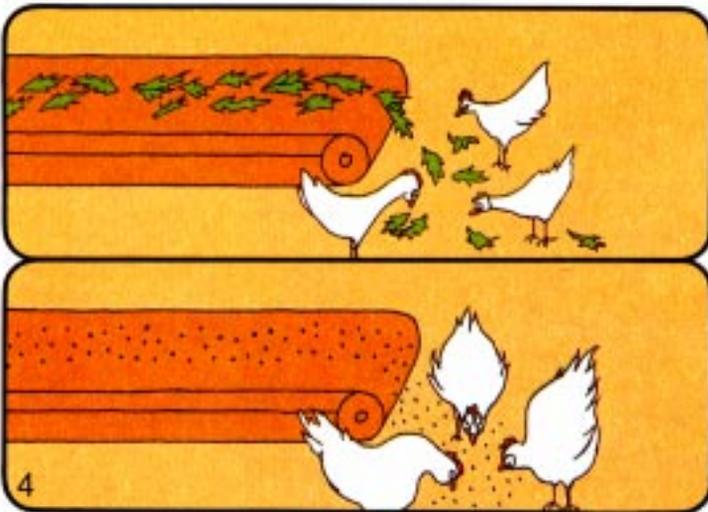
## 7.2 Die Beladung von Nahrung mit Energie

Gibt es das, 1 kg Nahrungsmittel mit viel Energie und 1 kg Nahrungsmittel mit wenig Energie? Selbstverständlich. Du brauchst dir nur die Tabelle auf Seite 9 anzusehen. Auf Bild 4 fließen zwei gleich starke Nahrungsmittelströme. Jedesmal fließen 2 g/s, aber einmal Löwenzahn und einmal Körner. Bei den Körnern ist der Energiestrom 20 mal so groß wie beim Löwenzahn. Wir können das auch so ausdrücken: Der Nahrungsmittelstrom ist im ersten Fall mit wenig Energie beladen, im zweiten mit viel.

**Zusammenfassung:** Der Energiestrom ist umso größer, je mehr die Nahrungsmittel mit Energie beladen sind, d.h. je mehr Kilojoule ein Kilogramm Nahrungsmittel enthält.

### Aufgabe

Der Hase frißt 20 mal mehr als der Fuchs. Wie kann das sein? Verwende in deiner Antwort das Wort „beladen“.



Körner sind mit mehr Energie beladen als Löwenzahn.

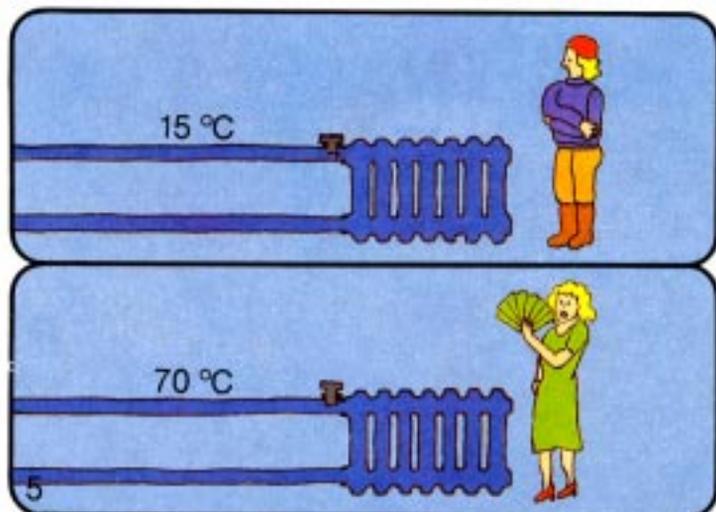
## 7.3 Die Beladung von Wasser mit Energie

Gibt es das, 1 l Wasser mit viel Energie und 1 l Wasser mit wenig Energie? Selbstverständlich. Ein Liter warmes Wasser hat mehr Energie als ein Liter kaltes Wasser. Warmes Wasser ist stärker mit Energie beladen als kaltes. Deshalb friert die Frau auf Bild 5 oben, und die auf Bild 5 unten schwitzt.

**Zusammenfassung:** Der Energiestrom ist umso größer, je mehr Energie auf das Wasser geladen ist, d. h. je höher die Temperatur des Wassers ist.

### Aufgabe

Es ist kälter geworden. Deshalb soll der Energiestrom vom Heizkessel im Keller zu den Heizkörpern in den Zimmern vergrößert werden. Das kann auf zwei Arten erreicht werden. Auf welche?

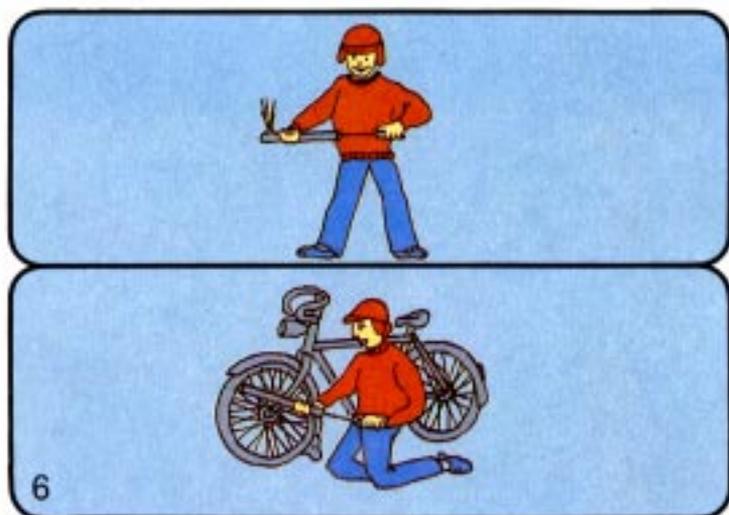


Warmes Wasser ist mit mehr Energie beladen als kaltes.

## 7.4 Der Druck

Nimm eine Fahrradpumpe in die Hand und pumpe einfach ins Freie hinaus, Bild 6. Mach dabei etwa zwei Hübe pro Sekunde. Zähl mit, bis du 40 Hübe gemacht hast, und achte darauf, ob es anstrengend ist. Setz nun die Pumpe an einen Fahrradreifen an, aus dem du vorher die Luft herausgelassen hast. Pumpe wieder mit zwei Hüben pro Sekunde und achte wieder darauf, ob es anstrengend ist. Nach 40 Hüben weißt du es bestimmt (falls du es überhaupt schaffst): Es ist anstrengender den Reifen aufzupumpen, als die Luft einfach ins Freie zu drücken.

Zum Aufpumpen des Reifens brauchst du mehr Energie. Die Luft, die du in den Reifen gedrückt hast, trägt mehr Energie als die Luft, die ins Freie geströmt ist. Da du in beiden Fällen zwei Hübe pro Sekunde gemacht hast, ist der Luftstrom jedesmal gleich groß. Das eine Mal hast du aber mehr Energie auf den Luftstrom geladen als das andere Mal.



Luft auf hohem Druck trägt mehr Energie als Luft auf niedrigem Druck.

Wie sieht man einem Luftstrom an, ob er mit viel oder wenig Energie beladen ist? Am Druck. Man mißt den Druck in bar. Die Luft, die du in den Reifen gedrückt hast, hat 2 bis 2,5 bar. Man nennt sie Preßluft. Die, die du einfach ins Freie gedrückt hast, hat 1 bar. Auch den Druck in Flüssigkeiten gibt man in bar an. Das Wasser in eurer Wasserleitung hat einen Druck von etwa 4 bar.

**Zusammenfassung:** Der Energiestrom ist umso größer, je mehr Energie auf die Luft geladen ist, d.h. je höher der Druck der Luft ist.

Ergänzungen E 1 bis E 3 auf Seite 70f.

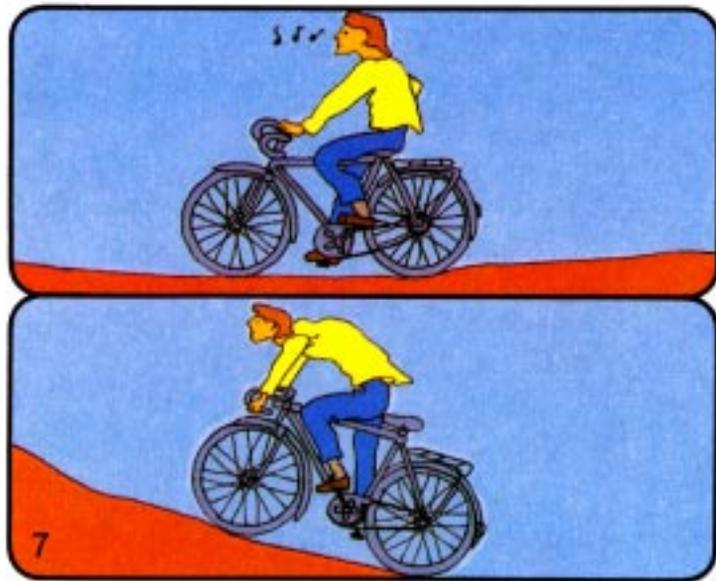
### Aufgabe

Woran erkennt man, ob ein Luftstrom mit viel oder wenig Energie beladen ist?

## 7.5 Die Beladung der Fahrradkette mit Energie

Stell dir vor, du fährst mit dem Fahrrad, und zwar einmal auf einer ebenen Strecke und einmal einen steilen Berg hinauf, Bild 7. Jedesmal machst du mit den Pedalen eine Umdrehung pro Sekunde. In beiden Fällen strömt also pro Sekunde die gleiche Zahl Kettenglieder über die Zahnräder. Wenn das vordere Kettenrad 46 Zähne hat, sind es 46 Kettenglieder pro Sekunde. In beiden Fällen ist also der Strom des Energieträgers Kette gleich groß.

Trotzdem fließt in den beiden Fällen nicht dieselbe Energiemenge von vorn nach hinten. Beim Bergauffahren ist es mehr. Du merkst das sehr deutlich an der Anstrengung, die du machen mußt. Da der Trägerstrom in beiden Fällen gleich groß ist, muß der Energieträger das eine Mal stärker mit Energie beladen sein als das andere Mal.



Die Kette im unteren Bild ist stärker gespannt als im oberen. Sie trägt mehr Energie.

Man merkt es der Kette auch an, ob sie mit viel oder wenig Energie beladen ist. Je stärker sie mit Energie beladen ist, desto stärker ist der obere Teil der Kette gespannt.

**Zusammenfassung:** Der Energiestrom ist umso größer, je mehr Energie auf die Kette geladen ist, d. h. je stärker die Kette durch das Treten gespannt wird.

Ergänzung E 4 auf Seite 71.

### Aufgabe

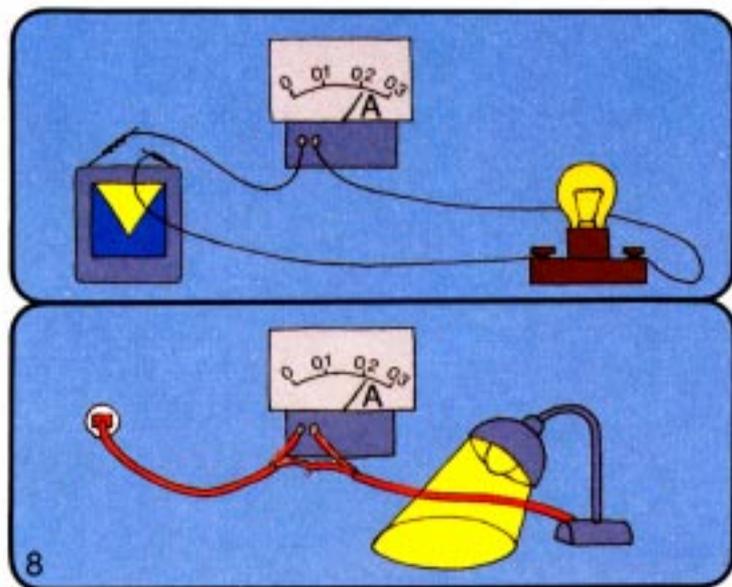
Zwei Kinder fahren Mofa. Beide fahren mit derselben Geschwindigkeit, aber das eine fährt gegen den Wind, das andere fährt mit dem Wind. Ist der Energiestrom, der durch die Mofakette fließt, bei beiden gleich groß? Wie sieht man es der Mofakette an, ob der Energiestrom klein oder groß ist?

## 7.6 Die elektrische Spannung

Wir machen einen Versuch, dessen Ergebnis dich überraschen wird. Eine große Glühlampe wird an die Steckdose angeschlossen, und ein kleines Taschenlampenbirnchen an eine Flachbatterie. In welchem Stromkreis fließt ein größerer elektrischer Strom? In dem Stromkreis mit der großen Birne?

Wir bauen in beide Stromkreise ein Amperemeter ein. Die beiden Meßgeräte zeigen fast dasselbe an, Bild 8!

Der Energiestrom, der in die kleine Lampe fließt, ist aber viel kleiner als der, der in die große fließt. Das siehst du daran, daß die kleine Lampe weniger Licht abgibt und weniger wärmt als die große. Du kannst es auch an der Wattangabe auf den Birnen sehen. Auf der großen steht



In der Batterie wird der elektrische Strom mit weniger Energie beladen als im Kraftwerk.

60 W, also 60 J in der Sekunde, auf der kleinen 2 W. Die kleine bekommt also 30 mal weniger Energie als die große.

Warum ist der Energiestrom zu den Lampen so verschieden, obwohl der Strom des Energieträgers fast gleich groß ist? Das kann nur daran liegen, daß einmal viel und einmal wenig Energie auf den Energieträger geladen wird.

Das Kraftwerk, mit dem die Steckdose verbunden ist, belädt den elektrischen Strom mit mehr Energie als die Batterie. Man sagt, die Steckdose hat eine höhere Spannung. Manchmal sagt man statt Spannung auch elektrische Spannung, damit es keine Verwechslungen gibt etwa mit der Zugspannung in einem Seil.

Die Größe der elektrischen Spannung wird in Volt angegeben, abgekürzt V. Eine Flachbatterie hat (solange noch Energie darin ist) 4,5 V. Die Steckdose hat 220 V, eine Monozelle 1,5 V und eine Transistorbatterie 9 V.

Eine Quelle mit einer hohen Spannung lädt auf den elektrischen Strom mehr Energie als eine Quelle mit einer niedrigen Spannung.

**Zusammenfassung:** Der Energiestrom ist umso größer, je mehr Energie auf die Elektrizität geladen ist, d.h. je höher die Spannung ist.

### Aufgaben

1. Woran erkennt man bei einer Batterie, ob sie den elektrischen Strom mit viel oder wenig Energie belädt?
2. In Amerika beträgt die Netzspannung 110 V. Viele elektrische Geräte sind daher von 220 V auf 110 V umschaltbar. Sie können also sowohl in Europa als auch in Amerika benutzt werden, und leisten selbstverständlich in Amerika dasselbe wie in Europa. Braucht ein Fön in Amerika einen anderen Energiestrom als in Europa? Ist der elektrische Strom, der in Amerika durch den Fön fließt genauso groß wie in Europa?

### E1 Der Luftdruck

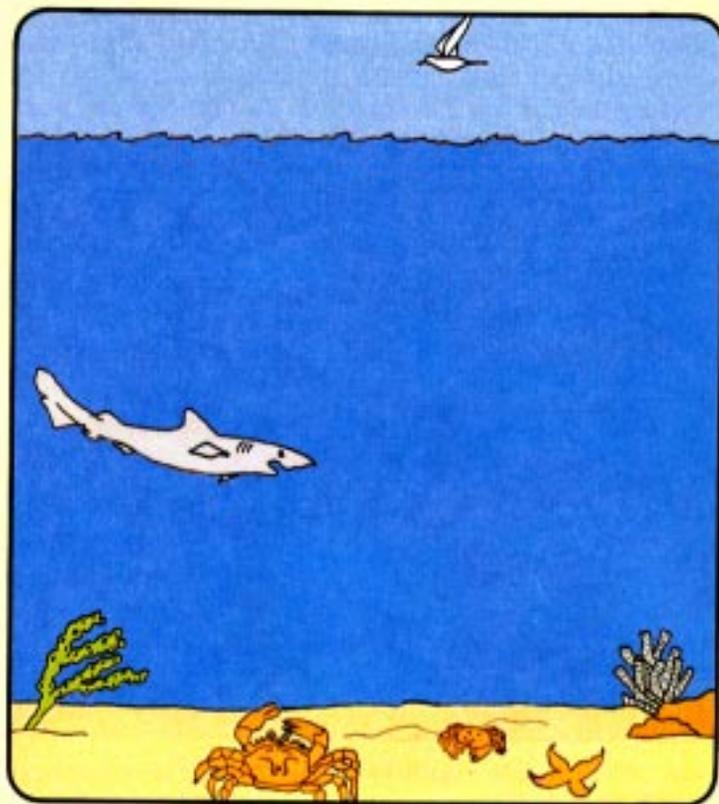
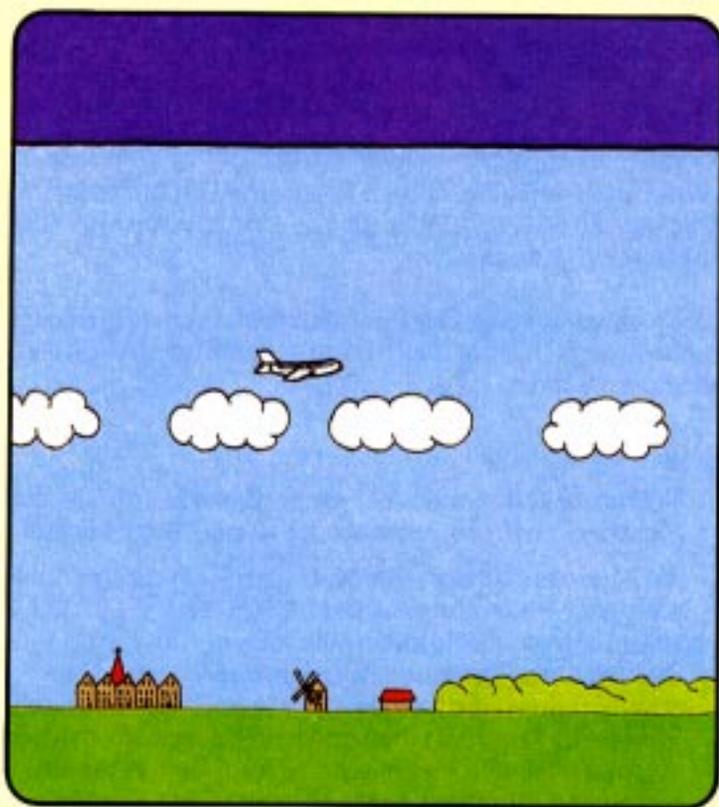
Über der Erdoberfläche liegt eine etwa 50 km dicke Luftschicht. Die Menschen auf der Erdoberfläche leben sozusagen auf dem Grund eines 50 km tiefen „Luftmeeres“, ähnlich wie Krebse auf dem Grund des richtigen Meeres herumkrabbeln.

Am Grund des Meeres oder eines Sees spürt man das Gewicht des Wassers, das über einem liegt. Dieses Wasser erzeugt einen Druck. Der Druck nimmt von oben nach unten zu. Auf dem Grund unseres Luftmeeres sind

wir dem Gewicht der Luft über uns ausgesetzt: auf der Erdoberfläche herrscht ein Luftdruck von etwa 1 bar. Steigt man in die Höhe, so wird er geringer. In 50 km Höhe ist er praktisch gleich 0 bar.

Der Luftdruck auf der Erdoberfläche ändert ständig seinen Wert. Er schwankt zwischen etwa 960 und 1060 mbar (1 bar = 1000 mbar, sprich Millibar).

Es gibt einen Zusammenhang zwischen Luftdruck und Wetter. Bei schlechtem Wetter ist der Luftdruck gewöhnlich niedriger als bei schönem.



### E 2 Die wahre Dicke der Luftschicht über der Erdoberfläche

In E 1 wurde gesagt, die Luftschicht der Erde sei 50 km dick. Tatsächlich aber hat die Luftschicht nach oben hin gar keine scharfe Grenze, sie wird einfach immer dünner. In 10 km Höhe ist sie schon etwa 4mal so dünn wie auf der Höhe des Meeresspiegels. Die 50 km sind also nur ein grober Richtwert. Vielleicht erscheinen dir 50 km viel. Stell dir aber einmal diese Luftschicht im richtigen Maßstab auf einem Globus vor. Der Erddurchmesser (12 800 km) entspricht dem Durchmesser des Globus, die 50 km dicke Luftschicht entspricht dann nur einer ganz dünnen Haut auf dem Globus.

### E 3 Der Luftdruck im Autoreifen

Welchen Druck hat die Luft in einem Autoreifen, aus dem man „die Luft herausgelassen hat“? Denselben, wie die Luft außerhalb des Reifens, also 1 bar. Schließt man das Druckmeßgerät der Tankstelle an, so zeigt es aber nicht 1 bar an, sondern 0 bar. Dieses Gerät zeigt nämlich nur den Überdruck an, der im Reifen herrscht. Wenn der Reifen auf 3 bar aufgepumpt ist, so ist sein Überdruck 2 bar, denn die Luft im Reifen hat 2 bar mehr als die Luft außerhalb.

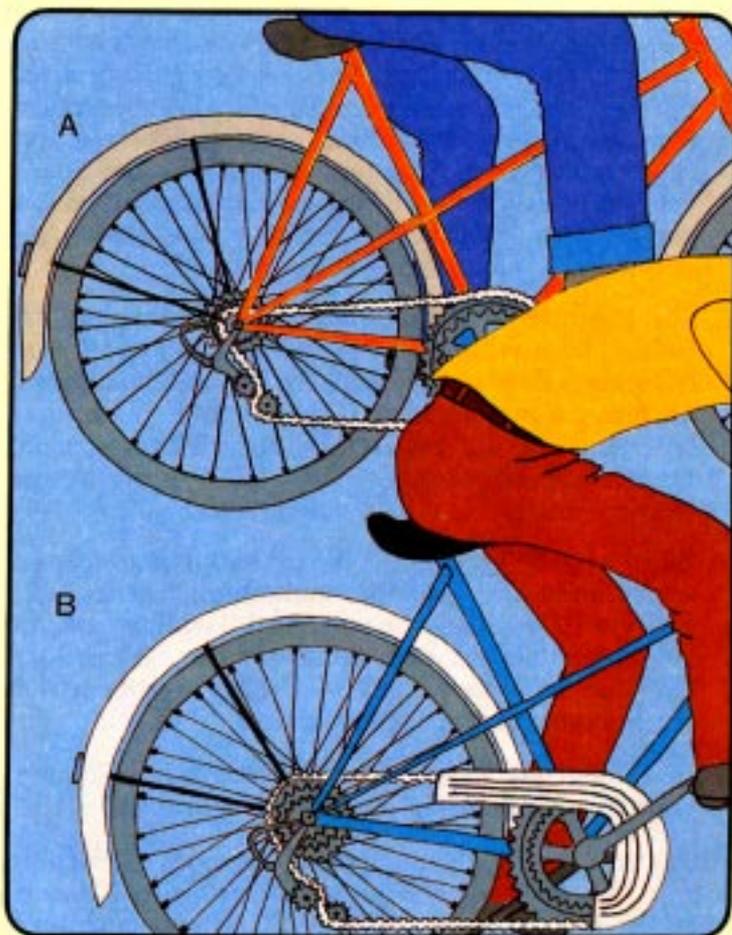
### E 4 Die Fahrradgangschaltung

Zwei Radfahrer fahren mit gleicher Geschwindigkeit nebeneinander her. Da beide gleich schwer sind und dieselben Fahrräder haben, brauchen beide dieselbe Energie. Bei beiden fließt von den Muskeln zum Hinterrad derselbe Energiestrom.

Trotzdem tritt Radfahrer A langsamer als Radfahrer B, A hat nämlich einen größeren Gang eingelegt als B.

Langsameres Treten bedeutet, daß auch der „Kettenstrom“ geringer ist. Damit trotzdem derselbe Energiestrom durch die Kette fließt, muß die Kette von A mit mehr Energie beladen sein. Das heißt also, die Kette ist stärker gespannt.

Der Trägerstrom ist also bei A kleiner als bei B, aber er ist mit mehr Energie beladen.



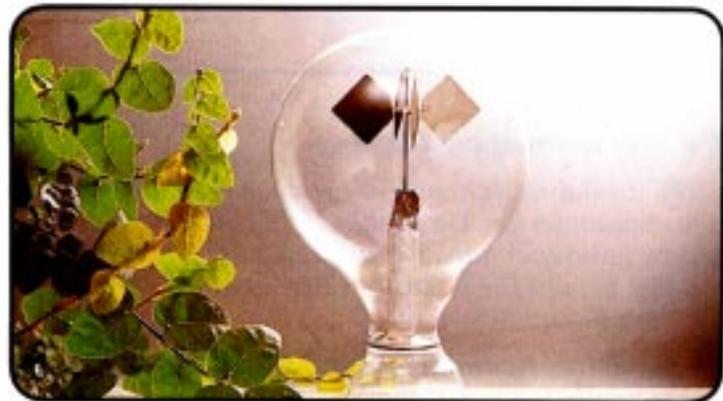
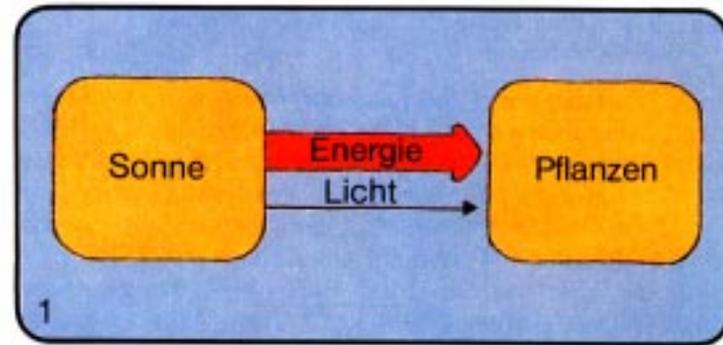
# 8. Der Energieträger Licht

## 8.1 Energie, die von der Sonne kommt

Die Sonne beleuchtet unsere Erde, sie sendet ständig Licht zur Erde. Mit dem Licht der Sonne bekommen wir Energie. Licht ist also ein Energieträger. Daß das Sonnenlicht Energie trägt, kann man auf verschiedene Weisen erkennen:

1. Tagsüber, wenn die Sonne scheint, ist es wärmer als nachts. „In der Sonne“ ist es wärmer als im Schatten. Gerät man in den Schatten einer vorbeiziehenden Wolke, so spürt man sofort, wie die Erwärmung durch die Sonnenstrahlen aufhört. Zum Erwärmen braucht man, wie du weißt, Energie. Das Sonnenlicht trägt also Energie. Die ganze Erde wird deshalb von der Sonne geheizt. Wir sagen, die Erde ist ein Energieempfänger, der die Energie mit dem Träger Licht bekommt. Die Sonne ist die dazugehörige Energiequelle.
2. Die Pflanzen brauchen zum Wachsen Energie. Ein Baumstamm enthält viel Energie, sonst könnte man mit seinem Holz nicht heizen. Die Pflanzen bekommen die Energie mit dem Licht von der Sonne – nicht etwa aus der Erde. Im Dunkeln können Pflanzen nicht wachsen. Pflanzen sind Energieempfänger, die Energie mit dem Träger Licht bekommen, Bild 1.
3. Bild 2 zeigt Solarzellen, an die ein Elektromotor angeschlossen ist. Der Elektromotor braucht, wenn er läuft, Energie. Er bekommt sie von den Solarzellen, und die bekommen sie mit dem Licht von der Sonne. Man denkt daran, später einmal Solarzellen in großem Maß zur Energieversorgung einzusetzen.
4. Bild 3 zeigt eine Lichtmühle. Stellt man sie ins Sonnenlicht, so beginnt ihr Flügelrad sich zu drehen.

Nicht nur Sonnenlicht, auch das Licht einer Glühlampe wärmt. Pflanzen gedeihen auch bei künstlicher Beleuchtung. Der Elektromotor in Bild 2 läßt sich auch dadurch



betreiben, daß man die Solarzellen mit einer starken Glühlampe beleuchtet, und auch die Lichtmühle läuft im Lampenlicht. Nicht nur Sonnenlicht trägt Energie, sondern jedes andere Licht auch.

**Zusammenfassung:** Licht ist ein Energieträger. Die Sonne schickt Energie mit dem Energieträger Licht zur Erde.

Ergänzungen E 1 und E 2 auf Seite 80.

### Aufgaben

1. Woran erkennt man, daß Sonnenlicht Energie trägt?
2. Wie kann man erkennen, daß auch das Licht einer Glühlampe Energie trägt?
3. In dem Bild in E 1 auf Seite 80 sind die Größenverhältnisse von Sonne und Erde nicht maßstabgerecht wiedergegeben. Fertige ein korrektes Bild von Erde und Sonne an im Maßstab 1 : 10 000 000 000, d. h. 10 Milliarden cm in der Wirklichkeit entsprechen 1 cm in deinem Bild. Schneide dazu aus Papier zwei Kreisscheiben aus, die Erde und Sonne darstellen. Lege sie dann so auf den Boden, daß ihr Abstand maßstäblich richtig ist. Für die Aufgabe brauchst du folgende Zahlenwerte:

Durchmesser der Erde 12 800 km,  
 Durchmesser der Sonne 1 400 000 km,  
 Abstand zwischen Sonne und Erde 150 000 000 km.

## 8.2 Lichtquellen

Außer der Sonne gibt es noch andere Energiequellen, die Energie mit dem Träger Licht abgeben. Man nennt sie Lichtquellen. Hierzu gehören natürlich alle Lampen, aber auch der Blitz, das Glühwürmchen, der Fernsehschirm. Bei elektrischen Glühlampen kommt das Licht von einem glühenden Draht. Genaugenommen ist also dieser Draht die Lichtquelle. Bei Kerze und Petroleumlampe kommt das Licht von einer Flamme. Hier ist die Flamme die Lichtquelle.

Nicht jedes Ding, von dem Licht ausgeht, ist eine Lichtquelle. Ein Blatt Papier, eine Hauswand, eine Wolke oder der blaue Himmel sind hell. Von ihnen geht Licht aus. Sie leuchten aber nicht von selbst. Das Licht, das von ihnen ausgeht, haben sie anderswoher bekommen. Sie geben es nur weiter.

Manchmal ist es gar nicht leicht zu entscheiden, ob etwas selbst leuchtet, ob es also eine Lichtquelle ist oder nicht. Der Mond z. B. leuchtet nicht von selbst, obwohl Licht von ihm ausgeht. Er wirft uns nur das Licht zu, das er von der Sonne bekommt.

Die meisten Sterne, die man am Himmel sieht, leuchten jedoch selbst, sie sind also Lichtquellen. Diese selbstleuchtenden Sterne nennt man Fixsterne. Einige Sterne aber leuchten nicht selbst. Sie bekommen Licht von der Sonne und werfen es in die verschiedensten Richtungen zurück, genauso wie der Mond. Dies sind die Planeten. Du kannst in E 3 weiteres über sie erfahren.

**Zusammenfassung:** Lichtquellen geben Energie mit dem Energieträger Licht ab. Sie erzeugen Licht. Alle anderen Gegenstände geben Licht, das sie von einer anderen Lichtquelle bekommen, nur weiter.

Ergänzungen E 3 und E 4 auf Seite 81.

### Aufgaben

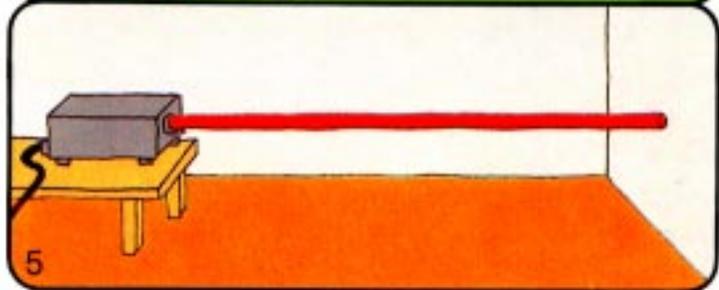
1. Welche der folgenden Dinge sind Lichtquellen: Glühwürmchen, Feuer, Spiegel, Leuchtturm, Sonne, Schneemann, Fenster?
2. Nenne Lichtquellen, die in der vorigen Aufgabe nicht aufgezählt sind.
3. Welche Sterne leuchten selbst? Welche Sterne werfen nur Licht zurück, das sie anderswoher bekommen?
4. In klaren Nächten ist auch der Teil des Mondes zu sehen, der die Sichel zur vollen Mondscheibe ergänzt. Der dunkle Teil des Mondes wird auch beleuchtet, nur viel weniger als der helle Teil. Woher könnte das Licht kommen?
5. Sind die Ziffernanzeigen von Digitaluhren Lichtquellen, oder werfen sie nur das Licht zurück, das sie von anderen Lichtquellen bekommen?

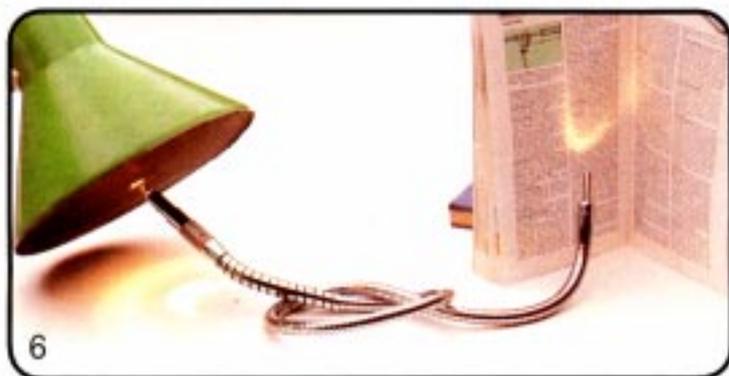
### 8.3 Die Ausbreitung des Lichts – Lichtleiter

Bild 4 zeigt einen Wasserstrahl. Er ist zur Erde hin gekrümmt, denn das Wasser ist schwer und fällt nach unten. Bild 5 zeigt einen Lichtstrahl. (Zur Erzeugung eines gut gebündelten Lichtstrahls benutzt man am besten einen Laser). Der Lichtstrahl ist nicht gekrümmt. Das liegt daran, daß Licht nichts wiegt.

Da Lichtstrahlen gerade sind, kann man Energie mit dem Träger Licht ohne Leitung über große Entfernungen übertragen. Wenn man allerdings Licht über einen komplizierten Weg leiten will, der vielleicht um mehrere Ecken geht, kommt man ohne Leitung nicht aus. Man benutzt einen Lichtleiter, Bild 6.

Ein Lichtleiter ist eine Art Schlauch oder Kabel für das Licht. Er besteht aus einem Bündel sehr feiner Glasfasern. Er ist flexibel (biegsam) wie ein elektrisches Kabel. Das





Das Licht tritt links in den Lichtleiter ein, rechts kommt es heraus.

Licht, das an dem einen Ende in den Lichtleiter hineingeschickt wird, kommt am anderen Ende wieder heraus, gleichgültig ob der Lichtleiter gerade ist oder verbogen oder verknotet. Lichtleiter verwendet z. B. der Arzt, wenn er in den Magen eines Patienten hineinsehen will. Dazu schiebt er zwei Lichtleiter durch die Speiseröhre in den Magen. Durch den einen wird Licht zur Beleuchtung in den Magen hineingeschickt. Durch den anderen kommt das von der Magenwand zurückgeworfene Licht wieder heraus.

**Zusammenfassung:** Licht breitet sich geradlinig aus. Mit einem Lichtleiter kann man Licht um Ecken leiten, genauso wie Wasser durch ein Rohr.

Ergänzungen E 5 und E 6 auf Seite 82.

### Aufgaben

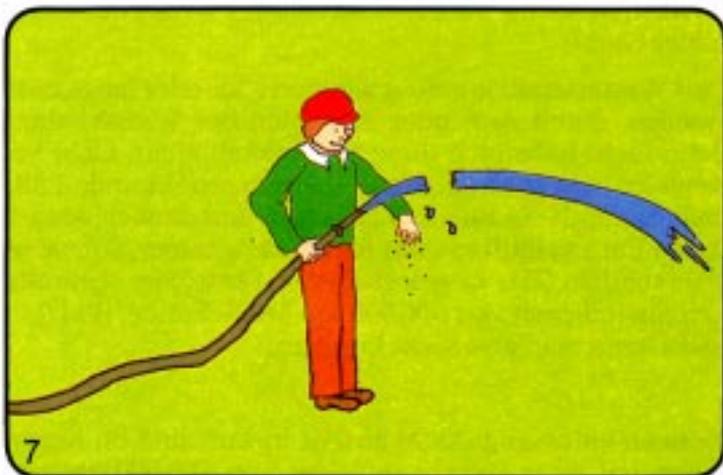
1. Um zu sehen, daß sich Licht geradlinig ausbreitet, braucht man keinen Laser. Weißt du, wie man es noch erkennen kann?
2. Wie kann man Licht anders als mit einem Lichtleiter um die Ecke leiten? Wo tut man das?

## 8.4 Die Lichtgeschwindigkeit

Das Wasser eines Wasserstrahls, der aus einer Gartenspritze kommt, hat eine bestimmte Geschwindigkeit. Dreht man den Wasserhahn weiter auf, so wird die Geschwindigkeit größer, dreht man ihn etwas zu, so wird sie kleiner. Wie groß die Geschwindigkeit ist, sieht man, wenn man mit der Hand dicht hinter der Spritze durch den Strahl hindurchfährt: Der Strahl wird für eine kurze Zeit unterbrochen, und die Unterbrechung läuft weiter, und zwar genauso schnell wie das Wasser, Bild 7. Probiere dasselbe mit einem Lichtstrahl, Bild 8.

Unterbrich den Lichtstrahl kurz mit dem Finger. Wie lange dauert es, bis es an der Stelle dunkel wird, an der der Lichtstrahl auf die Wand trifft? Scheinbar geht es augenblicklich.

Das Licht braucht scheinbar gar keine Zeit, um vom Finger bis zur Wand zu laufen. Tatsächlich braucht das Licht doch etwas Zeit. Allerdings so wenig, daß man es nur schwer feststellen kann. Licht bewegt sich nämlich sehr,



Die Unterbrechung des Strahls läuft genauso schnell wie das Wasser.

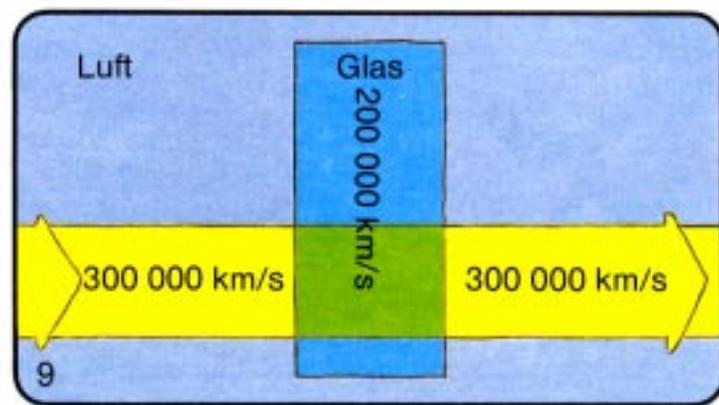


sehr schnell: In Luft und im leeren Raum mit 300 000 km pro Sekunde. Das ist viel schneller als die schnellste Rakete fliegen kann. In Glas bewegt es sich etwas langsamer: mit etwa 200 000 km pro Sekunde.

Für den Weg von der Erde zur Sonne braucht eine Raumsonde mehrere Monate. Das Licht braucht von der Sonne zur Erde nur 8 Minuten. Wenn du jetzt in die Sonne schaust, siehst du das Licht, das sie vor 8 Minuten abgeschickt hat.

Den Wasserstrahl konnten wir schneller oder langsamer machen, durch Auf- oder Zudrehen des Wasserhahns. Beim Licht haben wir diese Möglichkeit nicht. Licht bewegt sich in Luft immer mit 300 000 km pro Sekunde. Läßt man es durch ein Stück Glas laufen und danach wieder durch Luft, so läuft es zwar im Glas langsamer. Sobald es aber aus dem Glas ausgetreten ist, hat es wieder seine alte Geschwindigkeit von 300 000 km pro Sekunde, Bild 9. Licht kann man also nicht bremsen.

**Zusammenfassung:** Licht strömt in Luft und im leeren Raum mit einer Geschwindigkeit von 300 000 km pro Sekunde.



Ergänzung E 7 auf Seite 82.

### Aufgaben

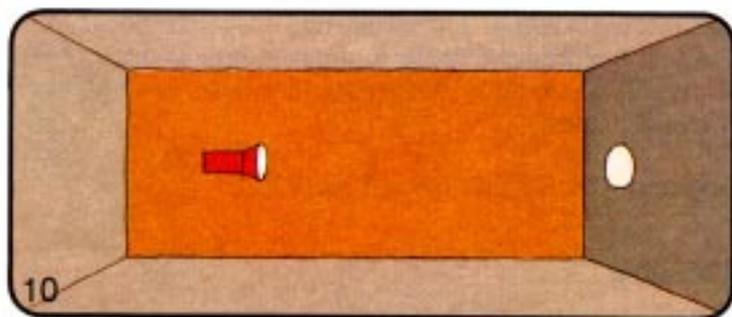
1. Strömt das Licht einer stark leuchtenden Taschenlampe schneller als das einer schwach leuchtenden?
2. Wie lange benötigt Licht, um vom Mond zur Erde zu kommen? Der Mond ist 380 000 km von der Erde entfernt.
3. Schall strömt mit einer Geschwindigkeit von 300 m pro Sekunde. Wieviel mal schneller ist Licht als Schall?
4. Wenn zwischen dem Augenblick, in dem du einen Blitz siehst, und dem Augenblick, in dem du den Donner hörst, 3 Sekunden verstreichen, so war der Blitz etwa 1 km weit von dir entfernt. Wie erklärst du dir das?
5. Du machst mit einer Taschenlampe einen Lichtblitz von 1/10 Sekunde Dauer. Wie lang ist der zugehörige Lichtstrahl?

## 8.5 Durchsichtige, weiße und schwarze Gegenstände

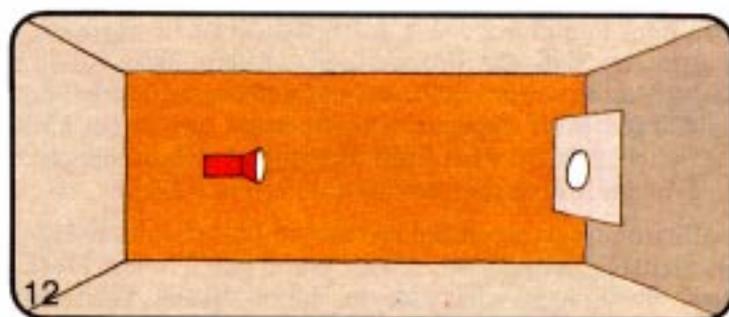
Wir wollen untersuchen, was mit dem Licht passiert, wenn es auf verschiedene Gegenstände trifft. Dazu brauchen wir ein verdunkeltes Zimmer und einen starken Lichtstrahl, etwa den Strahl einer starken Taschenlampe oder eines Diaprojektors.

Solange Du kein Hindernis in den Strahl hältst, stößt der Strahl geradeaus auf die Wand, und man sieht dort einen hellen Fleck, Bild 10.

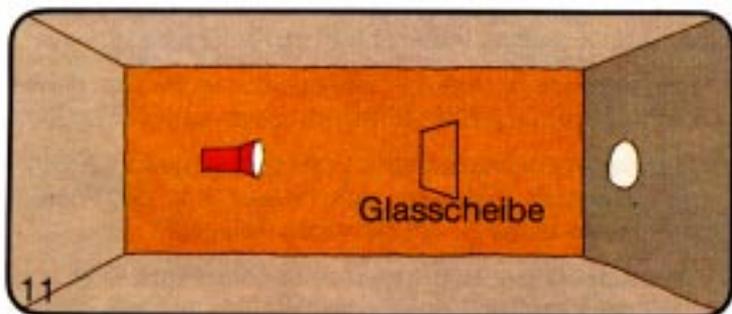
Halte nun eine Glasscheibe in den Strahl, wie es Bild 11 zeigt. Der Strahl geht durch die Scheibe hindurch und erzeugt nach wie vor an der Wand einen hellen Fleck. Es



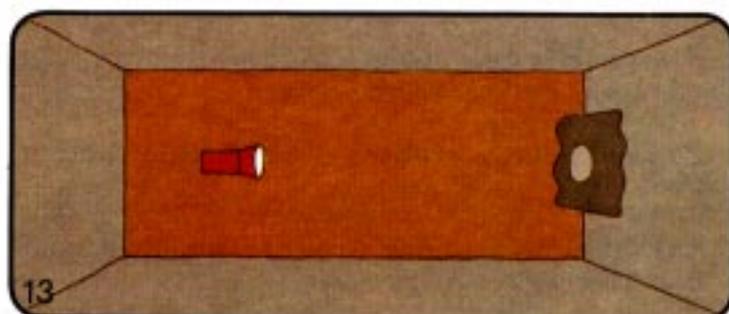
Ein Lichtstrahl fällt auf eine Wand.



Ein Blatt weißes Papier zerstreut den Lichtstrahl.



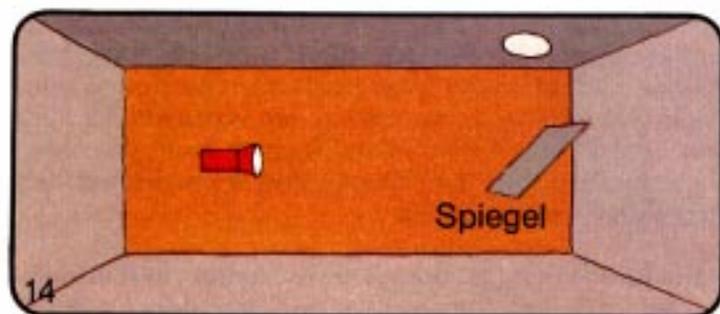
Ein Lichtstrahl geht durch Glas hindurch.



Ein Stück schwarzes Papier oder schwarzer Stoff absorbiert das Licht.

gibt also Materialien oder Stoffe, durch die Licht einfach hindurchgeht. Wir nennen diese Stoffe durchsichtig. Hierzu gehören außer Glas noch manche Kunststoffe. Auch viele Kristalle, die man in der Natur findet, sind durchsichtig, wie Quarz oder Diamant. Licht geht aber auch durch Wasser und Benzin und selbstverständlich auch durch Luft hindurch.

Halte nun in den Lichtstrahl abwechselnd ein Blatt weißes Papier und ein Blatt schwarzes Papier oder ein Stück schwarzen Stoff, Bild 12 und Bild 13, und beobachte die Wände des Zimmers. In beiden Fällen ist der Fleck an der Wand verschwunden. Solange das weiße Papier im Lichtstrahl steht, werden die anderen Wände des Zimmers



Ein Spiegel knickt den Lichtstrahl um.

schwach beleuchtet. Steht dagegen der Stoff im Lichtstrahl, so sind sie dunkel. Wie kann man das erklären?

Von dem Papier wird das auftreffende Licht zurückgeworfen, so daß die Wände hell werden. Alle weißen Gegenstände werfen Licht, das auf sie fällt, zurück. In dem schwarzen Stoff dagegen verschwindet das Licht. Man sagt auch, es wird vom Stoff absorbiert. Alle schwarzen Gegenstände absorbieren das auftreffende Licht.

Halte nun noch einen Spiegel in den Lichtstrahl, Bild 14. Du siehst jetzt irgendwo an der Wand einen hellen Fleck. Auch der Spiegel wirft also das Licht zurück. Während aber das Blatt Papier das Licht in alle Richtungen zerstreut, lenkt der Spiegel den Lichtstrahl in eine ganz bestimmte Richtung. Der Spiegel knickt den Lichtstrahl um.

Du hast gesehen, daß mit dem Licht, das auf einen Gegenstand trifft, dreierlei passieren kann:

1. Es geht hindurch, wenn der Gegenstand durchsichtig ist.
2. Es wird zurückgeworfen, wenn der Gegenstand weiß ist oder wenn er ein Spiegel ist.
3. Es wird absorbiert, wenn der Gegenstand schwarz ist.

Gewöhnlich tritt nicht nur eine dieser drei Möglichkeiten ein, sondern zwei oder sogar alle drei geschehen gleichzeitig.

Eine graue Wand zum Beispiel wirft einen Teil des auftreffenden Lichts zurück, der Rest wird absorbiert. Ein Blatt weißes Papier wirft den größten Teil des auftreffenden Lichts zurück, ein kleiner Teil geht durch das Papier hindurch. Das sieht man, wenn man das Papier gegen eine Lichtquelle hält und von hinten betrachtet. Ein kleiner Teil des Lichts wird in dem Papier sogar absorbiert. Durch eine Fensterscheibe geht der größte Teil des Lichts hindurch, aber nicht alles. Weißt du, was mit diesem Rest passiert?

**Zusammenfassung:** Durchsichtige Gegenstände lassen das Licht hindurch, weiße und spiegelnde werfen es zurück, und in schwarzen Gegenständen verschwindet es, es wird absorbiert.

Ergänzungen E 8 und E 9 auf Seite 83 f.

### Aufgaben

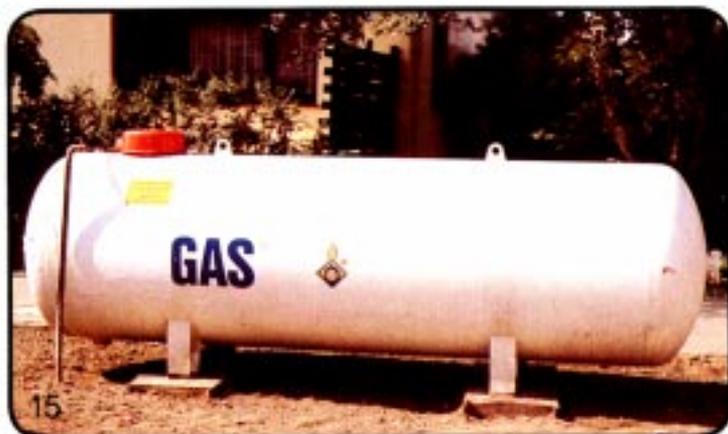
1. Nenne einige durchsichtige und einige undurchsichtige Gegenstände. Aus welchem Material bestehen sie?
2. Worin unterscheidet sich die Art, wie ein Spiegel und ein Stück weißes Papier Licht zurückwerfen?
3. Ein schwarzer Pullover absorbiert nicht das ganze Licht, das auf ihn fällt. Wie sähe er aus, wenn er es täte?
4. Man kann auch eine glatte Wasseroberfläche als Spiegel benutzen. Warum sieht man sich im Wasser schlechter als in einem richtigen Spiegel?
5. Wenn der ganze Raum zwischen Sonne und Erde von Luft erfüllt wäre, könnten wir die Sonne nicht sehen. Kannst du das begründen?

## 8.6 Lichtempfänger

Du hast sicher schon bemerkt, daß schwarze Gegenstände in der Sonne besonders warm werden, z.B. schwarze Kleidung oder eine schwarze Asphaltstraße. Woran liegt das? Wenn Licht auf einen schwarzen Gegenstand fällt, wird es absorbiert, es verschwindet. Die Energie, die das Licht mitbringt, kann aber nicht verschwinden. Sie bleibt in dem Gegenstand stecken. Das hat zur Folge, daß er warm wird.

Licht wird in der Quelle erzeugt und mit Energie beladen. Im Empfänger läßt es seine Energie ab und verschwindet dabei. Licht ist also ein Einwegflaschen-Energieträger.

Weißer Dinge werfen das Licht zusammen mit seiner Energie zurück, sie werden nicht warm. Wenn ein Gegenstand in der Sonne nicht warm werden soll, streicht man ihn weiß an. So werden in warmen Ländern die Häuser weiß angestrichen. Auch bei uns ist es manchmal nötig, etwas vor der Sonnenenergie zu schützen. Propangastanks z. B. werden weiß angestrichen (Bild 15), damit das Gas nicht warm wird und der Tank nicht platzt.



Propangastank

**Zusammenfassung:** Schwarze Gegenstände sind Empfänger für Energie mit dem Träger Licht. Sie laden die Energie vom Licht ab. Das Licht verschwindet dabei. Licht ist ein Einwegflaschen-Energieträger.

Ergänzungen E 10 und E 11 auf Seite 84f.

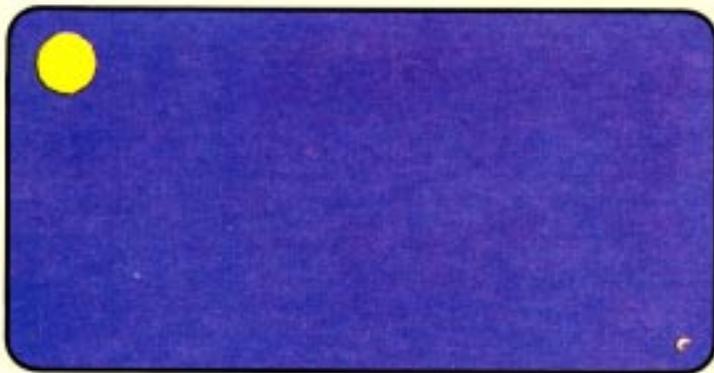
### Aufgaben

1. Woran erkennt man, daß schwarze Gegenstände Energie vom Licht abladen?
2. Was passiert mit dem Licht, wenn es seine Energie abgeladen hat?
3. Warum ist es vorteilhaft, in heißen Ländern weiße Kleidung zu tragen?
4. Warum streicht man Kühlwagen weiß an? Wäre es besser, sie zu verspiegeln?

### E1 Wohin die Energie strömt, die die Sonne aussendet

Die Energiemengen, die die Sonne ausstrahlt, sind unvorstellbar groß: In jeder Sekunde sind es 380 000 000 000 000 000 000 000 kJ. Nur der zweimilliardste Teil davon trifft die Erde. Der größte Teil strömt in den Weltraum. Die Abbildung versucht, einen Eindruck von der Winzigkeit des Anteils zu geben, der auf die Erde fällt (Sonne links oben, Erde unten rechts). Allerdings konnte sie nicht maßstabsgerecht gezeichnet werden. Du mußt dir die Erde noch sehr viel kleiner und den Abstand der Erde von der Sonne sehr viel größer vorstellen.

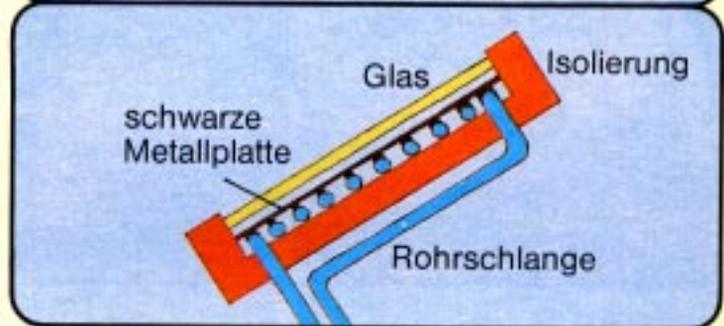
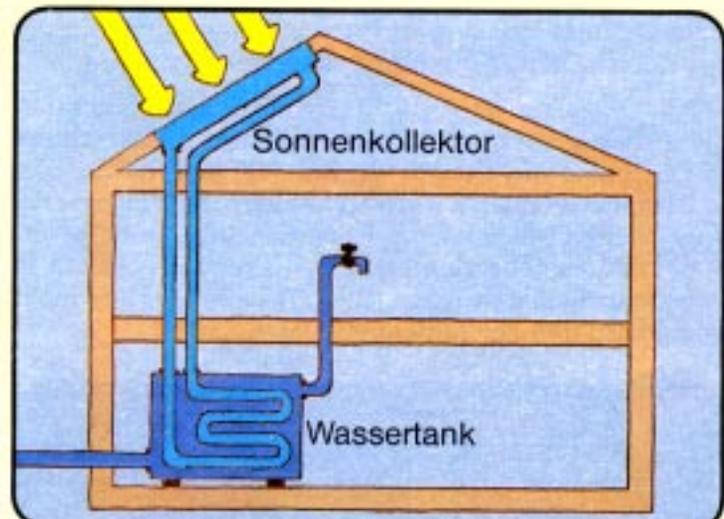
Trotzdem ist der Energiestrom, der die Erde trifft, noch gewaltig. Auf einen  $m^2$  fällt pro Sekunde etwa 1 kJ.



### E2 Der Sonnenkollektor

In manchen Häusern wird die Sonnenenergie dazu benutzt, Wasser für den Haushalt warmzumachen. Dazu werden auf das Dach des Hauses Sonnenkollektoren montiert. Das untere Bild zeigt den Aufbau eines Sonnenkollektors. Das Sonnenlicht fällt durch eine Glasscheibe hindurch auf eine schwarze Metallplatte.

Die Metallplatte wird durch die Energie des Sonnenlichts erwärmt. Hinter der Metallplatte verläuft eine Rohrschlange, durch die Wasser fließt. Die Metallplatte gibt die Energie an das Wasser weiter, indem sie das Wasser aufheizt. Das warme Wasser fließt durch ein Rohr in den Keller des Hauses, dort gibt es die Energie an anderes, kälteres Wasser ab, das sich in einem großen Wassertank befindet. Dabei wird das Wasser, das vom Kollektor kommt, kälter, und das Wasser im Tank wird wärmer. Das Wasser des Tanks wird im Haushalt verwendet.



### E 3 Das Sonnensystem

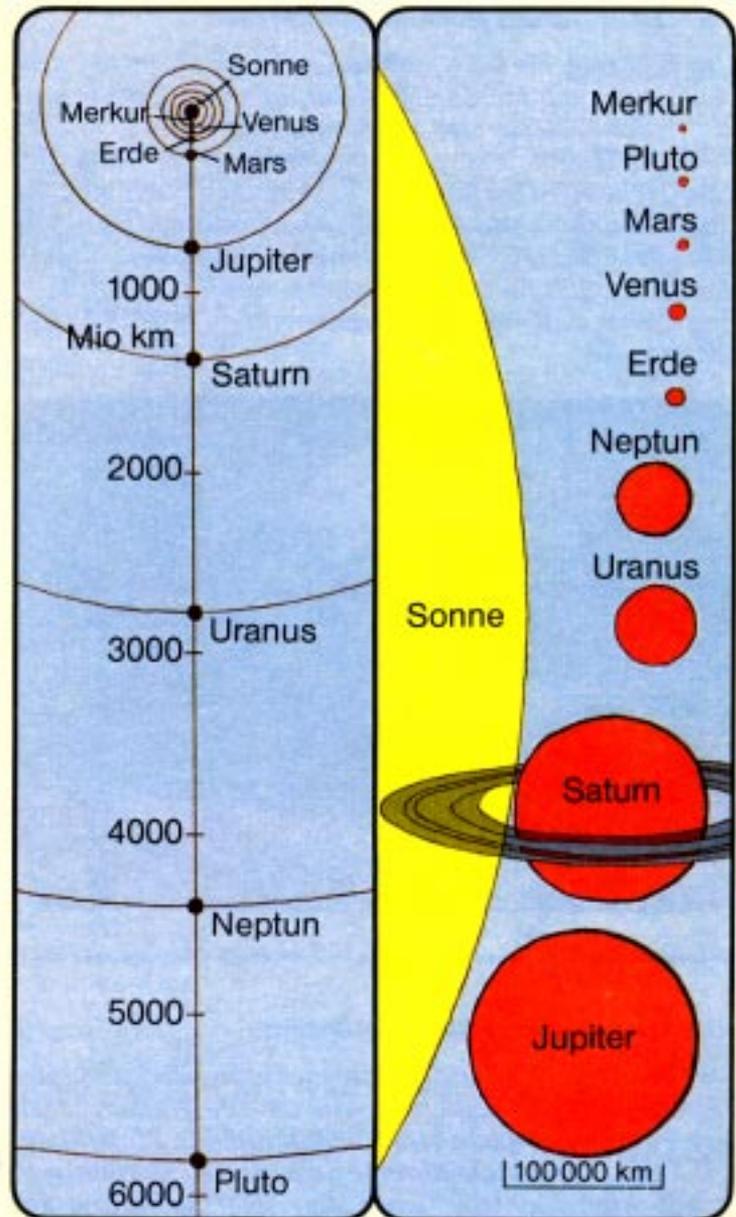
Die 9 Planeten bewegen sich auf fast kreisförmigen Bahnen um die Sonne. Die Sonne steht im Mittelpunkt der Kreise. Alle Kreise liegen ungefähr in derselben Ebene. Die beiden Bilder zeigen die Größe der Planeten und ihrer Bahnen. Im Gegensatz zur Sonne und zu den anderen Sternen, den Fixsternen, sind die Planeten kalt, sie leuchten nicht selbst. Sie werden, wie der Mond, von der Sonne beleuchtet, und werfen einen Teil des Sonnenlichts zurück.

### E 4 Die Fixsterne

Fast alle Sterne, die man bei Nacht am Himmel sieht, sind selbstleuchtend. Die selbstleuchtenden Sterne werden Fixsterne genannt. Das Wort „Fixstern“ bedeutet, daß der Stern so aussieht, als sei er am Himmel „fixiert“, d. h. festgemacht. Im Gegensatz zu den Planeten scheinen die Fixsterne nämlich stillzustehen. In Wirklichkeit bewegen sich auch die Fixsterne gegeneinander. Aber die Entfernungen zwischen uns und den Fixsternen und den Fixsternen untereinander sind so groß, daß man ihre Bewegung lange Zeit nicht bemerkt hatte.

Mit bloßem Auge sind etwa 3 000 Fixsterne zu erkennen. Mit den größten Teleskopen könnte man einige Milliarden Fixsterne sehen, wenn man genügend Zeit hätte, alle zu betrachten. Der erdnächste Fixstern heißt Proxima Centauri. Er ist rund 100 000 mal weiter von der Erde entfernt als die Sonne.

Während eine Reise zu den Planeten durchaus denkbar ist, ist es sicher, daß wir in nächster Zukunft keine Raumfahrzeuge zu einem Fixstern schicken werden. Für die „kurze“ Entfernung zum Saturn brauchte Pioneer 11 schon 6 1/2 Jahre. Um zu einem Fixstern zu gelangen, brauchte man viel mehr als ein Menschenalter.



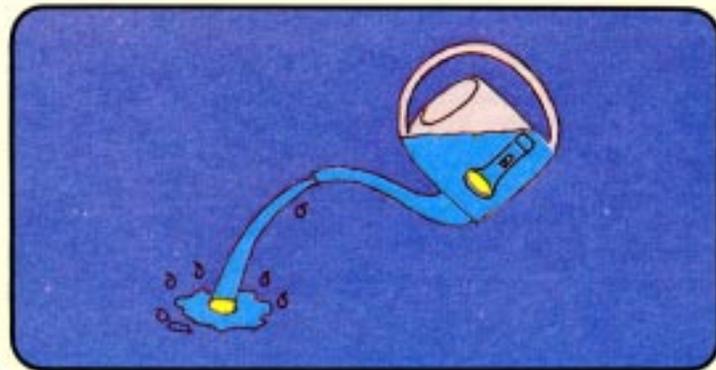
### E 5 Lichtstrahlen kann man nicht sehen

Das Bild zeigt ein Foto der Erde, das vom Mond aus aufgenommen wurde. Man sieht darauf einen Teil der Erdkugel: den Teil, der von der Sonne beleuchtet wird. Der Rest des Himmels ist schwarz. Bedeutet das, daß hier kein Licht ist? Das kann nicht sein. Das Licht, das die Erde beleuchtet, strömt von oben her ins Bild hinein. Nur unter der Erde, also in ihrem Schatten, ist kein Licht. Daß das Foto auch da schwarz ist, wo sich Licht befindet, liegt daran, daß man Lichtstrahlen nicht „von der Seite“ sehen kann.



### E 6 Ein Lichtleiter zum Selbstbauen

Das Bild zeigt, wie du einen ungewöhnlichen Lichtleiter herstellen kannst, einen Lichtleiter aus Wasser. Steck eine Taschenlampe in einen wasserdichten Plastikbeutel. Halte die Taschenlampe in eine Gießkanne und richte ihren Lichtstrahl auf die Austrittsöffnung des



Wassers. Gieß nun durch die Tülle der Gießkanne Wasser aus. An der Auftreffstelle des Wassers siehst du einen Lichtfleck. Der Lichtstrahl folgt also dem Wasserstrahl. Das Licht kann aus dem Wasserstrahl nicht heraus, denn immer wenn es auf die Oberfläche des Wassers trifft, wird es wieder ins Innere des Wasserstrahls zurückgeworfen. Glasfaser-Lichtleiter arbeiten nach demselben Prinzip.

### E 7 Wie man in die Vergangenheit sehen kann

Um von der Sonne zur Erde zu kommen, braucht das Licht 8 Minuten. Wenn du die Sonne siehst, siehst du sie nicht so wie sie jetzt ist, sondern wie sie vor 8 Minuten war. Allerdings ändert sich an der Sonne in 8 Minuten nicht viel.

Das Licht, das vom Stern Pollux (im Sternbild Zwillinge) zu uns kommt, hat für seine Reise schon 36 Jahre gebraucht. Man sagt, Pollux ist 36 Lichtjahre von uns entfernt. Wenn du diesen Stern betrachtest, siehst du ihn also, wie er vor 36 Jahren aussah. Es gibt Sterne, die man mit dem bloßen Auge – also ohne Teleskop – noch sehen kann, und die 2 Millionen Lichtjahre von uns entfernt

sind. Was wir hier sehen, sind also Sterne, wie sie vor 2 Millionen Jahren aussahen. Manche davon existieren vielleicht schon lange nicht mehr.

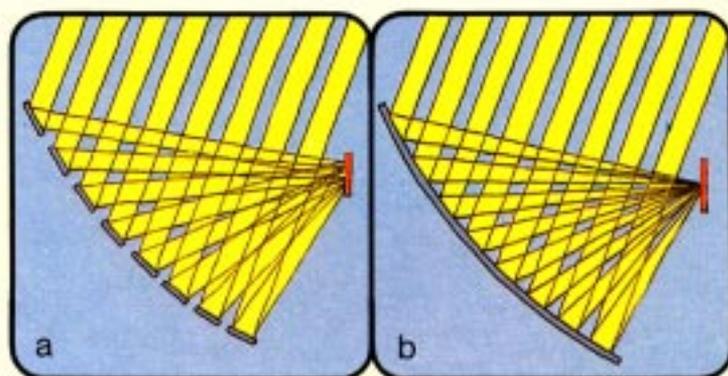
Je weiter wir ins Weltall hineinsehen, desto weiter blicken wir also zurück in die Vergangenheit.

### E 8 Hohlspiegel

Mit Spiegeln kann man das Licht eines breiten Lichtstrahls auf einen kleinen Fleck lenken (linke Zeichnung, oben).

Statt vieler kleiner, flacher Spiegel kann man auch einen einzigen, großen, gekrümmten Spiegel benutzen, einen Hohlspiegel (rechte Zeichnung, oben).

Das untere Bild zeigt einen „Sonnenofen“, bei dem das Sonnenlicht „eingesammelt“ wird. An der Stelle, an der die Strahlen zusammenlaufen, entsteht eine Temperatur von 3800 °C: Diese Anlage, die in den Pyrenäen steht, wird zum Schmelzen bestimmter Metalle verwendet.



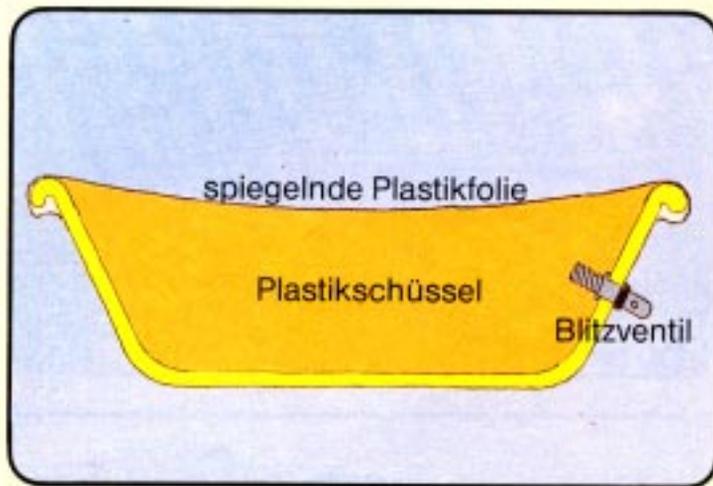
### E 9 Wie man einen großen Hohlspiegel selbst bauen kann

Du brauchst

- eine runde Plastikschüssel von etwa 40cm Durchmesser
- ein Fahrrad-„Blitzventil“
- Klebstoff, der Plastik und Metalle klebt
- spiegelnde Plastikfolie (die du im Dekorationsgeschäft bekommst).

Das erste Bild zeigt den Hohlspiegel im Querschnitt.

Bohre in die Plastikschüssel ein Loch und klebe das Fahrradventil so hinein, wie es die Abbildung zeigt. Bestreiche den Rand der Schüssel mit Klebstoff und klebe die Spiegel folie möglichst straff und ohne Falten darauf. Der Rand muß überall mit Klebstoff bestrichen sein, so daß die Schüssel durch die Folie luftdicht verschlossen wird. Warte, bis der Klebstoff trocken ist. Saug dann durch das Fahrradventil Luft aus der Schüssel. Die Spiegel folie wird dabei von der Außenluft in die Schüssel gedrückt und gespannt. Es entsteht ein Hohlspiegel. Je mehr Luft du aus der Schüssel saugst, desto stärker wird die Spiegeloberfläche gekrümmt.



Mit diesem Spiegel kannst du Sonnenlicht so stark konzentrieren, daß Zeitungspapier sofort Feuer fängt. Lenkst du den konzentrierten Lichtstrahl auf eine kleine rußgeschwärzte Konservenbüchse, in der sich Wasser befindet, so fängt das Wasser nach einigen Minuten an zu sieden (unteres Bild).

**Achtung!**

Die Experimente mit dem Hohlspiegel sind gefährlich! Der Umgang mit dem Hohlspiegel ist gefährlicher als der Umgang mit brennenden Streichhölzern. Die Flamme eines brennenden Streichholzes siehst du. Folglich weißt du auch, wohin du einen brennbaren Gegenstand nicht halten darfst. Den Punkt, in dem das Licht des Hohlspiegels konzentriert wird, siehst du nicht (Licht kann man nicht sehen, siehe E 5). Fällt er auf deine Kleidung, so brennt deine Kleidung an. Fällt er auf deine Haut, so verbrennt deine Haut. Das Schlimmste wäre es, wenn er auf deine Augen fiel. Verbrannte Haut wächst wieder nach, ein verbranntes Auge nicht.

Lege den Hohlspiegel, wenn du ihn nicht benutzt, mit der spiegelnden Seite nach unten. Stell dir vor, er läge in der Nähe eines Fensters, mit der spiegelnden Seite nach oben. Im Laufe des Tages ändert sich der Sonnenstand. Irgendwann läuft der Lichtfleck auf die Gardine und dann...

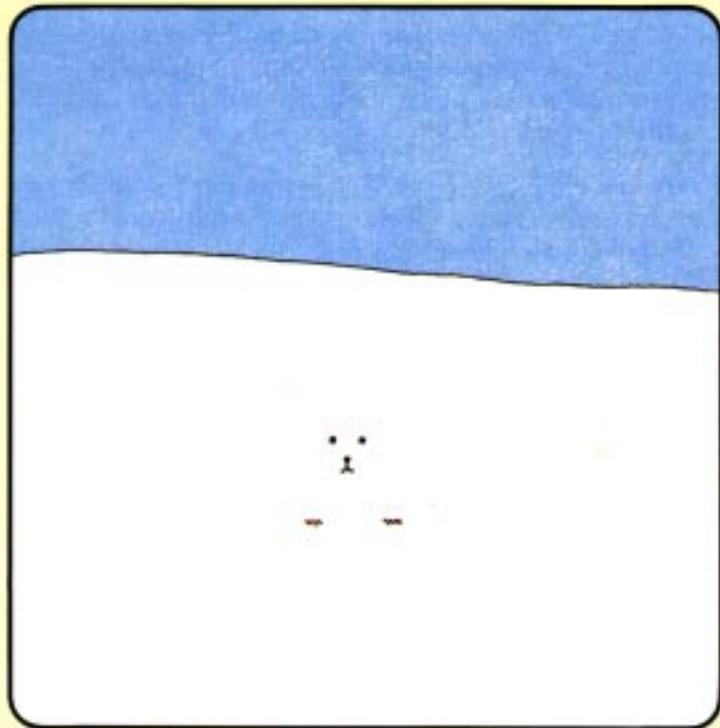
#### **E 10 Was haben die Bürger von Schilda falsch gemacht?**

Die Bürger von Schilda haben ein Rathaus ohne Fenster gebaut. Damit es in den Räumen des Rathauses hell wird, wollten sie das Licht in Säcken hineinbringen. Ist das Licht erst einmal drin, so bleibt es auch drin, dachten sie. Du glaubst, das geht nicht? Warum eigentlich nicht? Kannst du dir vorstellen, wie ein Haus gebaut sein müßte, damit das Licht, das man einmal hineingebracht hat, auch drinbleibt?

**E 11 Was ist „sehen“?**

*Wir sehen ein Ding, wenn Licht, das von ihm ausgeht, in unsere Augen gelangt. Unsere Augen sind Lichtempfänger. Die Pupille ist ein Loch, das von einer durchsichtigen Hornhaut verschlossen ist. Durch die Pupille kommt das Licht ins Auge hinein. Verstehst du, weshalb die Pupille schwarz aussieht?*

*Damit wir einen Gegenstand sehen, genügt es nicht, daß Licht von ihm ausgeht. Den Eisbär im Schnee auf der Abbildung sieht man nicht, obwohl genug Licht da ist. Zum Sehen eines Gegenstands gehört noch mehr: Von verschiedenen Stellen des Gegenstands muß verschieden viel Licht kommen.*

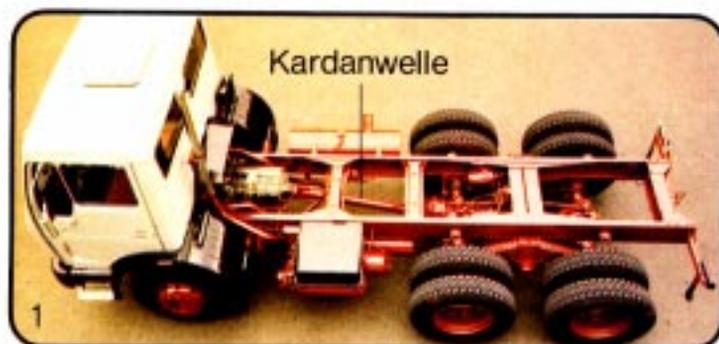


## 9. Der Energieträger Drehimpuls

### 9.1 Energie fließt durch sich drehende Wellen

In vielen Maschinen wird Energie von einer Stelle zur anderen mit Hilfe von Stangen gebracht, die sich drehen. Solche Stangen nennen die Techniker Wellen. Die Energie fließt also bei diesen Maschinen durch Wellen.

Wirfst du einen Blick unter einen Lastwagen, so fällt dir vielleicht die Kardanwelle auf, Bild 1. Durch sie strömt

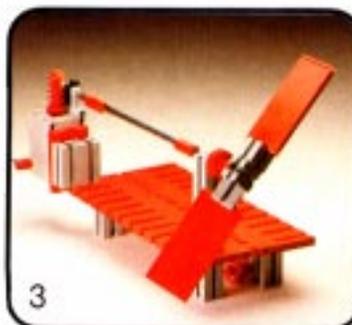


Die Welle zwischen Turbine und Generator eines Kraftwerks wird montiert.

Energie vom Motor zu den Hinterrädern. Bild 2 zeigt die Welle, die Turbine und Generator verbindet. Durch sie fließt die Energie von der Turbine zum Generator. Bild 3 zeigt einen elektrischen Ventilator, wie man ihn selbst bauen kann. Die Energie strömt durch eine Welle vom Motor zur Luftschraube. Wellen sind meist rund und aus Eisen. Das müssen sie aber nicht sein. Bild 4 zeigt den Ventilator von Bild 3, bei dem die runde Eisenwelle durch eine Plastikwelle mit quadratischem Querschnitt ersetzt wurde.

Welches ist bei all diesen Maschinen der Energieträger? Vielleicht denkst du, daß es die Welle selbst ist. Das kann aber nicht sein. Der Energieträger soll sich ja von der Quelle zum Empfänger bewegen, und das tun die Wellen nicht. Sie drehen sich nur um sich selbst. Die Welle ist nicht der Energieträger, sie ist nur die Leitung, durch die der Träger hindurchfließt. Der Energieträger ist etwas anderes, das zusammen mit der Energie durch die Welle hindurchströmt.

Fließt vielleicht durch die Welle einer der Energieträger, die wir bereits kennen? Wasser oder Benzin oder Preßluft scheiden mit Sicherheit aus, denn die Welle ist nicht hohl oder muß nicht hohl sein. Es bliebe also noch die Elektri-



Links strömt die Energie durch eine runde Eisenwelle, rechts durch eine Plastikwelle mit viereckigem Querschnitt.

zität. Aber auch die kann es nicht sein. Elektrizität kann nur durch Metalle fließen. Eine Welle kann aber auch aus Kunststoff sein, wie es Bild 4 zeigt.

Der Träger, der die Energie durch Wellen trägt, ist für uns also neu. Man nennt ihn Drehimpuls. Er ist ein Träger, den man weder sehen noch anfassen kann. Trotzdem ist der Drehimpulsstrom, wie wir sehen werden, spürbar.

Vom Motor zur Hinterachse in Bild 1 fließt also Energie mit dem Träger Drehimpuls. Im Kraftwerk trägt der Drehimpuls die Energie von der Turbine zum Generator.

**Zusammenfassung:** Fließt Energie durch eine Welle, so wird sie vom Drehimpuls getragen.

Ergänzungen E 1 und E 2 auf Seite 93.

## Aufgaben

1. Nenne einige Beispiele, bei denen Energie durch Wellen fließt.
2. Welche unsichtbaren Energieträger kennst du?



Quellen für Energie mit dem Träger Drehimpuls: Wasserturbine, Elektro-, Benzinmotor.



Empfänger für Energie mit dem Träger Drehimpuls: Fahrraddynamo, Wasserpumpe.



Empfänger für Energie mit dem Träger Drehimpuls: Bohrmaschine, Kaffee-, Mandelmühle.

## 9.2 Quellen und Empfänger für Energie, die vom Drehimpuls getragen wird

Energiequellen, die Energie auf den Drehimpuls laden, sind leicht zu erkennen. Sie haben als Anschluß fast immer eine Welle, Bild 5. Solche Quellen sind etwa der Elektromotor, der Benzinmotor, das Windrad, die Wasserturbine. Auch du selbst kannst Energie mit dem Träger Drehimpuls abgeben. Du tust das immer dann, wenn du irgendetwas drehst, z. B. die Kaffeemühle oder den Bleistift im Bleistiftspitzer.

Genauso leicht erkennt man Empfänger, die Energie vom Drehimpuls abladen. Auch sie haben gewöhnlich eine Welle, Bild 6. Hierzu gehören der Dynamo, der Propeller, Wasserpumpen. Bekommt der Empfänger die Energie nicht von einer Maschine sondern von einem Menschen, so hat er meist eine Kurbel: die Kaffeemühle, die Mandelmühle, die Bohrmaschine, Bild 7.

**Zusammenfassung:** Quellen und Empfänger für Energie mit dem Träger Drehimpuls erkennt man meist daran, daß sie eine Welle haben.

Ergänzungen E 3 und E 4 auf Seite 94.

## Aufgaben

1. Nenne Quellen, die Energie mit dem Träger Drehimpuls abgeben. Woran erkennt man sie?
2. Nenne Empfänger, die Energie mit dem Träger Drehimpuls bekommen. Woran erkennt man sie?
3. Automotoren geben Energie mit den Energieträgern „Drehimpuls“ und „Riemen“ ab. Wohin fließt die Energie mit dem Drehimpuls und wohin mit dem Riemen?
4. Woran erkennt man Geräte, die vom Menschen Energie mit dem Träger Drehimpuls bekommen?  
Zähle einige solche Geräte auf.

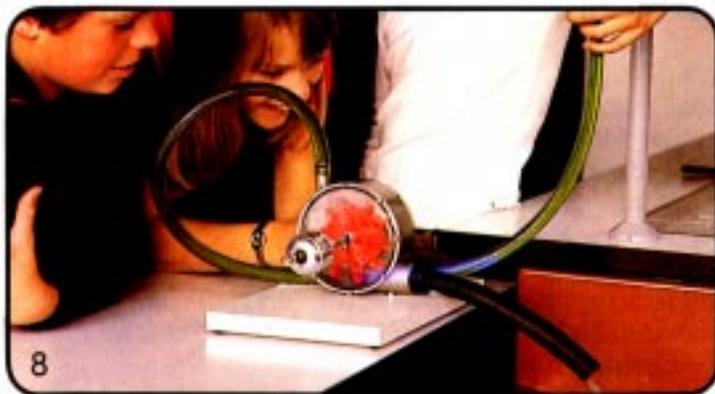
## 9.3 Der Drehimpuls braucht eine Rückleitung

Der Drehimpuls ist unsichtbar. Trotzdem können wir versuchen, ihm genauer auf die Spur zu kommen. Wir hatten bisher bei jedem Energieträger feststellen können, ob er ein Einweg- oder ein Pfandflaschen-Energieträger ist. Wie steht es hiermit beim Drehimpuls? Pfandflaschen-Energieträger sind daran zu erkennen, daß Quelle und Empfänger durch zwei Leitungen miteinander verbunden sind. Es gibt eine Hin- und eine Rückleitung. Bei Einwegflaschen-Energieträgern dagegen gibt es nur eine einzige Leitung.

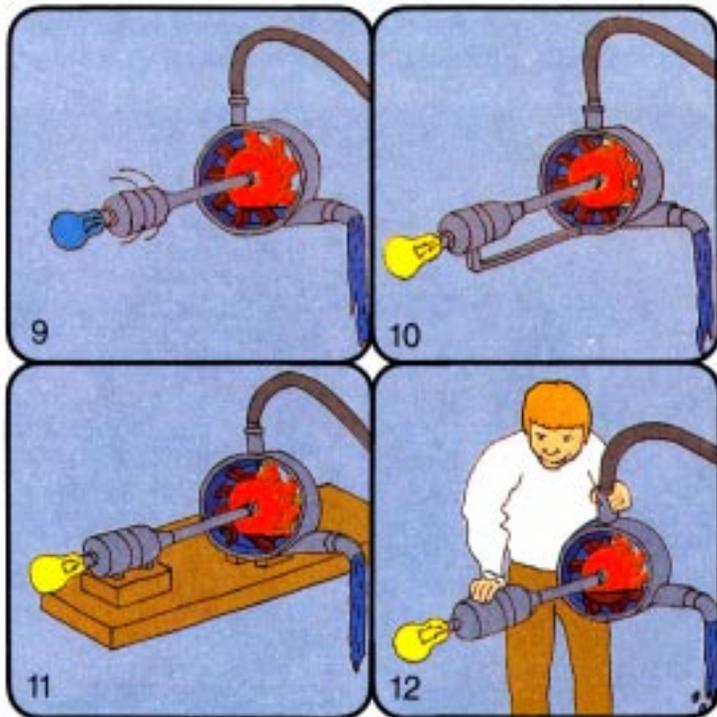
Sind Quelle und Empfänger beim Energietransport mit dem Drehimpuls durch eine oder durch zwei Leitungen verbunden? Die Antwort scheint auf den ersten Blick klar zu sein: Quelle und Empfänger sind durch eine einzige Welle verbunden. Der Drehimpuls müßte danach ein Einwegflaschen-Energieträger sein. Sehen wir uns aber die Sache einmal näher an.

Bild 8 stellt das Modell eines Wasserkraftwerks dar. Hinten ist die Wasserturbine, davor der Dynamo. Am Dynamo ist ein Lämpchen angeschlossen. Turbine und Dynamo sind durch eine Welle miteinander verbunden. Wir lassen nun Wasser in die Turbine fließen. Das Turbinenrad beginnt sich zu drehen, und die Welle des Dynamos, die ja mit dem Turbinenrad verbunden ist, dreht sich mit. Wenn nun durch die Welle Energie von der Turbine zum Dynamo flösse, müßte das Lämpchen leuchten. Es leuchtet aber nicht. Es hat anscheinend vom Dynamo keine Energie bekommen, und das heißt, der Dynamo hat keine Energie von der Turbine bekommen.

Was ist passiert? Beim Aufbau des „Kraftwerks“ wurde ein Fehler gemacht. Der Dynamo hängt ja hier frei in der Luft. Deshalb dreht sich nicht nur die Welle des Dynamos, es dreht sich der ganze Dynamo einschließlich Lämpchen, Bild 9.



Modell eines Wasserkraftwerks

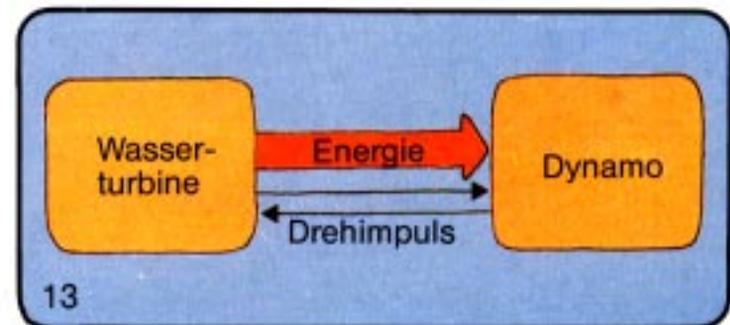


Damit das „Kraftwerk“ funktioniert, muß der Dynamo festgehalten werden. Bild 10 zeigt das Kraftwerk, nachdem das getan wurde. Der Dynamo wurde mit einer zweiten Stange an der Turbine befestigt. Diesmal leuchtet das Lämpchen. Turbine und Dynamo müssen also mit **zwei** Verbindungen zusammenhängen. Durch die eine fließt der mit Energie beladene Drehimpuls von der Quelle zum Empfänger. Durch die andere fließt der Drehimpuls ohne Energie, also leer, wieder zurück. Der Drehimpuls braucht eine Hin- und eine Rückleitung. Siehst du, daß wir voreilig waren, als wir den Drehimpuls als Einwegflaschen-Energieträger bezeichnet haben? Der Drehimpuls ist ein Pfandflaschen-Energieträger.

Statt als Rückleitung eine zweite Stange zu nehmen, hätten wir Turbine und Dynamo auch einfach auf ein und derselben Grundplatte festschrauben können, Bild 11. Dann wäre die Grundplatte die Rückleitung gewesen. Oder wir hätten beide mit den Händen festhalten können, Bild 12. Dann wäre der Drehimpuls durch unsere Arme und unseren Körper zurückgeflossen.

Wenn Quelle und Empfänger schwer genug sind, reicht es sogar, beide einfach auf den Tisch zu stellen. Dann fließt der Drehimpuls durch den Tisch zurück.

Wir können nun das Energieflußbild unseres Modellkraftwerks zeichnen, Bild 13.



**Zusammenfassung:** Der Drehimpuls braucht eine Rückleitung. Er ist ein Pfandflaschen-Energieträger.

Ergänzung E 5 auf Seite 95.

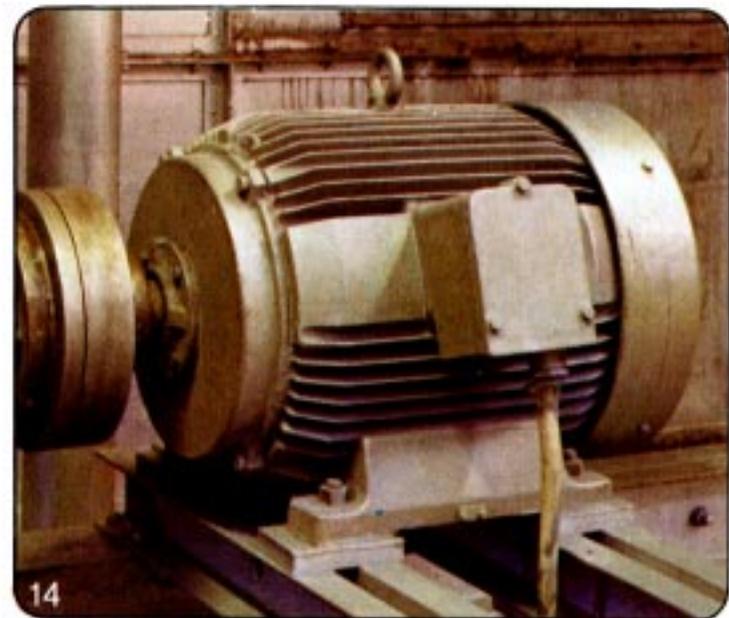
### Aufgaben

1. Zeichne das Energieflußbild für eine Kaffeemühle, die von einem Elektromotor angetrieben wird.
2. Stell dir vor, Turbine und Dynamo in Bild 12 werden nicht von einer Person gehalten, sondern von zweien: Einer hält die Turbine fest, der andere den Dynamo. Bekommt der Dynamo Energie? Ist der Drehimpulsstromkreis geschlossen? Welchen Weg fließt der Drehimpuls?

### 9.4 Warum die zweite Verbindung für den Drehimpuls meist nicht auffällt

Daß man zwei Verbindungen braucht, wenn der Energieträger Elektrizität ist, ist offensichtlich: Der Stecker für ein elektrisches Gerät hat zwei Stifte. Daß man für den Drehimpuls zwei Verbindungen braucht, sieht man auf den ersten Blick nicht. Beim Dampfkraftwerk fließt der Drehimpuls über das Fundament zurück, auf dem Dampfturbine und Generator festmontiert sind. Bei einer elektrischen Kaffeemühle fließt er über das Gehäuse von der Mühle zum Elektromotor zurück.

Als Rückleitung wird hier also immer die „Unterlage“ genommen, auf der Quelle und Empfänger befestigt sind. Diese Rückleitung fällt einem nicht auf, weil die Unterlage sowieso da ist. Man hat für die Rückleitung keine besondere Verbindung hergestellt und spart damit Material ein.



Dies ist ein Trick, den wir schon anderswoher kennen. Bei der Fahrradbeleuchtung macht man es genauso, nur mit einem anderen Energieträger, nämlich der Elektrizität. Fahrraddynamo und -lampe sind durch einen einzigen Draht miteinander verbunden, obwohl man für die Elektrizität immer zwei Verbindungen braucht. (Die Elektrizität ist ein Pfandflaschen-Energieträger!) Bei der Fahrradbeleuchtung nimmt man als zweite Verbindung den Fahrradrahmen. So spart man einen Draht ein. Bei Drehimpulsströmen nimmt man die Unterlage als zweite Verbindung, so spart man die zweite Welle ein.

Trotzdem muß man darauf achten, daß auch die zweite Verbindung in Ordnung ist, besonders wenn die Drehimpulsströme sehr groß sind. Bild 14 zeigt, wie ein starker Elektromotor am Stahlträger befestigt ist. Der Drehimpuls fließt durch die Bolzen aus dem Fundament zurück zum Motor.

**Zusammenfassung:** Als Rückleitung für den Drehimpuls wird oft die Unterlage benutzt, auf der Quelle und Empfänger befestigt sind.

Ergänzung E 6 auf Seite 95.

### Aufgaben

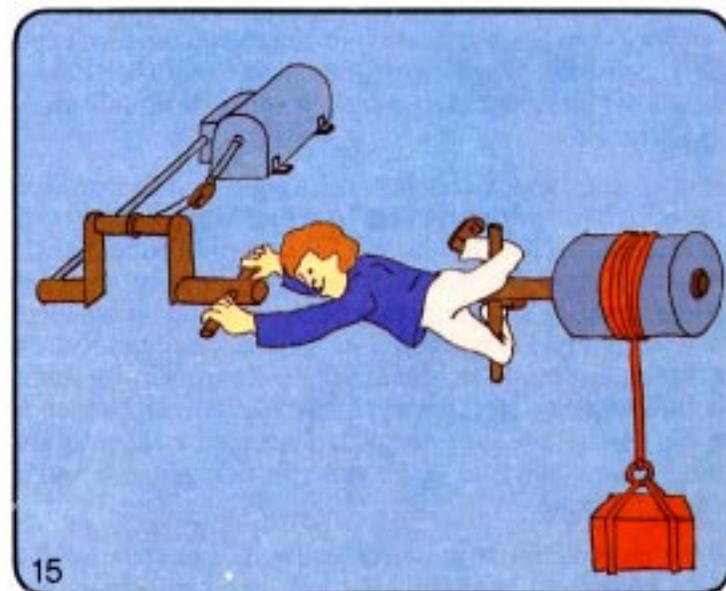
1. Wenn man in ein Stück Eisen ein Loch bohren will, spannt man es in einen Schraubstock. Warum?
2. Jemand bohrt mit der Bohrmaschine ein Loch in die Wand. Welchen Weg nimmt die Energie? Welchen Weg nimmt der Drehimpuls?

### 9.5 Drehimpulsströme kann man spüren

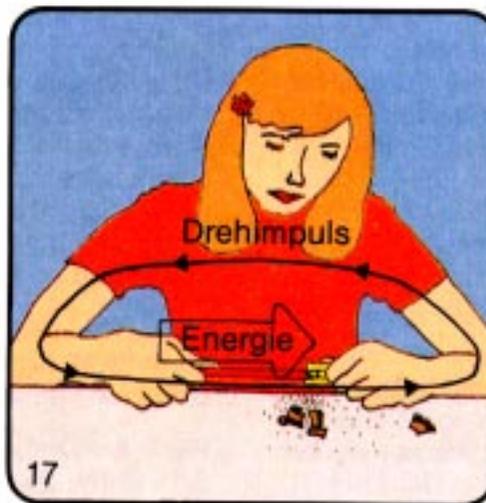
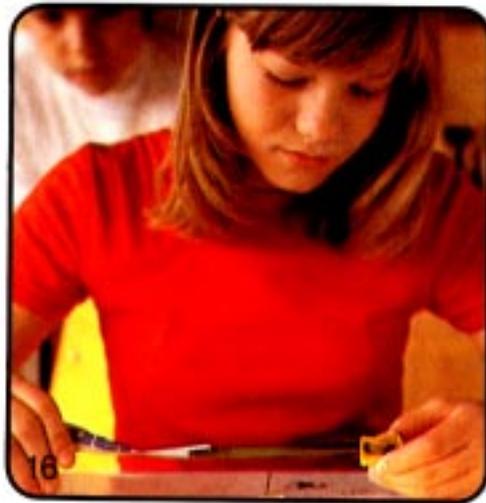
Du weißt, daß es unangenehm oder gefährlich ist, wenn Elektrizität durch dich hindurchfließt. Nur wenn der Strom sehr schwach ist, spürst du ihn nicht. Mit dem Drehimpuls ist es ähnlich. Sehr kleine Drehimpulsströme, etwa wie in dem Experiment von Bild 12, spürt man nicht. Große Drehimpulsströme spürt man aber sehr wohl, und sie können auch gefährlich werden.

Das Gefühl, das du hast, wenn Drehimpuls durch dich hindurchfließt, kann man so beschreiben: Der Drehimpulsstrom möchte dich „verdrillen“, Bild 15.

Fließt der Drehimpuls nicht durch einen Menschen, sondern durch irgendeinen Gegenstand, so „spürt“ der Gegenstand die Verdrillung. Manchmal kann man das dem Gegenstand sogar ansehen.



Der Drehimpulsstrom möchte den Mann verdrillen.



Schneide ein rechteckiges Stück Plastik aus, und bau es in einen Drehimpulsstromkreis ein, Bild 16. Der Plastikstreifen wird vom Drehimpulsstrom, der durch ihn hindurchfließt, verdrillt. Der Bleistift selbst spürt natürlich dasselbe wie der Plastikstreifen, nur sieht man es ihm nicht an, da er härter ist.

Bild 17 zeigt schematisch, wie Energie und Drehimpuls beim Bleistiftspitzen fließen. Von den Muskeln der rechten Hand trägt der Drehimpuls Energie durch den Bleistift bis zur Klinge des Bleistiftspitzers. Hier wird sie abgeladen, und der Drehimpuls fließt durch den linken Arm, den Körper und den rechten Arm zurück zu den Muskeln der rechten Hand. Daß der Drehimpulsstrom in der Rückleitung genauso stark ist wie in der Hinleitung, kannst du leicht feststellen. Bau den Plastikstreifen einfach in die Rückleitung ein, Bild 18. Er verdrillt sich genauso wie in der Hinleitung.

Bei anderen Drehimpulsstromkreisen ist es genauso. Bei dem Stromkreis von Bild 2 fließt der Drehimpuls mit Energie beladen von der Turbine zum Generator. Die Tur-

binenwelle spürt eine Verdrillung. Durch das Fundament fließt der Drehimpuls ohne Energie zurück zur Turbine. Auch das Fundament spürt eine Verdrillung.

**Zusammenfassung:** Ein Drehimpulsstrom versucht, jeden Gegenstand, durch den er hindurchfließt, zu verdrillen.

## E1 Wellen

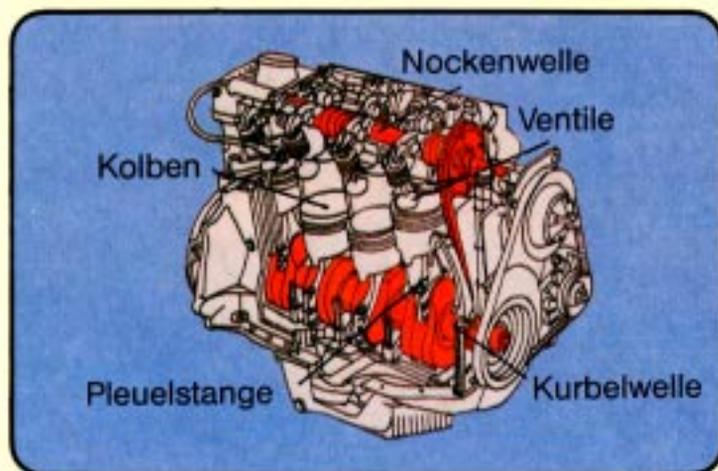
Manche Wellen, die bestimmte Aufgaben erfüllen, haben einen eigenen Namen. Hier einige Beispiele:

**Kardanwelle:** Bei vielen Autos sitzt der Motor vorn, aber die Hinterräder werden angetrieben. Die Energie fließt hier durch die Kardanwelle von vorn nach hinten. Da die Hinterachse mit dem Fahrgestell nicht starr verbunden ist, hat diese Welle zwei Gelenke, die Kardangelenke. Bei Lastwagen ist diese Welle gut zu sehen, Bild 1 auf Seite 86.

**Kurbelwelle:** Die Welle von Benzin- und Dieselmotoren, auf die die Pleuelstange über die Pleuelstange Energie übertragen, heißt, wegen ihrer Form, Kurbelwelle.

**Nockenwelle:** Die Kurbelwelle treibt, meist mit einer Kette, die Nockenwelle an. Die Nockenwelle öffnet und schließt über ein Gestänge die Ventile des Motors.

**Zapfwelle:** An einen Traktor kann man Zusatzgeräte anbauen oder anhängen. Viele Zusatzgeräte brauchen Energie mit dem Träger Drehimpuls, z. B. die Strohpresse,



der Selbstladewagen oder die Rübenvollerntemaschine. Diese Geräte bekommen die Energie vom Traktor über die Zapfwelle. Die Zapfwelle befindet sich hinten am Traktor unter der Anhängerkupplung (Abbildung in E 2).

## E2 Zapfwellen- und Hydraulikantrieb

Traktoren haben zwei Energieanschlüsse:

1. Einen Anschluß an der Zapfwelle. Hier kann man Energie mit dem Träger Drehimpuls abnehmen.
2. Zwei Anschlüsse für Hydraulikschläuche. Hier kann man Energie mit dem Träger Hydrauliköl abnehmen. Der eine Schlauchanschluß ist für die Hinleitung da, der andere für die Rückleitung.

Heute werden mehr und mehr Zusatzgeräte mit Hydraulikantrieb ausgerüstet, da das Verlegen von Schläuchen bequemer ist als das Verlegen von Wellen, besonders dann, wenn die Energie um mehrere Ecken fließen soll.



### E 3 Wellen und Treibriemen

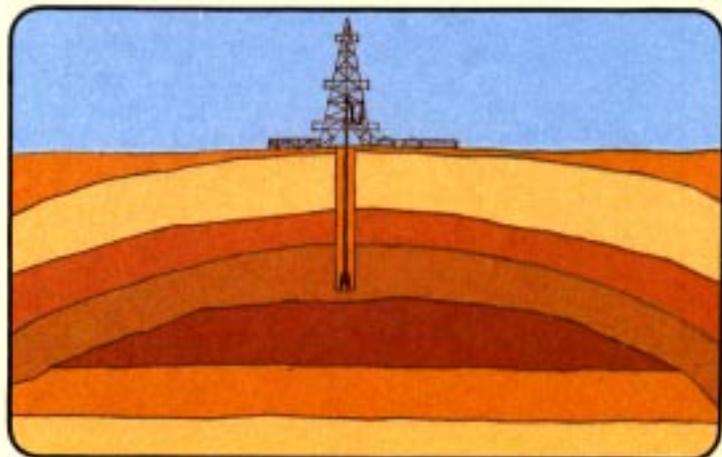
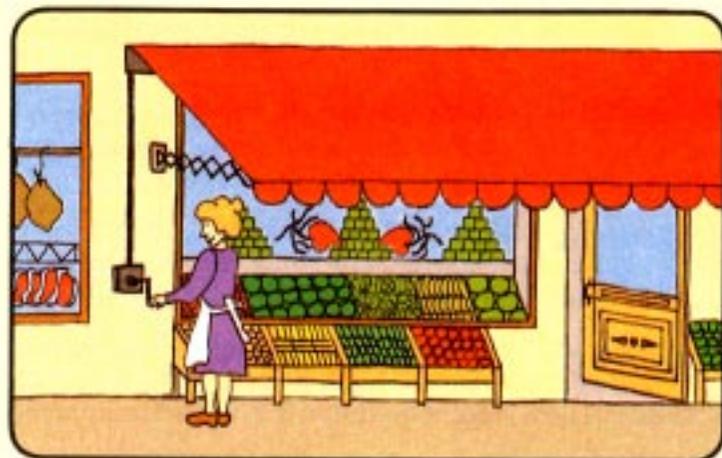
Quellen, die Energie mit dem Drehimpuls abgeben, hatten wir schon bei einer anderen Gelegenheit kennengelernt. Sie können nämlich die Energie auch auf einen anderen Energieträger laden: auf Treibriemen oder Ketten. Man braucht dazu auf der Welle nur eine Riemenscheibe oder ein Kettenrad anzubringen. Ebenso können die Empfänger, die wir aufgezählt haben, ihre Energie nicht nur mit dem Drehimpuls, sondern auch mit einem Riemen oder einer Kette aufnehmen.

Das Bild zeigt zwei Motorräder. In beiden Fällen ist der Motor die Energiequelle und das Hinterrad der dazugehörige Empfänger. Beim ersten ist die Kette der Energieträger. Das zweite Motorrad hat „Kardanwellenantrieb“. Motor und Hinterrad sind durch eine Welle verbunden. Energieträger ist hier also der Drehimpuls.



### E 4 Zwei Beispiele für den Energietransport mit dem Drehimpuls

Zum Aufrollen des Sonnendachs (oberes Bild) wird oben an der Rolle Energie gebraucht. Unten befindet sich eine Kurbel. Von der Kurbel zur Rolle trägt der Drehimpuls die Energie. Er fließt, zusammen mit der Energie, durch die senkrechte Welle (links im Bild).



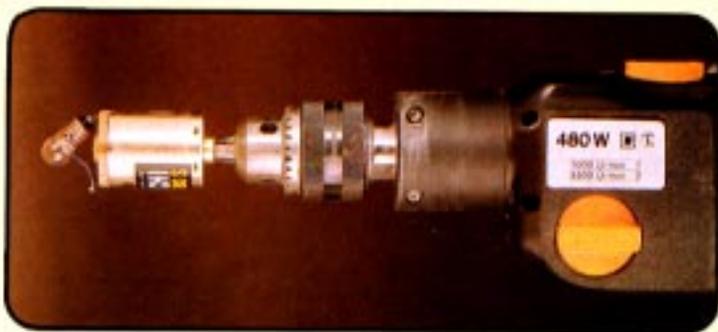
Am unteren Ende des Bohrlochs auf dem unteren Bild wird Energie gebraucht. Die Energiequelle ist ein Motor, der oben über der Erdoberfläche steht. Die Energie wird vom Drehimpuls nach unten getragen. Er fließt zusammen mit der Energie durch das Bohrgestänge.

### E 5 Ein einfacher Drehimpulsstromkreis

Man braucht

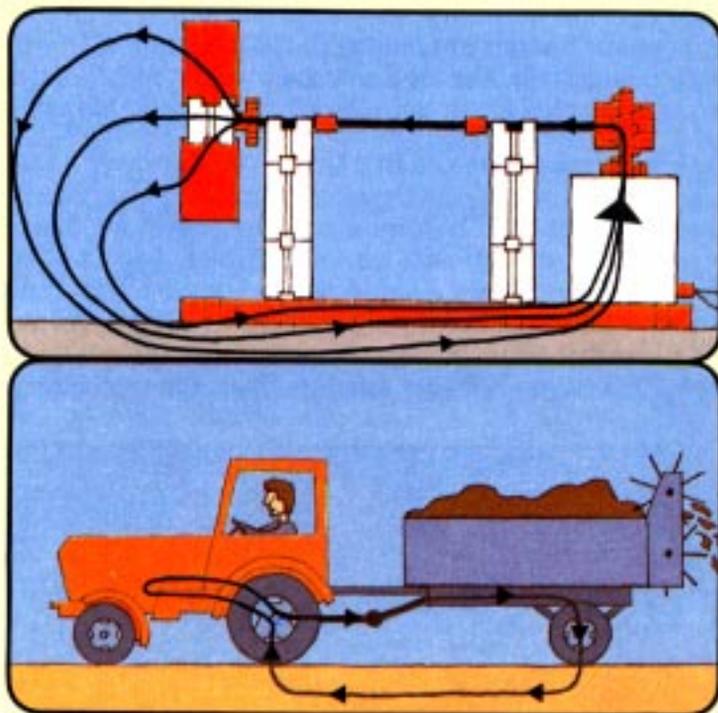
- eine elektrische Handbohrmaschine,
- einen kleinen Dynamo (die meisten Spielzeugmotoren kann man als Dynamo verwenden),
- ein Taschenlampenbirnchen.

Als erstes wird das Birnchen an den Dynamo angeschlossen. Die elektrische Bohrmaschine soll nun den Dynamo antreiben, in anderen Worten: der Dynamo soll Energie von der Bohrmaschine mit dem Träger Drehimpuls bekommen. Dazu wird die Welle des Dynamos ins Bohrfutter der Bohrmaschine eingespannt. Man nimmt nun die Bohrmaschine in beide Hände und lässt sie laufen. Leuchtet das Birnchen? Dann wird die Bohrmaschine mit der einen Hand festgehalten und der Dynamo mit der anderen. Leuchtet das Birnchen wenn die Bohrmaschine läuft? Welchen Weg nimmt der Drehimpuls?



### E 6 Die unerwarteten Wege des Drehimpulses

Oft ist es nicht leicht, die Rückleitung des Drehimpulses zu finden, denn der Drehimpuls nimmt manchmal unerwartete Wege.



Beim Ventilator fließt er vom Motor zur Luftschraube, von dort durch die Luft zur Erde und von der Erde zum Elektromotor zurück.

Wenn an einem Traktor eine Maschine hängt, die vom Motor des Traktors angetrieben wird, fließt der Drehimpuls vom Motor durch die Zapfwelle zur Maschine, durch die Räder der Maschine in die Erde und von der Erde durch die Hinterräder des Traktors zurück zum Motor des Traktors.

# 10. Energieumlader

## 10.1 Quellen und Empfänger laden Energie um

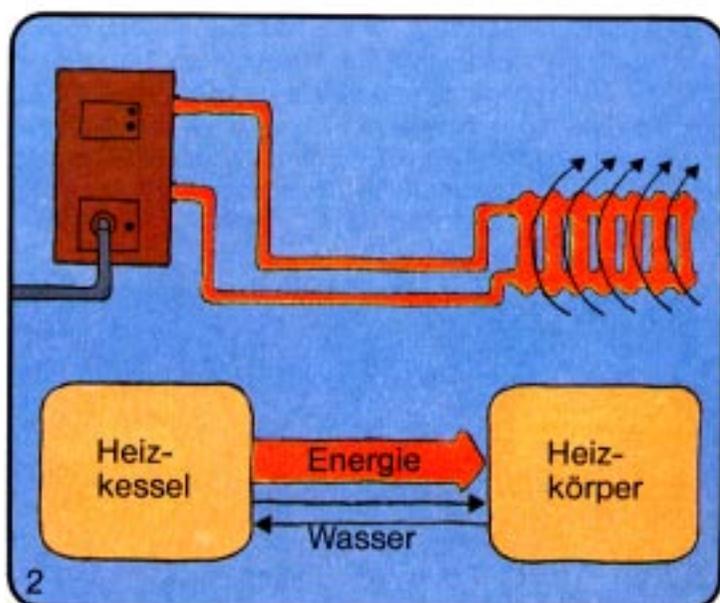
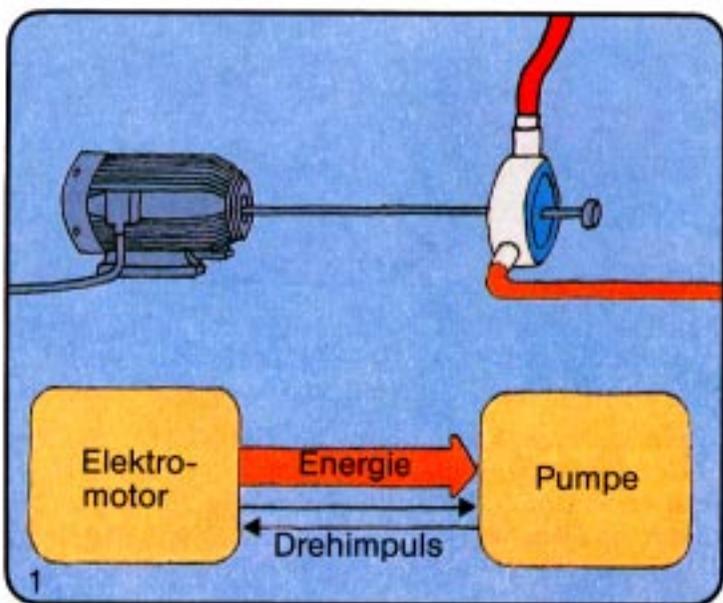
Energiequellen geben Energie ab – der Name sagt das schon. Woher nehmen sie aber die Energie, die sie abgeben? Bekommen sie sie von anderen Quellen? Betrachte Bild 1. Hier ist der Elektromotor die Energiequelle und die Pumpe der Energieempfänger. Das ist im unteren Teil von Bild 1 dargestellt. Bei der Zentralheizung in Bild 2 ist der Heizkessel die Quelle, der Heizkörper der Empfänger.

In der oberen Hälfte von Bild 1 siehst du, daß der Elektromotor selbst wieder Energie bekommt, und zwar durch ein Kabel. Ebenso bekommt der Heizkessel im Bild 2 Energie mit dem Heizöl durch ein Rohr. Die Quellen haben also nicht nur einen Ausgang für die Energie, sie haben auch einen Eingang. Elektromotor und Heizkessel sind also nicht nur Quelle, sie sind gleichzeitig auch Empfänger. Der Energieträger, mit dem sie die Energie bekommen, ist aber nicht derselbe wie der, mit dem sie die Energie wieder abgeben.

Sieh dir nun die Empfänger in den Bildern 1 und 2 an, also die Pumpe und den Heizkörper. Was passiert mit der Energie, die sie bekommen? Die Energie, die mit dem Drehimpuls in die Wasserpumpe hineinfließt, kommt mit dem Wasser wieder heraus, und die Energie, die mit dem warmen Wasser in den Heizkörper hineinfließt, verläßt ihn wieder mit der Luft, die am Heizkörper vorbeiströmt.

Auch die Empfänger haben also einen Eingang und einen Ausgang für die Energie. Sie sind nicht nur Empfänger, sie sind Empfänger und Quelle gleichzeitig. Der Energieträger, mit dem sie die Energie abgeben, ist jedoch nicht derselbe wie der, mit dem sie die Energie bekommen.

Was wir Quelle genannt haben, ist also auch Empfänger, und was wir Empfänger genannt haben, ist zugleich auch Quelle. Alle diese Geräte tun eigentlich dasselbe: Sie laden



die Energie um von einem Energieträger auf einen anderen. Wir nennen sie deshalb Energieumlader.

Der Elektromotor lädt die Energie um von der Elektrizität auf den Drehimpuls.

Die Wasserpumpe lädt die Energie um vom Drehimpuls auf das Wasser.

Der Heizkessel lädt die Energie um vom Heizöl auf das Wasser.

Der Heizkörper lädt die Energie um vom Wasser auf die Luft.

Da die meisten Geräte Energieumlader sind, lohnt es sich, ein eigenes Symbol für den Umlader einzuführen. Du kannst ein solches Symbol zusammensetzen aus denen, die du schon kennst. Für den Umlader „Heizkessel“ sieht das so aus: Einmal ist der Heizkessel Energieempfänger,

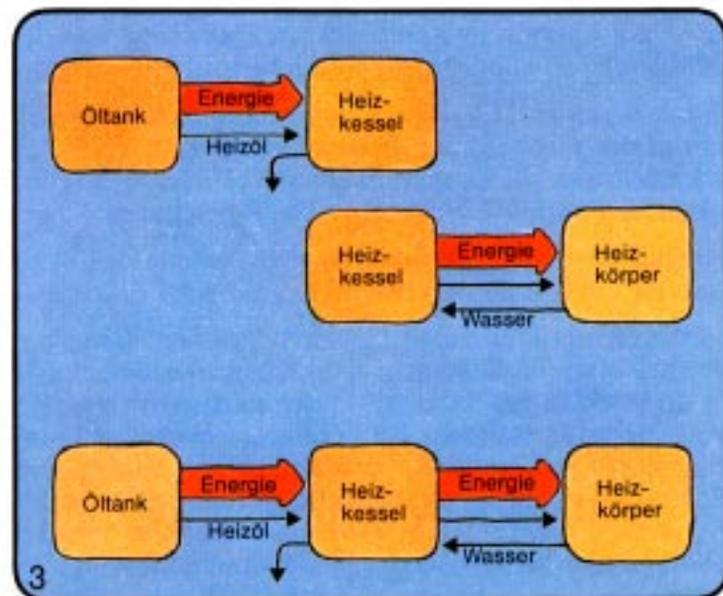
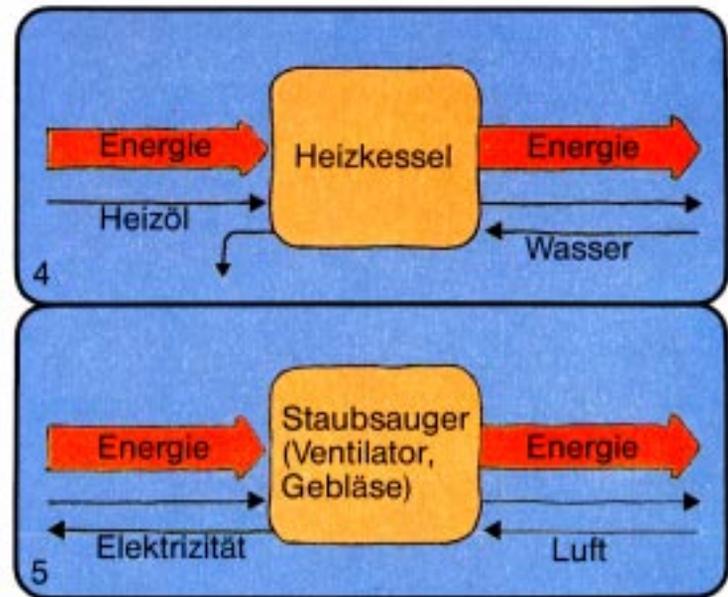


Bild 3 oben, einmal ist er Energiequelle, Bild 3 Mitte. Legt man die beiden Abbildungen übereinander, so kommt Bild 3 unten heraus. Damit haben wir das Symbol für einen Energieumlader gefunden. In Bild 4 ist das Symbol des Heizkessels noch einmal allein dargestellt. Man sieht daran sehr deutlich, was der Heizkessel tut: Er lädt Energie um vom Energieträger Heizöl auf den Energieträger Wasser.

Ein Symbol ist ein sehr vereinfachtes Bild eines Gerätes. Man sieht dem Flußbild auf Bild 4 nicht an, ob es den Heizkessel einer Zentralheizung oder das Kesselhaus eines großen Kraftwerks darstellt.

Das Symbol in Bild 5 kann sein: das Flußbild eines Staubsaugers, eines Ventilators oder eines Gebläses. Diese drei Geräte unterscheiden sich zwar in vielen Punkten, aber eines haben sie gemeinsam: Sie laden Energie um von Elektrizität auf bewegte Luft.



**Zusammenfassung:** Elektromotor, Wasserpumpe, Heizkessel und Heizkörper sind Energieumwandler. Sie laden die Energie von einem Energieträger auf einen anderen um.

Ergänzung E 1 auf Seite 106.

### Aufgaben

1. Zähl einige Energieumwandler auf; gib an, mit welchen Energieträgern sie die Energie bekommen und mit welchen sie sie abgeben.
2. Zeichne das Energieflußbild a) eines Benzinmotors, b) einer Glühlampe, c) eines Windrades, d) eines Dynamos.
3. Welcher Energieumwandler lädt Energie um
  - a) von Drehimpuls auf Elektrizität,
  - b) von Licht auf Elektrizität,
  - c) von Nahrung auf Drehimpuls,
  - d) von Luft auf Drehimpuls,
  - f) von Heizöl auf Luft,
  - g) von Dieselöl auf Drehimpuls?

### 10.2 Ein Elektromotor wird zum Dynamo

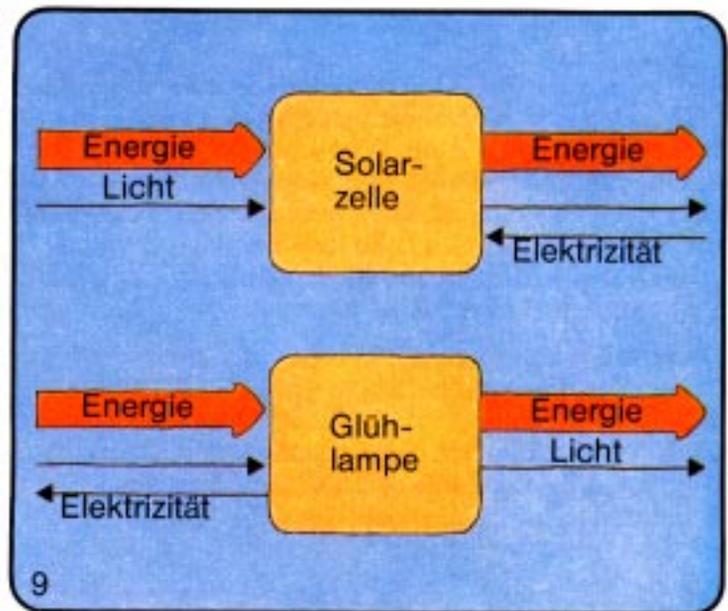
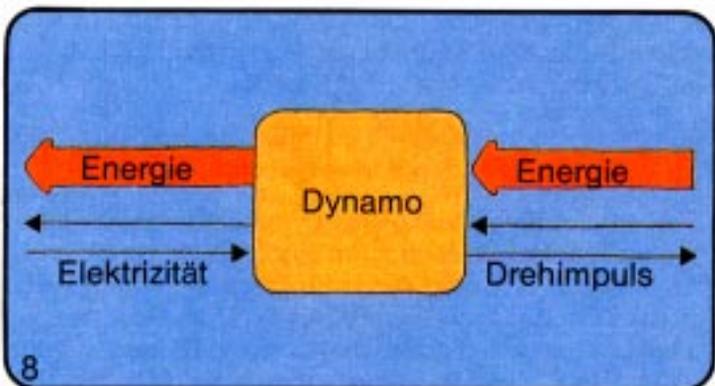
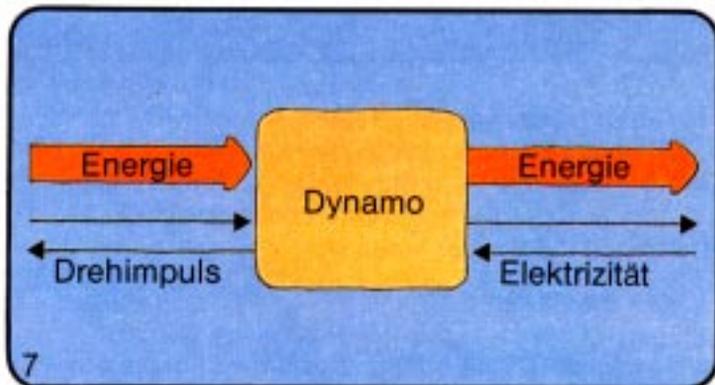
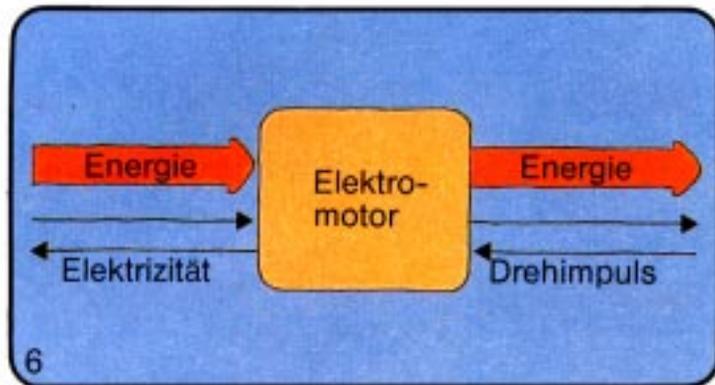
Bild 6 und Bild 7 zeigen die Energieflußbilder von Elektromotor und Dynamo. Jemand, der nicht weiß, was ein Elektromotor und was ein Dynamo ist, kann den Bildern leicht entnehmen, was die beiden Geräte tun: Der Elektromotor lädt Energie um von der Elektrizität auf den Drehimpuls und der Dynamo vom Drehimpuls auf die Elektrizität. Der Dynamo macht also das Umgekehrte wie der Elektromotor. Du kannst das Energieflußbild des Motors ganz einfach in das des Dynamos verwandeln: Du brauchst nur die Richtung aller Pfeile umzukehren, wie es Bild 8 zeigt. Wenn es dich stört, daß die Energie jetzt von rechts nach links strömt und nicht von links nach rechts, drehst du anschließend das Bild als Ganzes um. (Das Bild bleibt dabei das Flußbild eines Dynamos.) So erhältst du Bild 7.

Genauso wie „Elektromotor und Dynamo“ hat das Paar „Solarzelle und Glühlampe“ Energieflußbilder, die sich nur in der Richtung der Pfeile unterscheiden. Die Solarzelle lädt Energie um von Licht auf Elektrizität und die Glühlampe von Elektrizität auf Licht, Bild 9.

Gewöhnlich sind Energieumwandler, deren Flußbilder sich nur in der Richtung der Pfeile unterscheiden, ganz verschiedene Geräte. Manchmal kann das Hin- und das Herladen aber sogar mit demselben Gerät geschehen.

Schließ einen Spielzeugmotor an eine Batterie an. Er lädt Energie um von Elektrizität auf Drehimpuls.

Verbinde nun stattdessen die Anschlüsse des Motors mit einem kleinen Glühlämpchen, und spanne die Motorwelle in eine elektrische Handbohrmaschine ein (wie es in E 5 von Kapitel 9 geschieht). Halte Bohrmaschine und Spielzeugmotor fest, und laß die Bohrmaschine laufen. Das Lämpchen leuchtet. Der Spielzeugmotor arbeitet jetzt als Dynamo. Ganz ähnlich kann man manche Wasserpumpen auch als Turbine oder als Hydraulikmotor laufen lassen.



**Zusammenfassung:** Elektromotor und Dynamo, Solarzelle und Glühlampe, Wasserpumpe und Wasserturbine sind jeweils Paare mit umgekehrten Flußbildern. Manche Elektromotoren kann man auch als Dynamo laufen lassen, manche Wasserpumpen als Turbine.

Ergänzungen E 2 und E 3 auf Seite 106 f.

### Aufgaben

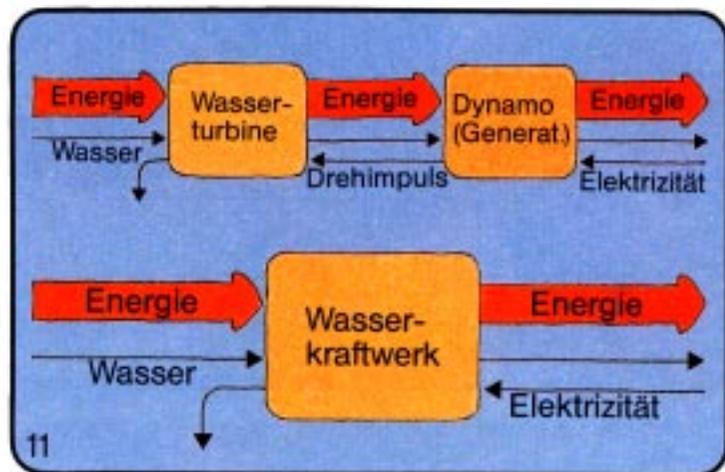
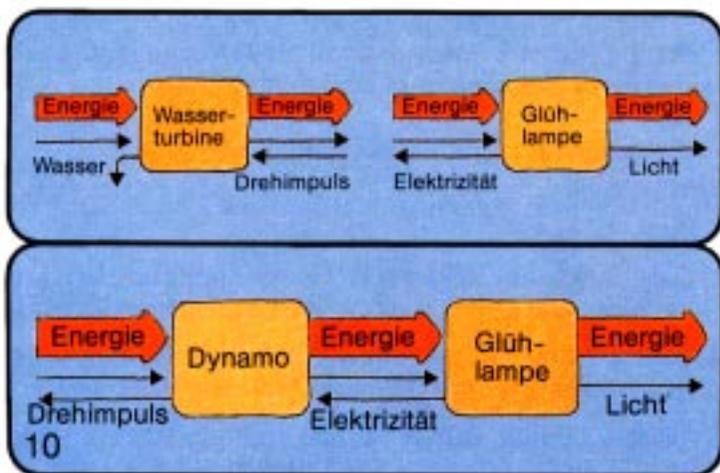
1. Zeichne die Flußbilder von Wasserpumpe und Wasserturbine. Wie erhält man das eine aus dem anderen?
2. Zeichne das Flußbild eines Windrades. Gibt es einen Energieumlader mit dem umgekehrten Flußbild?
3. Nenne Geräte, durch die die Energie sowohl „vorwärts“ als auch „rückwärts“ hindurchfließen kann.

### 10.3 Wie man Energieumlader aneinanderkoppelt

Bisher haben wir uns nur einzelne Umlader angesehen. Du hast aber sicher schon bemerkt, daß man Umlader aneinanderkoppeln kann. Wir haben das auch schon gemacht. Es gibt dabei aber eine Regel, die zu beachten ist. Du kannst sie vielleicht selbst herausfinden, wenn du dir Bild 10 ansiehst. Warum kann man eine Glühlampe nicht an eine Wasserturbine anschließen (Bild 10 oben), wohl aber an einen Dynamo (Bild 10 unten)?

Die Energie kann aus der Turbine nur mit dem Träger Drehimpuls herauskommen, in die Glühlampe aber nur mit dem Träger Elektrizität hineinfließen. Die beiden Umlader passen also nicht zusammen. Dynamo und Glühlampe dagegen passen zusammen, denn die Energie kommt aus dem Dynamo mit demselben Träger heraus, mit dem sie in die Glühlampe hineinfließt.

Die Regel für die Zusammenkopplung heißt also: Der Träger, der die Energie aus dem ersten Umlader heraus trägt, muß derselbe sein wie der, der sie in den zweiten hineinträgt.

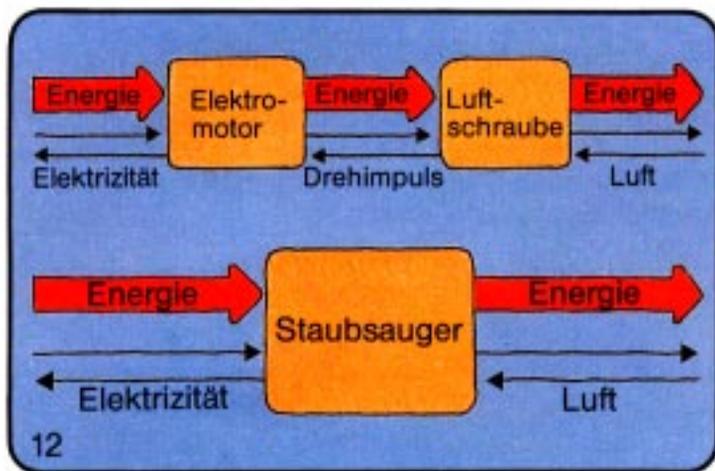


Man kann einen Dynamo an eine Wasserturbine koppeln, Bild 11 oben, denn sowohl die Energie, die aus der Turbine herauskommt, als auch die Energie, die in den Dynamo hineinfließt, wird vom Drehimpuls getragen. (Beide Maschinen haben eine Welle.)

Du hast sicher bemerkt, daß das, was wir gerade zusammengesetzt haben, ein Wasserkraftwerk ist. Statt durch zwei aneinandergekoppelte Symbole können wir das Wasserkraftwerk auch durch ein einziges Symbol darstellen. Wenn wir uns nicht für den inneren Aufbau des Kraftwerks interessieren, reicht nämlich auch das Flußbild von Bild 11 unten.

Bild 12 zeigt unten das Flußbild eines Staubsaugers. Darüber ist das zerlegte Flußbild dargestellt.

Selbstverständlich kann man auch mehr als zwei Umlader aneinanderkoppeln. Man kann ganze Ketten von Umladern bauen. Bild 13 zeigt das Flußbild eines Staubsaugers, der seine Energie von einem Wasserkraftwerk bekommt. Auf dem Weg vom Wasser des Kraftwerks zur Luft des Staubsaugers wird die Energie viermal umgeladen.



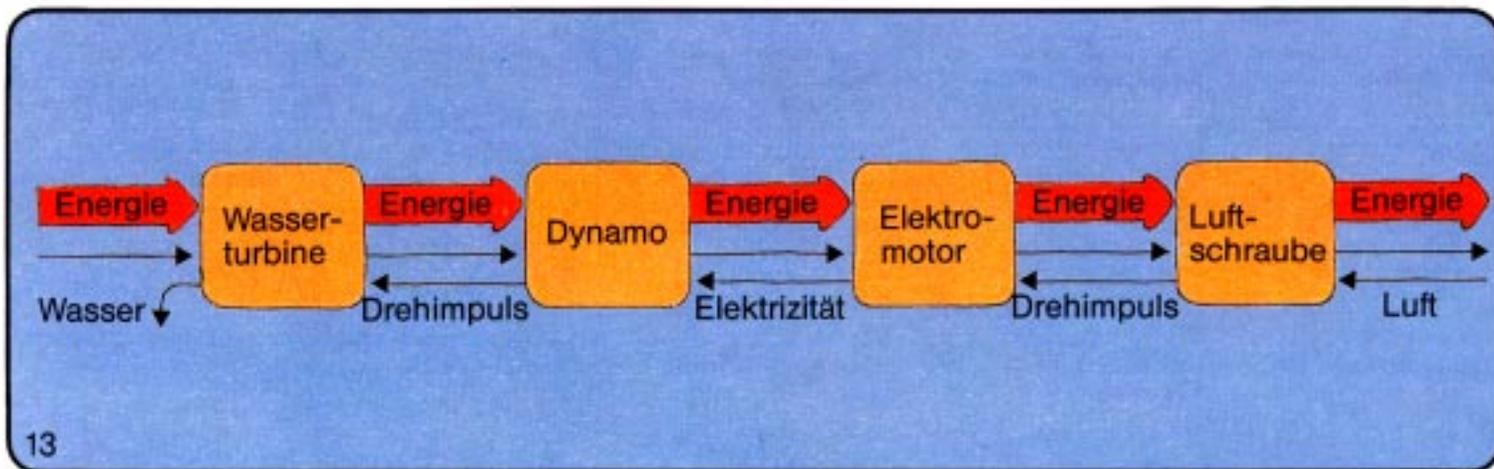
12

**Zusammenfassung:** Zwei Energieumlader zusammengesetzt, ergeben einen neuen Umlader. Dabei muß der Energieträger am Ausgang des ersten Umladers derselbe sein wie am Eingang des zweiten.

Ergänzung E 4 auf Seite 107.

### Aufgaben

1. Worauf muß man achten, wenn man zwei Energieumlader aneinanderkoppeln will?
2. Welchen Umlader muß man zwischen Benzinmotor und Glühlampe einfügen, wenn man die Glühlampe mit dem Benzinmotor betreiben will?
3. Zeichne eine lange Phantasie-Umladerkette.
4. Zeichne eine möglichst lange Umladerkette, die es wirklich gibt.
5. Stell die elektrische Wasserpumpe
  - a) durch ein einziges Symbol,
  - b) durch zwei aneinandergeschaltete Symbole dar.
6. Setze die Flußbilder der folgenden Geräte aus je zwei Symbolen zusammen:
  - a) Elektropumpe,
  - b) Wasserpumpe mit Benzinmotor,
  - c) windgetriebene Wasserpumpe (auf Mallorca gibt es viele solcher Pumpen).



13

## 10.4 Ein Katalog von Umladern

Viele Geräte, die dir in diesem Buch begegnet sind, sind Energieumlader. Wir haben sie in einer Tabelle angeordnet. Wir wollen sehen, was man mit der Tabelle anfangen kann. Wenn du von dem Wort Solarzelle ganz nach links gehst, findest du den Träger, mit dem die Energie in die

Solarzelle hineinfließt: Licht. Wenn du von dem Wort Solarzelle nach oben gehst, findest du den Träger, mit dem die Energie aus der Solarzelle herausfließt: Elektrizität. Auf die gleiche Weise kannst du der Tabelle z. B. entnehmen, daß der Umlader Heizkörper die Energie mit dem Träger „warmes Wasser“ bekommt und sie mit dem Träger „warme Luft“ wieder abgibt.

Träger, mit dem die Energie in den Umlader hineinfließt	Träger, mit dem die Energie aus dem Umlader herausfließt							
	Preßluft bewegte Luft	Flüssigkeit unter hohem Druck, bewegte Flüssigkeit	Elektrizität	Drehimpuls	Licht	warme Luft	warmes Wasser	Brennstoff
Preßluft bewegte Luft			Windkraftwerk	Windrad				
Flüssigkeit unter hohem Druck, bewegte Flüssigkeit			Wasserkraftwerk	Wasserturbine Hydromotor				
Elektrizität	Ventilator Staubsauger	Elektropumpe		Elektromotor	Glühlampe	Elektroofen	elektrisches Heißwassergerät	
Drehimpuls	Kompressor	Wasserpumpe	Dynamo, Generator					
Licht			Solarzelle	Lichtmühle		Asphaltstraße	Sonnenkollektor	
warme Luft								
warmes Wasser						Heizkörper		
Brennstoff	Dieselmotor		Kohlekraftwerk	Benzinmotor Dampfmaschine	Feuer	Ölofen	Heizkessel	

In der Tabelle stehen sowohl zusammengesetzte Umlader, wie das Wasserkraftwerk, als auch solche, die wir nicht mehr zerlegen, wie die Wasserturbine.

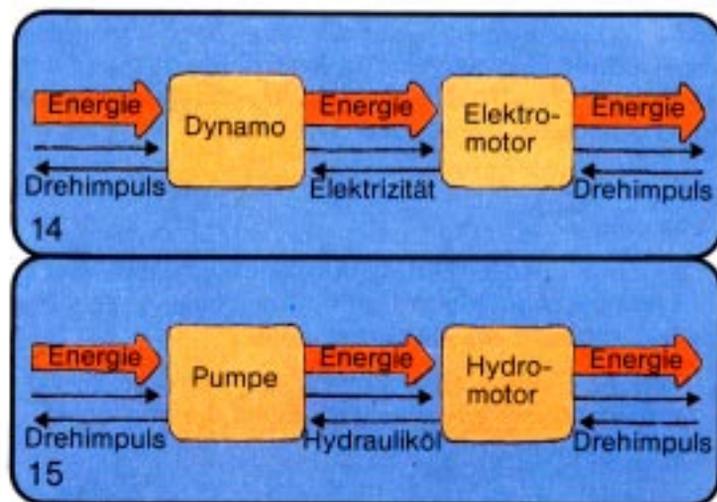
Ergänzung E 5 auf Seite 108.

### Aufgaben

- Alle Motoren stehen in der Tabelle auf Seite 102 in derselben Spalte. Warum?
  - Alle Öfen stehen in der Tabelle in derselben Spalte. Warum?
- In welcher Spalte der Tabelle stehen
  - Pumpen,
  - Lampen?
- Was haben Geräte gemeinsam, die in derselben Zeile der Tabelle stehen?

### 10.5 Energietransport über große Entfernungen

Die Umladerkette in Bild 14 scheint auf den ersten Blick sinnlos zu sein. Ein Dynamo lädt Energie vom Drehimpuls auf die Elektrizität, der Elektromotor lädt sie zurück auf den Drehimpuls. Man könnte ja die Energie gleich auf dem Drehimpuls lassen, dann sparte man zwei Umlader ein. Trotzdem wird diese Kette häufig verwendet, und aus gutem Grund. Im Elektrizitätswerk kommt die Energie aus der Dampfturbine oder Wasserturbine mit dem Drehimpuls heraus. In den Häusern, zu denen die Energie gebracht werden soll, wird sie zum Teil mit dem Drehimpuls gebraucht, nämlich in all den Geräten, die einen Elektromotor haben. Könnte man nicht den Generator im Kraftwerk und die Elektromotoren im Haushalt einsparen? Ja, aber nur um einen hohen Preis. Man müßte die Energie von der Turbine des Kraftwerks zu den Haushaltsgeräten mit dem Drehimpuls transportieren. Man müßte also statt der elektrischen Leitungen zwischen Kraftwerk und Häusern Wellen verlegen. Du kannst dir vorstellen, was das für ein Aufwand wäre.



Selbst bei kleineren Entfernungen zieht man oft den Umweg über die Elektrizität vor. In jedem Auto gibt es Elektromotoren: einen für die Scheibenwischer, einen für den Ventilator (zur Kühlung des Benzinmotors), einen für das Heizungsgebläse, manchmal einen zum Heben und Senken der Scheiben, einen zum Ausfahren der Antenne, einen zum Öffnen des Schiebedachs... Alle diese Motoren bekommen ihre Energie von der Lichtmaschine. Die Lichtmaschine lädt Energie von Drehimpuls auf Elektrizität, die Elektromotoren laden sie wieder zurück auf den Drehimpuls.

Eine ähnliche Kette wird in vielen Baumaschinen verwendet, Bild 15. Ein Bagger hat einen großen Dieselmotor. Dieser lädt Energie vom Dieselöl auf den Drehimpuls. Eine Pumpe lädt die Energie um vom Drehimpuls auf das Hydrauliköl. An den Rädern oder Ketten des Baggers befinden sich Hydraulikmotoren, die die Energie zurückladen auf den Drehimpuls. Der Grund für das Hin- und wieder Zurückladen ist der, daß der Energietransport mit Hydraulikschläuchen bequemer ist als durch Wellen.

**Zusammenfassung:** Es ist nicht bequem, Energie über weite Entfernungen mit dem Drehimpuls zu transportieren. Deshalb lädt man sie für den Transport vom Drehimpuls auf Elektrizität oder auf Hydrauliköl um, und dann wieder zurück auf den Drehimpuls.

### Aufgaben

1. Zeichne das Flußbild der Umladerkette Automotor-Lichtmaschine-Elektromotor des Heizungsgebläses-Luftschaube des Heizungsgebläses.
2. Welche Energieträger eignen sich für den Energietransport über große Entfernungen, welche nicht?

## 10.6 Woher die Energie kommt, die im Haushalt verbraucht wird

Jeder Haushalt bekommt Energie mit mehreren Energieträgern. Die Energie zum Heizen bekommt er meist mit Kohle, Heizöl oder Erdgas. Die Energie für Beleuchtung, Bügeleisen, Staubsauger, Waschmaschine und Fernsehapparat kommt mit der Elektrizität ins Haus. Häuser mit Sonnenkollektoren bekommen die Energie für das warme Wasser mit dem Licht. Die Autos, Motorräder und Mofas des Haushalts bekommen ihre Energie mit Benzin. Schließlich wollen die Menschen in dem Haus auch essen. In das Haus kommt also auch mit der Nahrung Energie.

Woher kommt die Energie, die im Haushalt verbraucht wird? Wir verfolgen die Wege der Energieträger, die wir aufgezählt haben, rückwärts. Betrachte dazu Bild 16.

Die pflanzlichen Nahrungsmittel bekommen ihre Energie mit dem Licht von der Sonne. Da Tiere Pflanzen fressen, kommt auch die Energie, die wir beim Essen von Fleisch, Butter oder Eiern aufnehmen, von der Sonne. Alle Brennstoffe, also Kohle, Heizöl, Benzin und Erdgas kommen aus Lagerstätten, die vor vielen Millionen Jahren durch Verwesung von Pflanzen oder Tieren entstanden sind. Die Energie dieser Brennstoffe kommt also auch von der Sonne.

Die von der Elektrizität getragene Energie kommt zum größten Teil aus Kohlekraftwerken. Sie kommt also auch von der Sonne. Ein kleiner Teil kommt aus Wasserkraftwerken. Das Wasser, das die Turbinen antreibt, hat seine Energie aber auch von der Sonne bekommen. (Wenn du wissen möchtest, wie die Sonne das macht, lies E 6.) Nur ein ganz geringer Anteil der Energie, die im Haushalt verbraucht wird, weniger als 5%, kommt aus Kernkraftwerken. Kernkraftwerke bekommen ihre Energie mit Uran, und die Uranlagerstätten haben ihre Energie nicht von der Sonne bekommen.

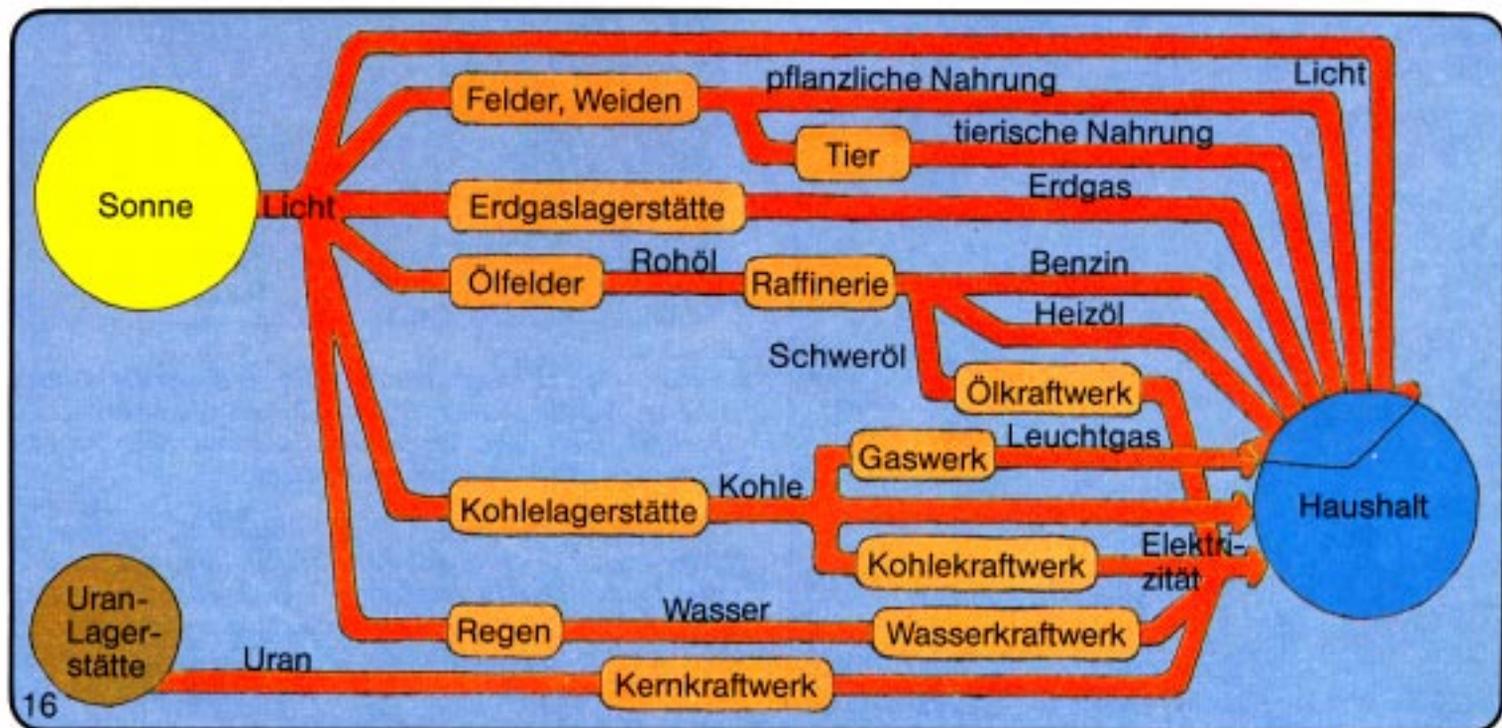
Der größte Teil der Energie, die wir verbrauchen, kommt aus Quellen, die irgendwann versiegen. Damit die Kohle-, Erdöl- und Erdgaslagerstätten entstehen konnten, mußte die Sonne Jahrmillionen scheinen. Wir sind dabei, diese Reserven in wenigen Jahrzehnten oder Jahrhunderten zu verbrauchen. Auch die Uranreserven werden nicht länger reichen. Es ist also höchste Zeit, darüber nachzudenken, wie wir in Zukunft noch genügend Energie bekommen können.

**Zusammenfassung:** Fast alle Energie, die wir verbrauchen, ist von der Sonne gekommen. Die meiste Energie, die wir verbrauchen, kommt aus Quellen, die in einigen Jahrzehnten oder Jahrhunderten versiegen.

Ergänzung E 6 auf Seite 109.

### Aufgaben

1. Mit welchen Trägern kommt bei euch die Energie ins Haus? Woher kommt diese Energie? Verfolge ihren Weg zurück.
2. Auf Bild 16 kannst du auf mehreren Wegen von der Sonne zum Haushalt gelangen. Zeichne für einige solche Wege das Energieflußbild.
3. Hechte ernähren sich von kleineren Fischen. Kommt die Energie, die man aufnimmt, wenn man Hechte ißt, auch von der Sonne?

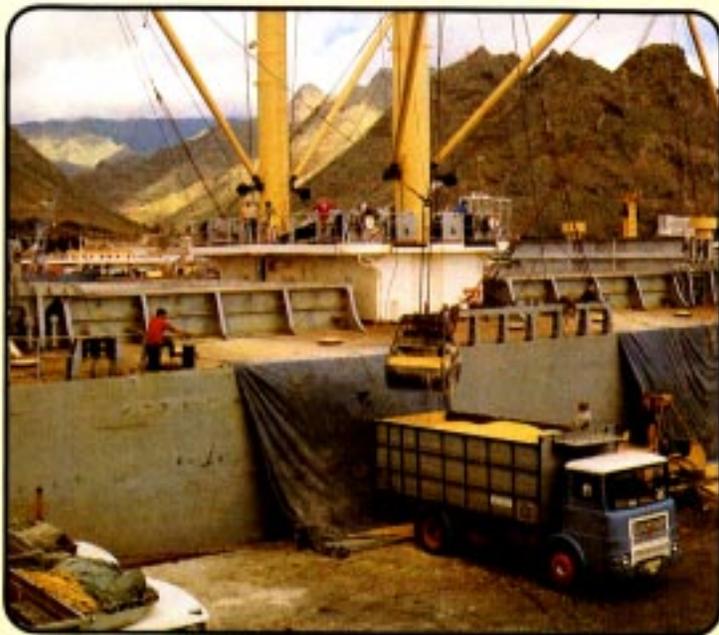


### E1 Sandumlader – Menschenumlader

Nicht nur für Energie gibt es Umlader, sondern auch für andere Dinge.

Das Bild zeigt einen Hafen, in dem Kies von einem Schiff auf Lastwagen umgeladen wird. Der Kies kommt mit dem Träger „Schiff“ in den Hafen hinein. Der Kran lädt ihn um auf Lastwagen. Der Kies verläßt den Hafen mit dem Träger „Lastwagen“. Der Hafen ist also ein „Kiesumlader“. Schiffe und Lastwagen sind übrigens „Pfandflaschen-Kiesträger“.

Vielleicht hast du gemerkt, daß jeder Hafen, jeder Flughafen und jeder Bahnhof ein Umlader ist – allerdings kein Energieumlader, sondern ein Warenumlader oder ein Menschenumlader. In einem Flughafen z. B. werden Menschen umgeladen vom Träger Auto auf den Träger Flugzeug und umgekehrt.



### E2 Der Fahrraddynamo als Motor

Genauso wie man viele Elektromotoren als Dynamo verwenden kann, kann man auch Dynamos als Elektromotoren verwenden. Du kannst das mit einem Fahrrad-



dynamo selbst ausprobieren, falls du einen Trafo hast, der am Ausgang etwa 8V hat. Einen Trafo brauchst du deshalb, weil dazu Wechselstrom erforderlich ist. Mit Batterien geht das Experiment nicht.

Stell das Fahrrad auf den Kopf. Kupple den Dynamo ein. (Wenn man am Rad des Fahrrads dreht, muß sich also die Dynamowelle mitdrehen.) Verbinde die beiden Anschlüsse des Dynamos (Schraubchen und Gehäuse) mit den beiden Buchsen des Trafos. Der Dynamo treibt das Rad des Fahrrads an. Es kann sein, daß du den Dynamo (= Motor) anwerfen mußst.

### E 3 Ein Experiment mit Modell-Lokomotiven

Manche Modell-Lokomotiven haben einen Motor, der als Dynamo arbeiten kann. Mit solchen Lokomotiven kann man ein überraschendes Experiment machen.



Normalerweise werden die Stromschienen an ein Netzgerät angeschlossen. Die Lokomotiven bekommen ihre Energie vom Netzgerät über Kontakte, die auf den beiden Stromschienen schleifen. Auf dem Bild sind die Stromschienen aber nicht am Netzgerät angeschlossen. Durch die Stromschienen werden nur die Motoren der beiden Lokomotiven miteinander verbunden.

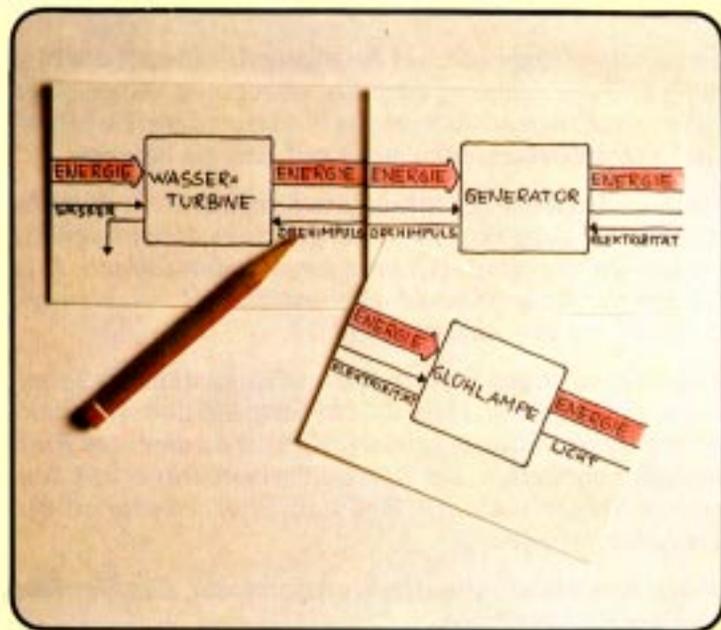
Schiebt man eine der beiden Lokomotiven mit der Hand, so bewegt sich auch die zweite Lokomotive, obwohl sie die erste nicht berührt. Woher bekommt die zweite Lokomotive die Energie?

### E 4 Ein Dominospiel mit Energieumladern

In vielen Aufgaben in diesem Buch mußt du Energieumlader auf die verschiedensten Arten aneinanderkoppeln. Dabei gibt es viel zu zeichnen. Du kannst dir die Arbeit aber erleichtern, wenn du das Flußbild jedes einzelnen Umladers auf ein Kärtchen zeichnest. Wenn nun Umlader aneinandergeschaltet werden sollen, brauchst du nur die entsprechenden Kärtchen aneinanderzulegen. Für die nächste Aufgabe kannst du sie dann wieder verwenden.

Das Bild zeigt, wie die Kärtchen aussehen müssen. Es ist wichtig, daß die Pfeile an den Kartenrändern auf derselben Höhe enden. Stell aber nur für solche Umlader Karten her, die nicht mehr zerlegt werden können.

Für das Aneinanderlegen der Karten gilt eine ähnliche Regel wie für das Aneinanderlegen von Dominosteinen.



### E 5 Transformator, Getriebe und Kokerei

In der Tabelle auf Seite 102 wurden die Kästen in der Diagonale von links oben nach rechts unten freigelassen. Dort würden die Geräte hingehören, die Energie umladen von einem Träger auf denselben Träger, also etwa von Elektrizität auf Elektrizität. So ein Gerät wäre ja sinnlos, wirst du vielleicht sagen. Wirklich? Wir wollen die Sache genauer betrachten.

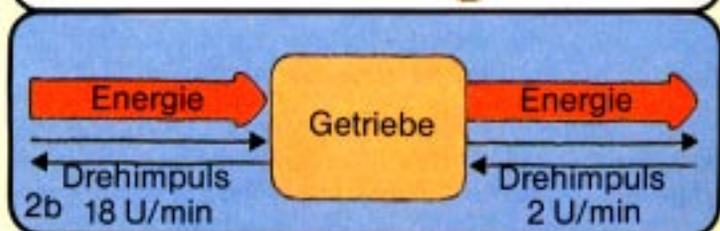
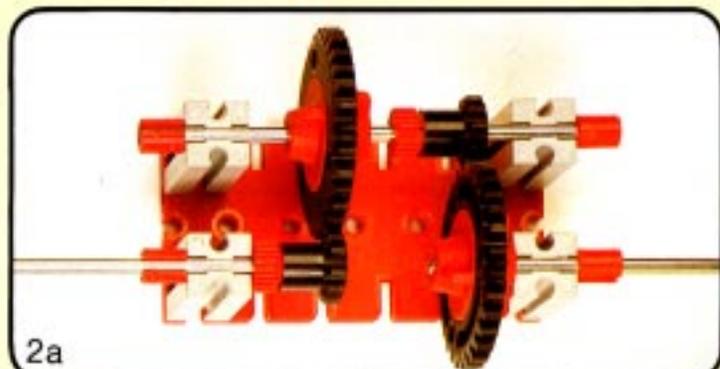
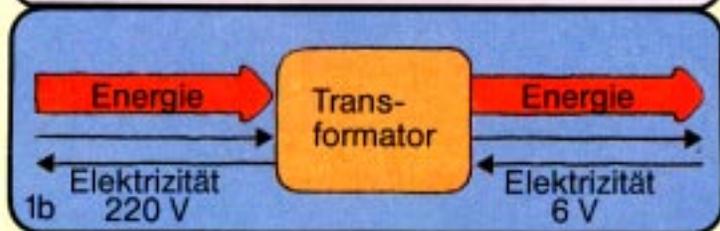
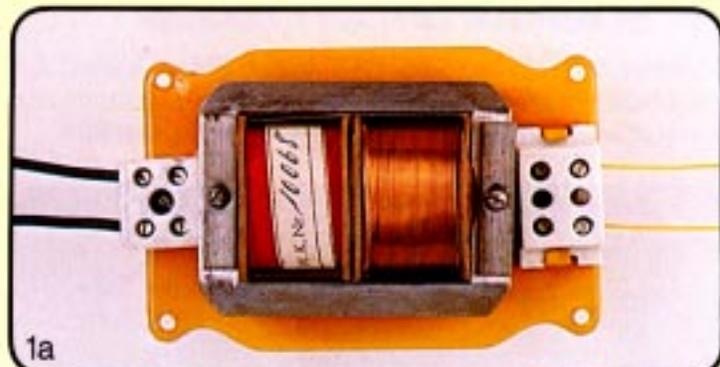
Bild 1 a zeigt ein Gerät, in das die Energie mit dem Träger Elektrizität hinein- und aus dem sie mit dem Träger Elektrizität wieder herausfließt: einen Transformator oder kurz Trafo. Bild 2 a zeigt ein Gerät, in das die Energie mit dem Träger Drehimpuls hinein- und aus dem sie mit dem gleichen Träger wieder herausfließt: ein Getriebe. Bild 3 a zeigt eine Anlage, in die die Energie mit dem Träger Brennstoff hinein- und aus dem sie mit dem Träger Brennstoff wieder herausfließt: eine Kokerei.

Der Energieträger ist zwar bei diesen Umladern am Eingang und am Ausgang derselbe, aber einen Unterschied zwischen Ein- und Ausgang gibt es trotzdem: Der Energieträger ist verschieden stark mit Energie beladen.

Beim Trafo ist die Spannung am Eingang nicht dieselbe wie am Ausgang Bild 1 b. Beim Getriebe drehen sich die Wellen an Ein- und Ausgang verschieden schnell, Bild 2 b. Bei der Kokerei ist der Brennstoff am Eingang nicht derselbe wie am Ausgang Bild 3 b.

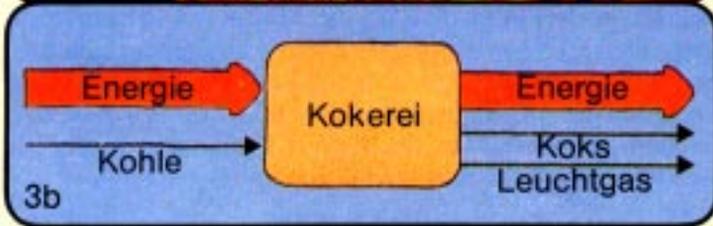
Trage Transformator, Getriebe und Kokerei in die Tabelle auf Seite 102 ein. Hast du auf Seite 106 den Abschnitt über die Kiesumlader gelesen? Kannst du dir einen Kiesumlader vorstellen, der Kies von einem Träger auf denselben Träger umlädt? Welchen Sinn könnte so ein Umlader haben?

Wozu verwendet man den Transformator, das Getriebe und die Kokerei?





3a



3b

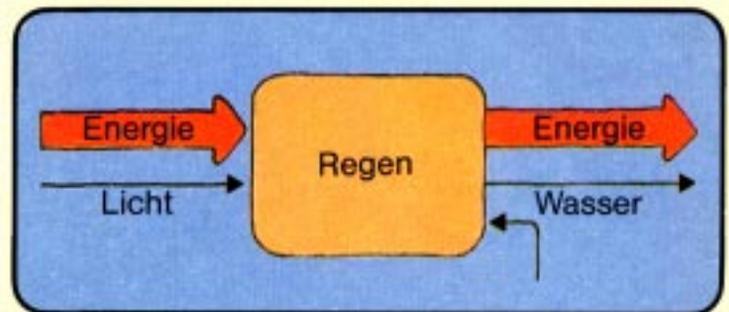
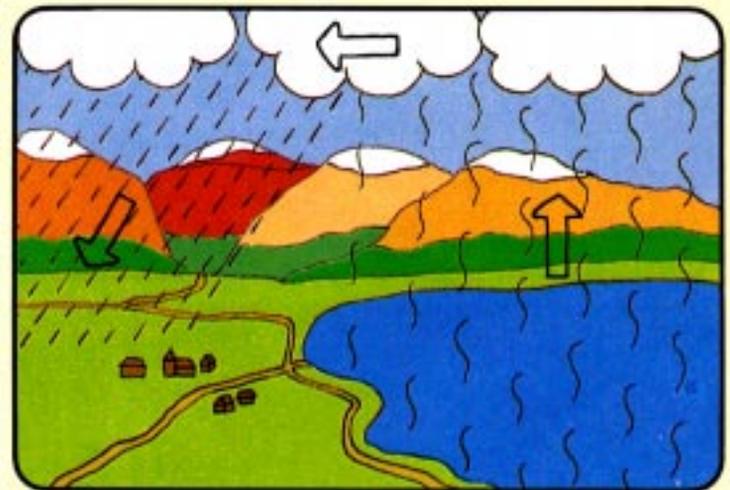
### E 6 Der Energieumlader „Regen“

An der Oberfläche von Meeren, Seen und Flüssen verdunstet ständig Wasser: Das Wasser wird gasförmig und vermischt sich mit der Luft. Die Energie, die zum Verdunsten gebraucht wird, liefert die Sonne. Das verdunstete Wasser steigt nach oben. Auch hierzu wird Energie gebraucht, und auch diese kommt von der Sonne. Nach oben zu wird es immer kälter. An irgendeiner Stelle ist es dann so kalt, daß aus dem Wasserdampf flüssiges Wasser in Form vieler kleiner Tröpfchen wird. Es bildet sich eine Wolke. Irgendwann werden die Tröpfchen so groß, daß sie herunterfallen. Es regnet. Da der Wind das verdunstete Wasser fortträgt, regnet das Wasser nicht an derselben Stelle wieder herab, an der es verdunstet ist.

Das Regenwasser fließt auf der Erde von den Bergen herunter in die Täler und ins Meer. Fließendes Wasser trägt

Energie. Man kann sie in Wasserkraftwerken vom Wasser auf Elektrizität umladen.

Die Energie, die vom Wasser der Flüsse getragen wird, wurde also vom Sonnenlicht auf das Wasser geladen. Der Umlader ist hier nicht ein technisches Gerät, sondern eine Naturerscheinung. Wir schreiben, der Einfachheit halber, in das Symbol das Wort „Regen“ hinein, obwohl zu dem Umlader eigentlich mehr als nur der Regen gehört. Wie der Regen, wird auch der Wind von der Sonne angetrieben.



# 11. Elektromagnet und Elektromotor

## 11.1 Dauermagnete

Magnete, wie sie Bild 1 zeigt und wie sie etwa im Schloß der Kühlschrankschranktür sind, heißen Dauermagnete. Sie bleiben dauernd magnetisch. Elektromagnete dagegen sind nur solange magnetisch, wie ein elektrischer Strom durch sie hindurchfließt.



Magnete ziehen Gegenstände an, die aus Eisen sind. Sie müssen dazu den Gegenstand nicht berühren. Die Anziehung wirkt durch Gegenstände, die nicht aus Eisen sind, hindurch. Wenn der Magnet hinter der Pappe auf Bild 2 bewegt wird, bewegt sich die Schere mit.

Ein Magnet hat 2 Stellen, an denen die Anziehung besonders stark ist. Diese Stellen nennt man die Pole des Magneten. Man erkennt die Pole besonders deutlich, wenn man den Magneten in Eisenfeilspäne hält, Bild 3. Bei einem Stabmagneten liegen die Pole an den Enden des Stabes. Bei dem scheibenförmigen Magneten in Bild 1 sind die beiden großen Flächen die Pole. Hängt man einen Stabmagneten an einem dünnen Faden so auf, daß er sich drehen kann, stellt er sich in Nord-Süd-Richtung ein. Den nach Norden weisenden Pol nennt man den Nordpol, den nach Süden weisenden den Südpol. Ein Kompaß ist nichts weiter als ein frei drehbarer Stabmagnet.

Bringt man einen Magneten in die Nähe eines anderen, so kann zweierlei passieren: Stehen sich zwei verschiedene



Pole gegenüber, so ziehen sich die Magnete an. Stehen sich zwei gleiche Pole gegenüber, so stoßen sie sich ab.

Mit einem Kompaß kann man prüfen, welches der Nordpol und welches der Südpol eines Magneten ist. Die Spitze der Kompaßnadel (Nordpol) weist stets zum Südpol des Magneten.

**Zusammenfassung:** Magnete haben zwei verschiedene Pole. Gleiche Pole stoßen sich ab, ungleiche ziehen sich an. Eiserne Gegenstände, die nicht selbst Magnete sind, werden von Magneten angezogen.

Ergänzungen E 1 und E 2 auf Seite 116.

### Aufgaben

1. Magnete ziehen eiserne Gegenstände an. Ist dieser Satz immer richtig?
2. Warum heißt der eine Pol eines Magneten Nordpol, der andere Südpol?
3. Die Erde ist ein Magnet. Woran merkt man das? Wo befindet sich der Nordpol dieses Magneten?

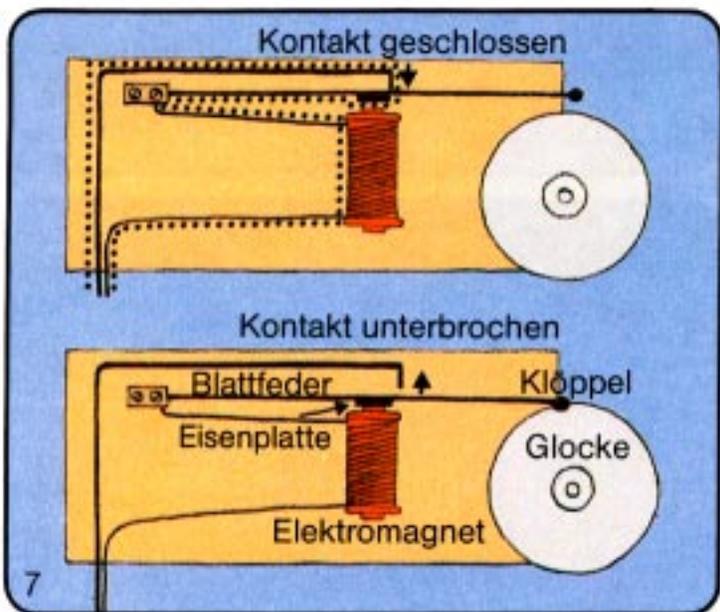
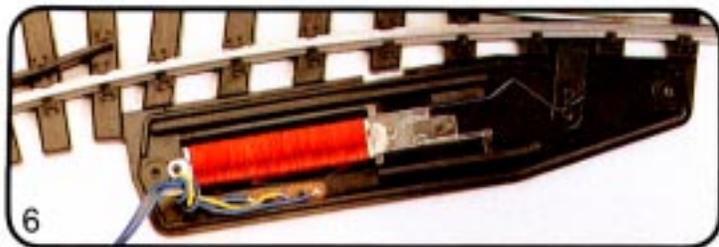
## 11.2 Elektromagnete

Einen Elektromagneten kann man leicht herstellen. Man braucht dazu ein Stück Eisen, z.B. einen Nagel, und isolierten Draht. Man wickelt den Draht, immer in derselben Richtung, um das Eisenstück herum – und fertig ist der Elektromagnet, Bild 4. Bild 5 zeigt wie ein gekaufter Elektromagnet aussieht. Das Stück Eisen nennt man den Kern des Magneten, den aufgewickelten Draht die Spule.



Ein Elektromagnet zieht Eisenteile an, solange er von einem elektrischen Strom durchflossen wird. Je größer die Stromstärke ist, desto stärker zieht er. Sobald der Strom aufhört zu fließen, zieht der Magnet nichts mehr an.

Der Elektromagnet hat, genauso wie ein Dauermagnet, einen Nord- und einen Südpol. Auf Bild 5 ist der eine Pol am oberen Ende des Eisenstücks, der andere am unteren. Ob der Nord- oder der Südpol oben ist, hängt von der Richtung des elektrischen Stroms im Draht ab. Kehrt man



die Stromrichtung im Draht um, indem man die Anschlüsse an der Batterie vertauscht, so wird der Magnet „umgepol“.

Elektromagnete haben viele Anwendungen. Die Weichen der Straßenbahn werden, genauso wie die Weichen von Modelleisenbahnen, Bild 6, durch einen Elektromagneten gestellt. In der Waschmaschine werden Wasserhähne magnetisch betätigt. Im elektrischen Türöffner wird ein Riegel mit Hilfe eines Elektromagneten herausgezogen.

Bild 7 zeigt den Aufbau einer elektrischen Klingel. Wenn der Elektromagnet eingeschaltet wird, zieht er eine Eisenplatte an, die an einer Blattfeder befestigt ist. Dabei schlägt der Klöppel gegen die Glocke. Gleichzeitig wird am Unterbrecherkontakt der Stromkreis unterbrochen. Deshalb läßt der Elektromagnet die Eisenplatte gleich wieder los. Dadurch schließt sich der Kontakt wieder, und das Spiel beginnt von neuem.

**Zusammenfassung:** Ein Elektromagnet hat, wie ein Dauermagnet, Nord- und Südpol. Die Lage der Pole hängt von der Richtung des elektrischen Stroms in der Spule des Magneten ab.

Ergänzung E 3 auf Seite 116.

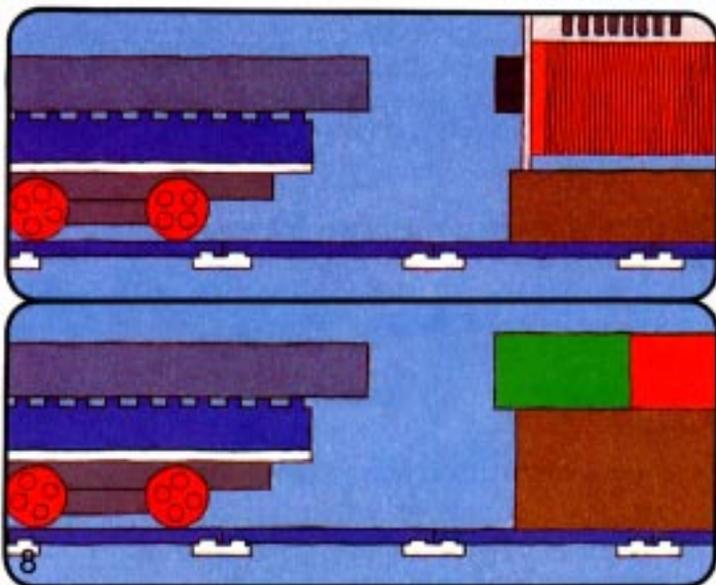
### Aufgaben

1. Warum muß der Kupferdraht der Spule eines Elektromagneten isoliert sein?
2. Wie kann man die Stärke eines Elektromagneten verändern?
3. Wie polt man einen Elektromagneten um?
4. Nenne technische Geräte, in denen Elektromagnete verwendet werden, und beschreibe, wie sie funktionieren.

### 11.3 Woher Magnete ihre Energie bekommen

Bild 8 zeigt oben einen Eisenbahnwagen, auf dem ein Stück Eisen befestigt ist, und einen Elektromagneten. Schaltet man den Elektromagneten ein, so setzt sich der Eisenbahnwagen in Bewegung, er fährt bis an den Magneten heran. Normalerweise wird ein Eisenbahnwagen von einer Lokomotive bewegt. Dann liefert die Lokomotive die Energie für die Bewegung. Wenn der Wagen vom Magneten angezogen wird, liefert der Magnet die Energie. Der Elektromagnet selbst bekommt die Energie vom Akku, an den er angeschlossen ist.

Wir hätten den Wagen auch durch einen Dauermagneten in Bewegung setzen können, Bild 8 unten. Woher kommt dabei die Energie? Der Dauermagnet hat doch kein Kabel, über das man ihm Energie zuführen könnte. Die Energie muß schon vorher im Magneten gesteckt haben. Er hat sie in der Magnetfabrik bekommen.



Zieht ein Dauermagnet ein Stück Eisen zu sich heran, so wird ein Teil der Energie des Magneten verbraucht. Zieht man das Eisenstück von dem Dauermagneten wieder weg, so gibt man dem Magneten diese Energie wieder.

Der Eisenbahnwagen und der Magnet in Bild 8 unten verhalten sich ähnlich wie manche Spielzeugautos: Schiebt man so ein Auto zurück, zieht man die Feder des Autos auf, in ihr wird dabei Energie gespeichert. Läßt man das Auto los, fährt es von allein wieder vorwärts. Es verwendet dazu die Energie, die beim Rückwärtsschieben in die Feder hineingesteckt wurde.

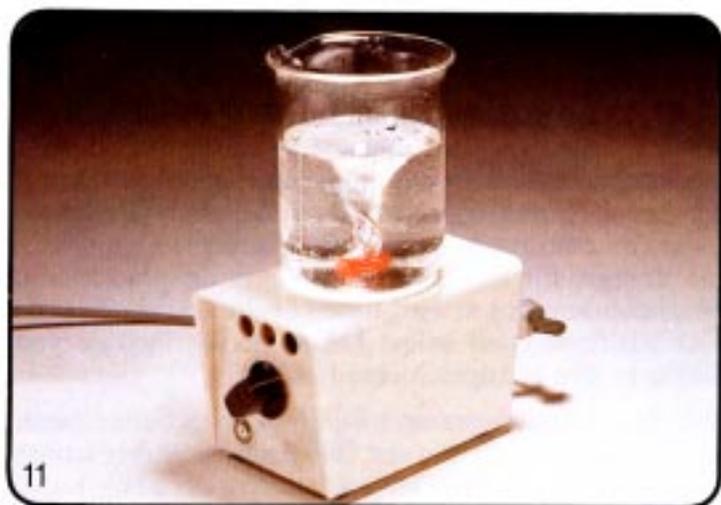
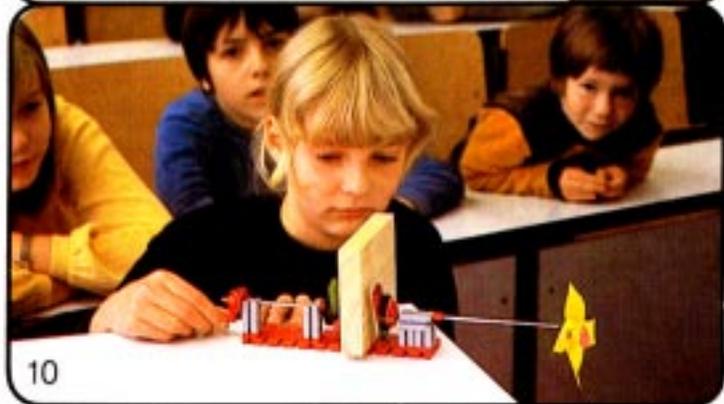
**Zusammenfassung:** Magnete haben Energie. Wenn sie etwas anziehen, geben sie die Energie ab. Ein Elektromagnet bekommt seine Energie mit der Elektrizität von der Quelle, an die er angeschlossen ist. Ein Dauermagnet bekommt sie bei seiner Herstellung.

Ergänzung E 4 auf Seite 117.

## 11.4 Die Magnetkupplung

Mit Magneten kann man Energie berührungslos übertragen. Bild 9 zeigt, wie man die Energie, die durch eine Welle ankommt, auf eine andere Welle übertragen kann, ohne daß die Wellen miteinander verbunden sind. So eine Vorrichtung nennt man eine Magnetkupplung. In Bild 10 wird mit der Magnetkupplung Energie durch ein Brett hindurch übertragen.

Bei chemischen Untersuchungen muß manchmal eine Flüssigkeit umgerührt werden in einem Behälter, der ver-



11  
Magnetisches Rührwerk

schlossen ist. Man verwendet dazu ein magnetisches Rührwerk, Bild 11. In der Flüssigkeit liegt ein kleiner Dauermagnet. In dem Kasten, auf dem der Behälter mit der Flüssigkeit steht, befindet sich ein zweiter Dauermagnet. Dieser wird durch einen Motor ständig gedreht. Der Magnet in der Flüssigkeit dreht sich mit und rührt die Flüssigkeit um.

**Zusammenfassung:** Mit einer Magnetkupplung kann man Energie durch Wände hindurch übertragen.

Ergänzung E 5 auf Seite 118.

### Aufgaben

1. Wie funktioniert ein magnetisches Rührwerk?
2. Mit welchem Träger strömt die Energie von der einen Seite einer Magnetkupplung zur anderen? Begründe deine Antwort.

## 11.5 Der Elektromotor

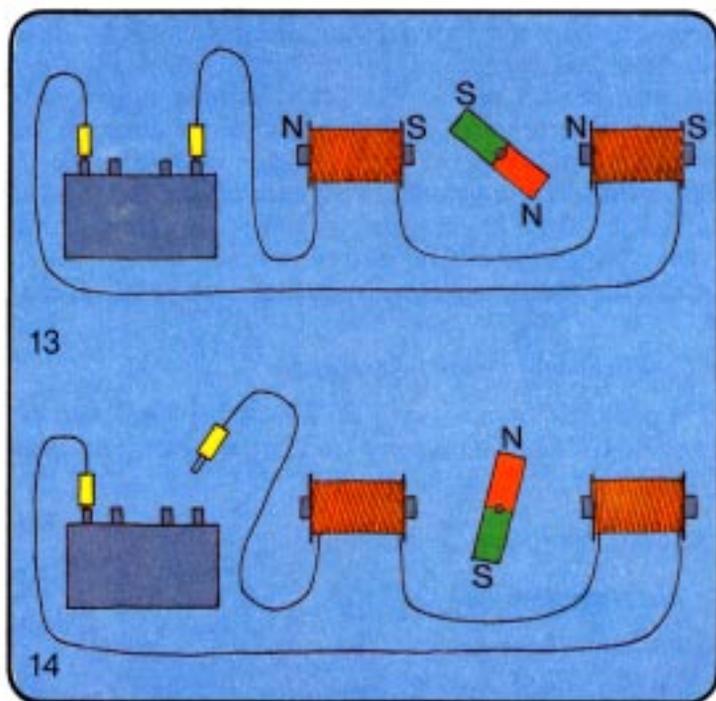
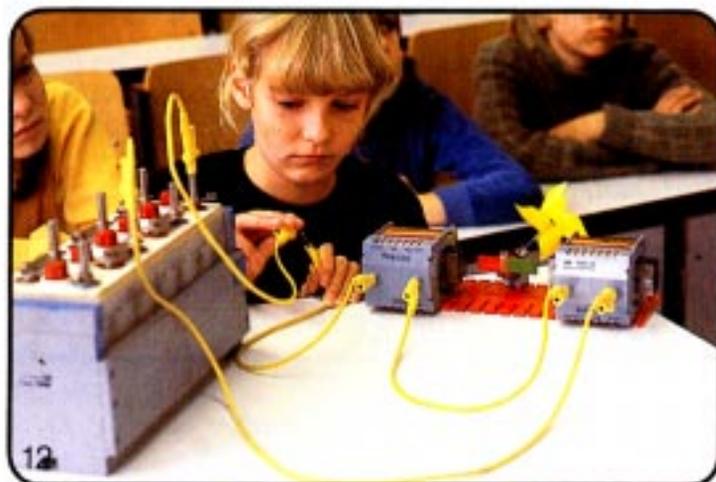
Die Energie zum Drehen der Luftschraube in Bild 9 liefert das Mädchen, das an der Kurbel dreht. Sie hat nun keine Lust mehr zum Drehen und hat überlegt, was sie tun könnte, damit sich die Luftschraube dreht, ohne daß sie sich anstrengen muß. Bild 12 zeigt die Lösung. Sie hat einen der beiden Dauermagnete durch Elektromagnete ersetzt. Diese braucht sie nicht mehr zu drehen. Es reicht, daß sie die Elektromagnete regelmäßig ein- und ausschaltet. Die Pole des Dauermagneten werden dann immer für eine kurze Zeit angezogen. Während sie nicht angezogen werden, dreht sich der Dauermagnet vom Schwung weiter, bis seine Pole im richtigen Augenblick erneut angezogen werden.

In Bild 13 wird der Nordpol des Dauermagneten nach links und der Südpol nach rechts gezogen. In Bild 14 dreht sich der Dauermagnet vom Schwung weiter. Das Ein- und Ausschalten des Elektromagneten ist nicht ganz leicht. Geschieht es nicht im richtigen Augenblick, so gerät der Dauermagnet aus dem Takt.

Die Energie, die durch die Welle zur Luftschraube fließt, kommt hier nicht mehr von einer Kurbel, sondern aus der Batterie.

Dieses eigenartige Gerät ist fast schon ein Elektromotor. Es hat noch einen kleinen Nachteil: Man muß den Strom dauernd von Hand ein- und ausschalten. Ein richtiger Elektromotor macht das automatisch.

Ergänzung E 6 auf Seite 118.



### E1 Wie du Dauermagnete selbst herstellen kannst

Jeder Gegenstand aus Stahl, d. h. aus gehärtetem Eisen, kann magnetisiert werden. Nimm z. B. eine stählerne Stricknadel, und streich mit dem einen Pol eines Magneten mehrere Male immer in derselben Richtung über die Stricknadel hinweg, vom einen Ende bis zum anderen: Die Stricknadel wird ein Magnet, und zwar ein richtiger Magnet mit einem Nordpol am einen Ende und einem Südpol am anderen. Du kannst dies mit einem Kompaß nachprüfen.

### E2 Magnete mit einem einzigen Pol?

Solche Magnete hat man bisher nicht gefunden. Du kannst selbst versuchen, einen herzustellen. Eine magnetisierte Stricknadel hat am einen Ende einen Nordpol und am anderen einen Südpol. Wenn man nun die Stricknadel in der Mitte durchbricht, müßte man doch zwei Stricknadelhälften mit je einem einzigen Pol erhalten. Probier es aus, du wirst überrascht sein: An der Bruchstelle sind zwei neue Pole entstanden, jede Stricknadelhälfte ist wieder ein vollständiger Magnet mit einem Nord- und einem Südpol.

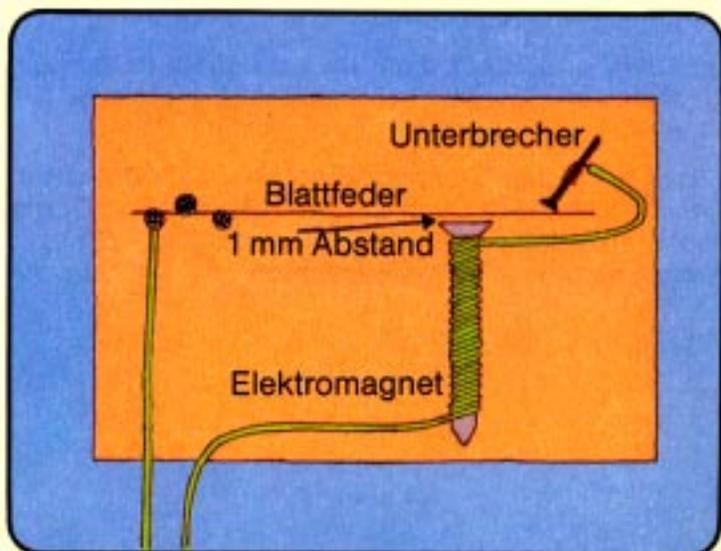
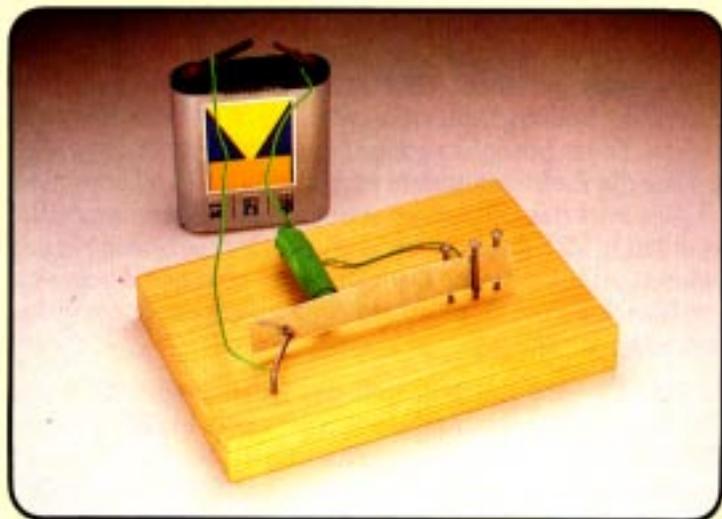
### E3 Ein Summer zum Selbstbauen

Erfunktioniert genauso wie die Klingel in Bild 7, nur hat er keine Glocke. Der Lärm wird von der bewegten Blattfeder allein gemacht.

Du brauchst folgendes Material:

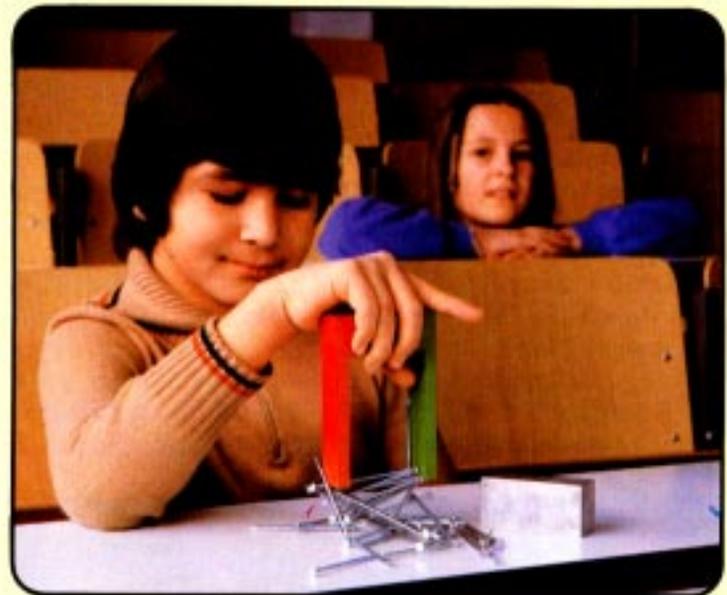
- ein Holzbrettchen,
- ein paar Nägel,
- etwa 3 m isolierten Kupferdraht,

- eine Blattfeder (Blechstreifen eines Schnellhefters - Lack abkratzen -, ein Stück Uhrfeder oder ein Stück Blech einer Milchdose).



Wie du den Summer aufbaust, zeigt die Zeichnung. Die Spule soll etwa 200 Windungen haben. Die Blattfeder muß gegen den „Unterbrecher-Nagel“ drücken. Der Unterbrecher-Nagel kann in seinem Loch im Holzbrettchen verdreht werden. Er wird so eingestellt, daß der Abstand zwischen Feder und Elektromagnet-Nagel etwa 1mm beträgt. Mit einem Summer kannst du Nachrichten durch ein Kabel übertragen. Du benutzt dazu das Morsealphabet.

a ---	o -----	ü .....
b ----	p -----	Punkt .....
c -----	q -----	Komma .....
d ----	r ----	? .....
e .	s ...	0 -----
f .....	t -	1 .....
g ----	u ...	2 .....
h .....	v .....	3 .....
i ..	w ----	4 .....
j .....	x .....	5 .....
k ----	y -----	6 .....
l .....	z .....	7 .....
m ----	ä .....	8 .....
n --	ö .....	9 .....

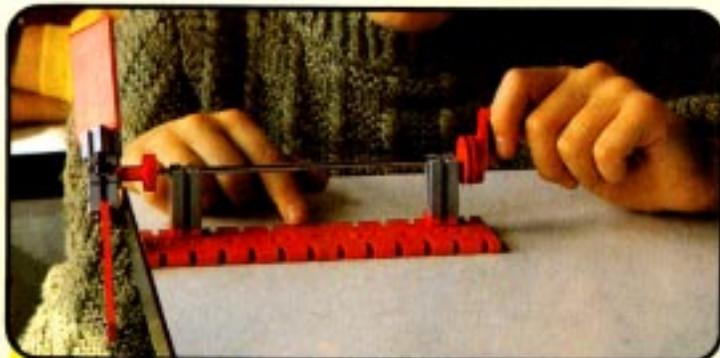


#### E 4 Der Energievorrat eines Magneten

Ein Hufeisenmagnet, der noch nichts angezogen hat, hat Energie. Er kann damit einen Eisenklotz zu sich heranziehen. Hat er das getan, so ist sein Energievorrat erschöpft. Er kann keinen zweiten Eisenklotz mehr anziehen, ja er hat nicht einmal mehr genug Energie, um einen Nagel anzuziehen.

### E 5 Drehimpuls strömt durch den leeren Raum

Das obere Bild zeigt einen Ventilator, bei dem Energie mit dem Träger Drehimpuls von der Kurbel zur Luftschraube strömt. Das untere Bild zeigt fast denselben Ventilator, nur ist hier in dem Weg zwischen Kurbel und Luftschraube eine Lücke. Auch hier läuft die Energie rechts an der Kurbel mit ihrem Träger Drehimpuls los, und links an der Luftschraube kommt sie mit dem Drehimpuls an. Sowohl Energie als auch Drehimpuls sind also durch die Lücke hindurchgeflossen. Die Energieübertragung funktioniert sogar dann noch, wenn in dem Raum zwischen den Magneten keine Luft mehr ist, wenn der Raum leer ist. Mit Magneten kann man also Energie und Drehimpuls durch den leeren Raum übertragen.



### E 6 Ein Elektromotor zum Selbstbauen

Den fertigen Motor zeigen die Bilder 1 und 2. Sieh dir Bild 2 genau an, damit du verstehst, wie er funktioniert.

Du brauchst das folgende Material:

- ein Holzbrettchen,
- 2 kleine Dauermagnete (notfalls genügt auch einer),
- 2 Nägel oder Schrauben aus Eisen (etwa 4 cm lang),
- etwa 3 m isolierten Kupferdraht (z. B. Klingeldraht),
- 3 Büroklammern,
- Klebeband oder schnelltrocknenden Klebstoff,
- eine Reißzwecke,
- eine Flachbatterie.

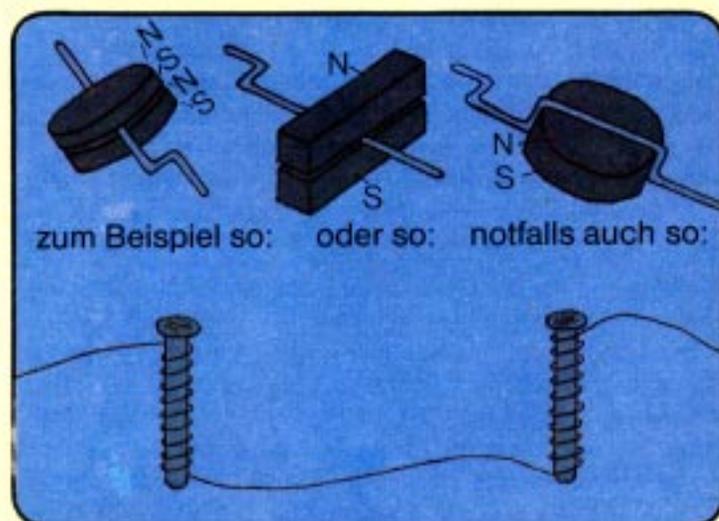


*Die Motorwelle: Biege eine Büroklammer so auf, daß ein Stück gerader Draht entsteht. Befestige an diesem Draht mit Klebeband oder Klebstoff die Dauermagnete. Die beiden Nordpole müssen in dieselbe Richtung weisen, und die beiden Südpole in die entgegengesetzte Richtung, Bild 3 oben. Die Aufhängung für die Motorwelle bilden zwei aufgebogene Büroklammern, die auf dem Holzbrettchen befestigt werden. Verbiege das eine Ende*

der Motorwelle so, daß eine kleine Kurbel entsteht. Die Kurbel darf nur wenige mm von der Welle abstehen. Sie muß im rechten Winkel zur Nord-Süd-Richtung des Magneten stehen.

Hast du nur einen Dauermagneten, so ist der Bau der Motorwelle schwieriger: Damit sie „ausgewuchtet“ ist, darf der Magnet nicht einfach an die eine Seite des Drahts geklebt werden. Die Motorwelle muß so gebogen werden, daß sie in ihren Lagern in jeder Stellung im Gleichgewicht ist.

Die Elektromagnete: Schlage die beiden Nägel in das Brettchen, und zwar so tief, daß sich ihre Köpfe auf der Höhe der Motorwelle befinden. Wickel auf jeden Nagel etwa 80 Windungen Kupferdraht. Der Drehsinn beim

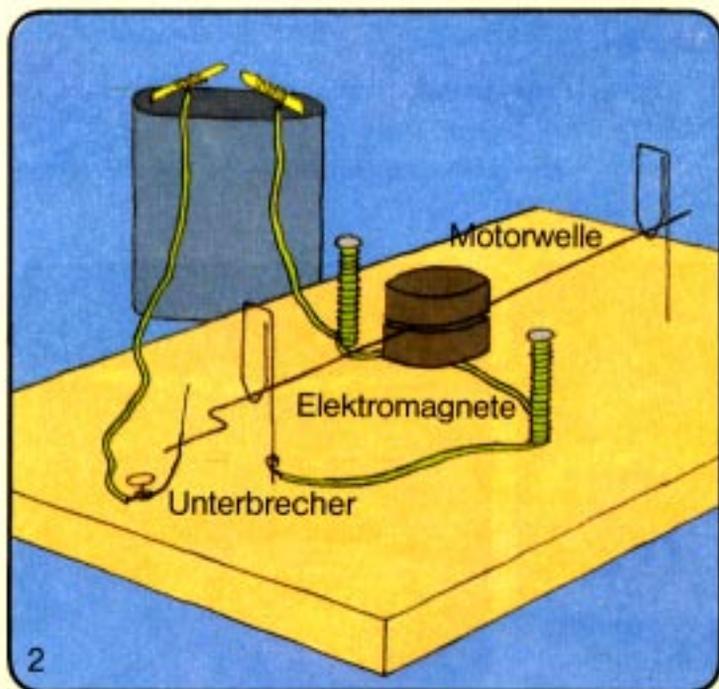


Wickeln muß bei den beiden Nägeln entgegengesetzt sein, Bild 3 unten.

Der Unterbrecher: Entferne von einem kurzen Stück Draht die Isolierung. Befestige das eine Ende mit der Reißzwecke auf dem Holzbrett. Biege das andere Ende so, daß es von der Kurbel gerade während der Hälfte einer Umdrehung der Motorwelle berührt wird, und während der anderen Hälfte nicht. Verbinde die eine Zuleitung des Elektromagneten mit der Motorwellenaufhängung. Schließe die Batterie an die zweite Zuleitung des Magneten und an die Reißzwecke an.

Worauf es genau ankommt: Auswuchten der Motorwelle, Einstellen des Unterbrechers.

Worauf es nicht genau ankommt: Drahtstärke, Windungszahl der Elektromagnete.



## 12. Energiespeicher

### 12.1 Wozu man Energiespeicher braucht

Wir haben es oft mit Energiequellen zu tun, die leer werden können, z. B. der Akku, die Taschenlampenbatterie, der Benzintank, die Propangasflasche. Die Energie, die aus ihnen herauskommt, war also in ihnen gespeichert. Wir nennen sie deshalb Energiespeicher. Wir wollen uns an zwei Beispielen klarmachen, wozu man sie benötigt.

Ein Auto braucht zum Fahren Energie. Darum haben die meisten Autos einen Energiespeicher, den Benzintank. Es gibt auch Fahrzeuge, bei denen die Energie in Akkus gespeichert wird, Bild 1. Manche Autos aber haben keinen Energiespeicher, Bild 2 und Bild 3. Diese haben längst nicht soviel Bewegungsfreiheit wie die Autos mit Speicher. Ein Auto, das einen Energiespeicher hat, kann an Stellen fahren, zu denen keine Energieleitung, also kein elektrisches Kabel oder kein Benzinschlauch, hinführt. Bei Benutzung eines Speichers hat man also Energie an einem Ort, zu dem keine Leitung führt.

Will man Sonnenenergie zur Warmwasserbereitung verwenden, so gibt es ein Problem: Man braucht jeden Tag warmes Wasser, aber die Sonne scheint nicht jeden Tag.

Man muß also Energie eine Zeit lang aufheben können, so daß man bei schlechtem Wetter immer noch Energie, und damit warmes Wasser, hat. Dazu dient ein großer Wassertank. Dieser wird bei Sonnenschein aufgeheizt, d. h. in ihn wird Energie hineingesteckt. Bei schlechtem Wetter oder nachts kann diese Energie wieder herausgeholt werden, Bild auf Seite 80.

**Zusammenfassung:** Mit einem Energiespeicher kann man Energie an einen Ort bringen, zu dem keine Leitung führt.

Mit einem Energiespeicher kann man Energie aufheben für eine Zeit, zu der man sie braucht.

Ergänzung E 1 auf Seite 126.

### Aufgaben

1. Aus welchen Gründen verwendet man Energiespeicher?
2. Nenne einige Energiespeicher. Wozu werden sie gebraucht?



## 12.2 Beschreibung einiger Energiespeicher

**Die Sonne:** Die Sonne ist eine Energiequelle, in die keine Energie nachgeliefert wird. Sie ist also ein Energiespeicher und muß irgendwann einmal leer werden. Obwohl sie gewaltige Energiemengen ausstrahlt (E1 Seite 80), vermutet man, daß das erst in etwa 4 Milliarden Jahren passieren wird. Wir brauchen uns deshalb also noch keine Sorgen zu machen.

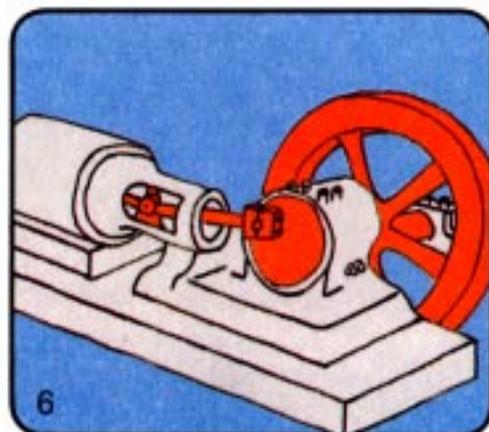
**Leuchtfarbe:** Manche Wecker und Armbanduhren haben Leuchtziffern. Die Leuchtfarbe ist ein Energiespeicher. Wenn es hell ist, nimmt sie Energie, die sie mit dem Licht bekommt, auf. In der Dunkelheit gibt sie die Energie mit dem Licht wieder ab.

**Der Aufziehmotor:** Viele Spielzeugautos haben einen Aufziehmotor. Beim Aufziehen steckt man Energie in die Feder des Motors hinein. In der Feder wird die Energie gespeichert, bis sie gebraucht wird. In den älteren Armbanduhren und Taschenuhren wird eine Feder als Speicher für die Energie benutzt, die zum Antrieb des Uhrwerks gebraucht wird. Ein Wecker hat noch eine zweite Feder für die Energie, die er zum Läuten braucht, Bild 4.

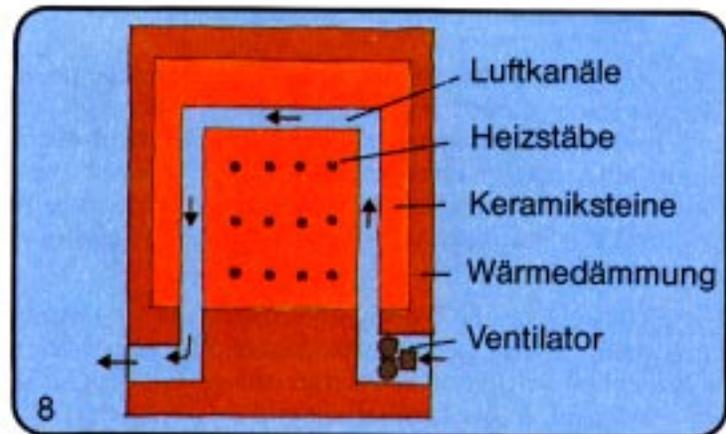
**Das Schwungrad:** Manche Spielzeugautos werden mit einem Schwungrad angetrieben, Bild 5. So ein Auto muß man zuerst schnell über den Boden schieben. Dabei wird das Schwungrad in Drehung versetzt. Es nimmt Energie auf. Je schneller es sich dreht, desto mehr Energie enthält es. Stellt man nun das Auto auf den Tisch, so fährt es von allein. Das Schwungrad gibt die gespeicherte Energie wieder ab.

Dampfmaschinen haben auch ein Schwungrad, Bild 6. Die Kurbel wird vom Kolben der Maschine über Kolbenstange und Pleuelstange angetrieben. Steht die Kurbel ganz rechts oder ganz links, d.h. in einem der „Totpunkte“, so kann sie weder durch Drücken noch durch Ziehen des Kolbens bewegt werden. Deshalb hat man auf die Kurbelwelle ein Schwungrad gesetzt. Es wird mit Energie geladen, wenn sich die Kurbel oben oder unten befindet, und es gibt Energie an die Kurbelwelle ab, wenn die Kurbel durch die Totpunkte läuft.

Aus demselben Grund hat auch jeder Automotor ein Schwungrad. Es sitzt auf der Kurbelwelle des Motors. Kurbelwelle und Schwungrad sind im Gehäuse des Motors und deshalb von außen nicht zu sehen.



**Das Pumpspeicherwerk:** Der Energieverbrauch einer Stadt mit dem Träger Elektrizität schwankt im Laufe eines Tages, aber auch von einem Tag zum anderen. Wenn du wissen willst, warum, lies die Ergänzung E 1. Um die großen Kraftwerke möglichst gleichmäßig laufen zu lassen, baut man Pumpspeicherwerke. Ein Pumpspeicherwerk nimmt Energie aus dem elektrischen Netz auf, wenn sie übrig ist, und gibt sie wieder ab, wenn sie gebraucht wird: Bei Energieüberschuß pumpt eine elektrische Pumpe Wasser aus einem niedrig gelegenen See in einen hoch gelegenen See, Bild 7. Bei Energiebedarf fließt das Wasser über eine Turbine zurück in den unteren See. Die Turbine treibt einen Generator an. Dieser gibt die Energie durch das Netz an die Verbraucher weiter.



**Der Nachtspeicherofen:** Nachts, wenn die meisten Menschen schlafen, wird weniger Energie gebraucht. Die Kraftwerke verkaufen deshalb nachts die Energie billiger. Um diese billige Energie zu nutzen, haben manche Haushalte Nachtspeicheröfen. Ein Nachtspeicherofen besteht zum größten Teil aus Keramiksteinen, Bild 8. Diese werden nachts mit einer elektrischen Heizung auf über  $600^{\circ}\text{C}$  erwärmt. Es wird also Energie in die Steine hineingesteckt und in den Steinen gespeichert. Tagsüber, wenn man es warm haben möchte, bläst ein Ventilator Luft an den Steinen vorbei ins Zimmer. Die Steine geben ihre Energie an die Luft ab, die Luft wird warm.

**Brennstofftanks und Kohlenkeller:** Die meisten Häuser haben einen Speicher für die Energie, die zum Heizen gebraucht wird: entweder einen Heizöltank oder einen Kohlenkeller.

Ein Haus, das Gasheizung hat und an das Gasnetz angeschlossen ist, braucht keinen solchen Energiespeicher. Manche Haushalte kochen mit Propan oder Butan, das aus einem Speicher kommt: aus einer Gasflasche. Autos nehmen die Energie, die sie zum Fahren brauchen, aus einem Speicher, nämlich dem Treibstofftank.

**Nahrungsmittel:** Die Energie, die der Mensch zu sich nimmt, wird auch stets einige Zeit in einem Speicher gelagert. Eine Tüte Zucker ist ebenso ein Energiespeicher wie ein voller Kartoffelkeller.

**Der Hammer:** Auch ein Hammer ist ein Energiespeicher. Während man ihn beschleunigt, Bild 9, steckt man Energie hinein. Beim Schlag auf den Nagel gibt er seine ganze Energie in sehr kurzer Zeit an den Nagel ab. Je schneller sich ein Hammer bewegt, desto mehr Energie enthält er.

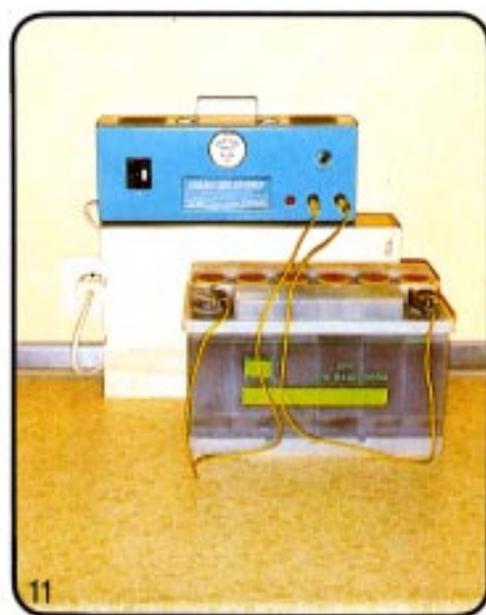
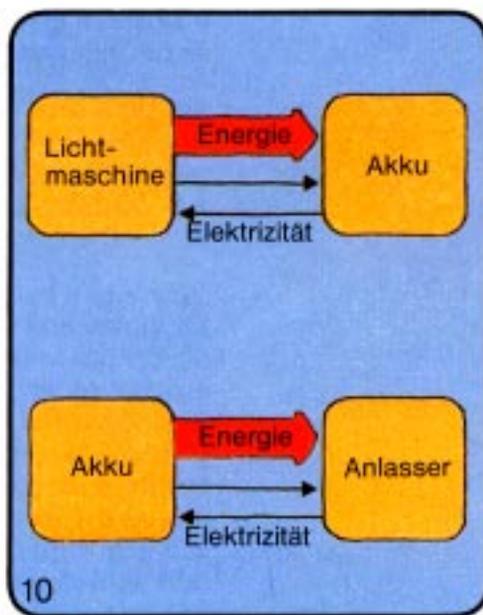
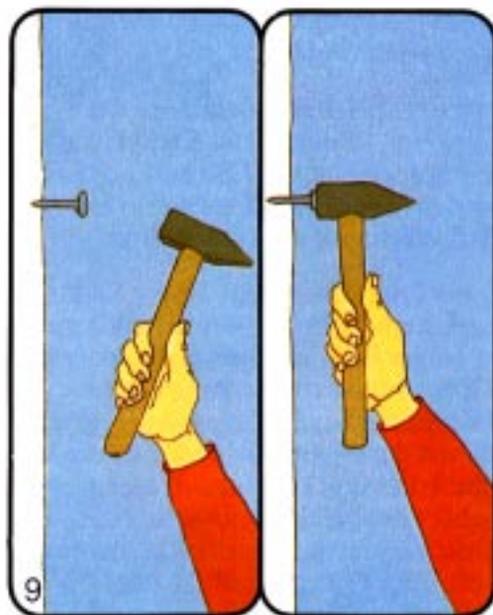
**Der Dauermagnet:** Im vorigen Kapitel hattest du gesehen, daß ein Dauermagnet ein Energiespeicher ist. Wenn er ein Stück Eisen zu sich heranzieht, gibt er Energie ab. Entfernt man das Eisenstück, so steckt man die Energie wieder hinein.

**Der Akku (Autobatterie):** Im Auto braucht man Energie schon bevor der Automotor läuft: zum Anwerfen des

Motors. Das geschieht mit einem kleinen Elektromotor, dem Anlasser. Dieser bekommt seine Energie aus dem Akku, Bild 10 unten. Wenn der Benzinmotor einmal läuft, werden Akku und Anlasser nicht mehr gebraucht. Der Akku wird wieder mit Energie aufgeladen. Diese Energie bekommt der Akku von der Lichtmaschine, Bild 10 oben, und die Lichtmaschine bekommt sie vom Benzinmotor. Wenn man den Anlasser oft und lange laufen läßt und nur wenig fährt, kommt die Lichtmaschine mit dem Laden nicht mehr nach. Dann lädt man den Akku mit einem Ladegerät. Das Ladegerät nimmt die Energie für den Akku aus der Steckdose, Bild 11.

**Flachbatterie, Monozelle usw.:** Wozu man Flachbatterien, Monozellen, Babyzellen und Knopfzellen verwendet, weißt du. Die Energie wird in alle diese Quellen bei der Herstellung hineingesteckt.

Ergänzungen E 2 bis E 4 auf Seite 126 f.



## Aufgaben

1. Welche Energiespeicher gibt es bei euch zu Hause? Wozu werden sie benutzt?
2. In Abschnitt 12.2 wurden 3 verschiedene Energiespeicher im Auto erwähnt. Welche sind das? Wozu dienen sie?
3. Welche Energiespeicher werden in Uhren verwendet? Gibt es Uhren ohne Energiespeicher?
4. Welche Energiespeicher werden in Spielzeugautos verwendet?

## 12.3 Das Symbol eines Energiespeichers

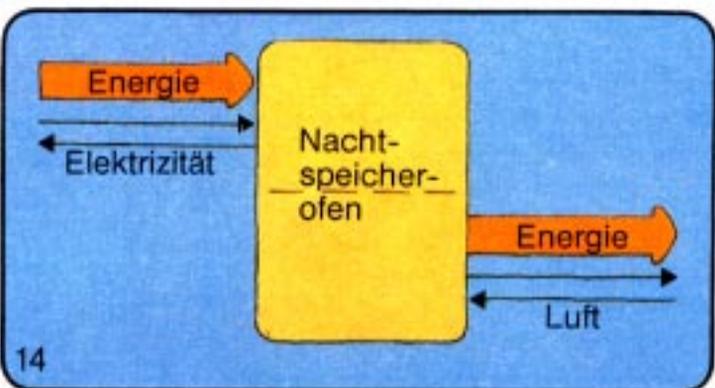
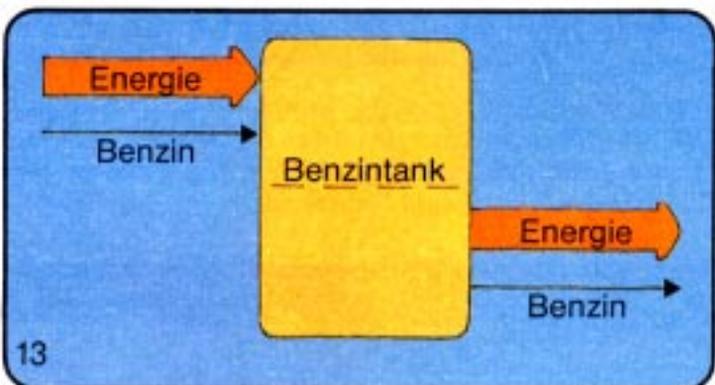
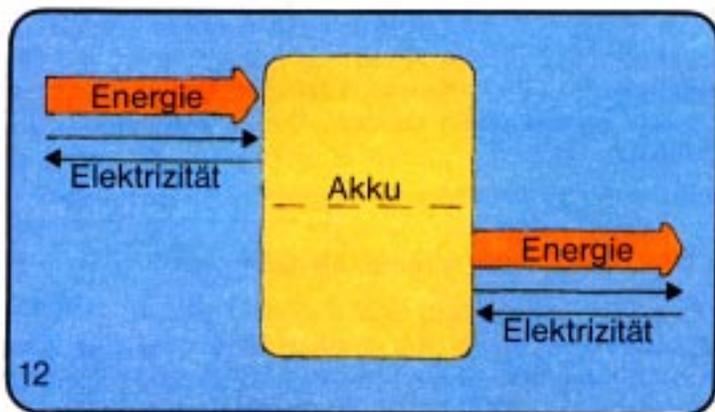
Einen leeren Akku kann man wieder aufladen, Bild 10 oben. Beim Laden ist der Pluspol des Akkus mit dem Pluspol der Lichtmaschine verbunden und der Minuspol mit dem Minuspol. Solange der Akku geladen wird, ist er Energieempfänger.

Ist dir klar, daß der Akku nur mit Energie geladen wird, nicht aber mit Elektrizität? Die Elektrizität fließt in den Akku hinein, lädt ihre Energie ab und fließt wieder heraus. Genauso holt man beim Entladen, Bild 10 unten, Energie aus dem Akku heraus, aber keine Elektrizität. Auch beim Entladen fließt zu dem einen Anschluß genauso viel Elektrizität hinein wie zum anderen heraus.

Wir fassen die Symbole des Akkus in Bild 10 oben und unten zu einem einzigen zusammen, Bild 12. Das ist das Symbol eines Energiespeichers. Die Versetzung von Ein- und Ausgang soll andeuten, daß zwischen Füllen und Entleeren eine gewisse Zeit verstrichen ist.

Im Akku wird Energie gespeichert, nicht aber der Energieträger. Es gibt Speicher, in denen die Energie zusammen mit ihrem Träger gespeichert wird. So ein Speicher ist z. B. der Benzintank des Autos. Bild 13 zeigt sein Energieflußbild. Vergleiche das Bild mit dem des Akkus.

Beim Akku kommt die Energie mit dem Träger Elektrizität hinein und wieder heraus. Beim Benzintank kommt die Energie mit dem Träger Benzin hinein und wieder heraus. Bei Akku und Benzintank ist der Träger der hineinfließenden und der herausfließenden Energie derselbe. Es gibt Speicher, bei denen die hineinfließende und die herausfließende Energie von verschiedenen Trägern getragen wird. Hierzu gehört der Nachtspeicherofen. Hineingebracht wird die Energie von der Elektrizität, herausgeholt wird sie mit Luft. Sein Energieflußbild zeigt Bild 14. Solche Speicher sind also gleichzeitig Energieumlader.



### Aufgaben

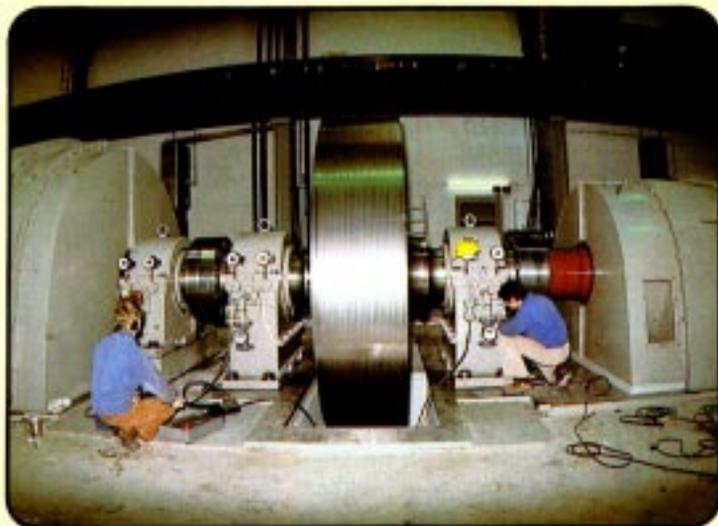
1. Zeichne das Symbol für den Speicher Propangasflasche. Wird in diesem Speicher die Energie zusammen mit ihrem Träger gespeichert?
2. Der Aufziehmotor ist ein Energiespeicher, der seine Energie mit dem Drehimpuls bekommt und abgibt. Der Drehimpuls selbst wird aber nicht mitgespeichert. Zeichne das Symbol des Energiespeichers.



### **E 3 Wie ein Schwungrad aus einem kleinen Energiestrom einen großen macht**

In einem Forschungsinstitut bei München (dem Max-Planck-Institut für Plasmaphysik) steht das bisher größte Schwungrad der Welt. Es hat einen Durchmesser von 2,9 m und wiegt über 200 Tonnen. Es wird benutzt, um für kurze Zeit sehr große Energieströme zu erzeugen. Geladen wird es durch einen „kleinen“ Elektromotor. Der Elektromotor (rechts im Bild) liefert einen Energiestrom von 5,7 MW. Die Ladezeit beträgt 20 Minuten, d. h. während 20 Minuten wird das Schwungrad in immer schnellere Drehung versetzt.

Zum Entladen wird es mit einem Generator (links) verbunden. Es gibt seine ganze Energie in wenigen Sekunden an den Generator ab. So erhält man für kurze Zeit einen Energiestrom von 150 MW. Das Schwungrad wird also dazu benutzt, aus einem kleinen Energiestrom, der eine lange Zeit fließt, einen großen Energiestrom zu machen, der nur kurze Zeit fließt.



Was dieses Schwungrad mit der Energie macht, ist dasselbe, was dein Sparkonto mit dem Geld macht. Dein Sparkonto ist ein Geldspeicher. Wenn du auf irgendeine größere Anschaffung, z. B. ein Fahrrad, sparst, so füllst du das Konto – leider – nur sehr langsam. Der Geldstrom ist klein. Wenn genug Geld im Speicher ist, läßt du es mit einem Mal heraus. Der Geldstrom ist groß.

### **E 4 Preßluftspeicher**

Ein Behälter, der Preßluft enthält, ist ein Energiespeicher. Beim Hineindrücken der Luft wird er geladen, beim Herauslassen der Luft wird er entladen. In einem aufgepumpten Autoreifen befindet sich Preßluft, ein Autoreifen ist also ein Energiespeicher. Normalerweise wird zwar die gespeicherte Energie nicht herausgelassen. Man kann es aber tun. Man kann diese Energie z. B. benutzen, um eine Spielzeugdampfmaschine anzutreiben.



# 13. Der Kühlausgang

## 13.1 Der Kühlausgang

Bild 1 zeigt zwei sehr ähnliche Geräte. Jedes der beiden Geräte ist einfach ein Elektromotor, an den man die verschiedensten Werkzeuge anmontieren kann. Der eine ist für die Küche da. An ihn kann man etwa ein Rührwerk oder einen Knethaken anmontieren. Der andere ist für die Werkstatt da. An ihm befestigt man z. B. einen Bohrer oder einen Schleifstein. Beide Elektromotoren laden Energie um von der Elektrizität auf den Drehimpuls. Wir wollen uns beide Geräte etwas genauer ansehen.

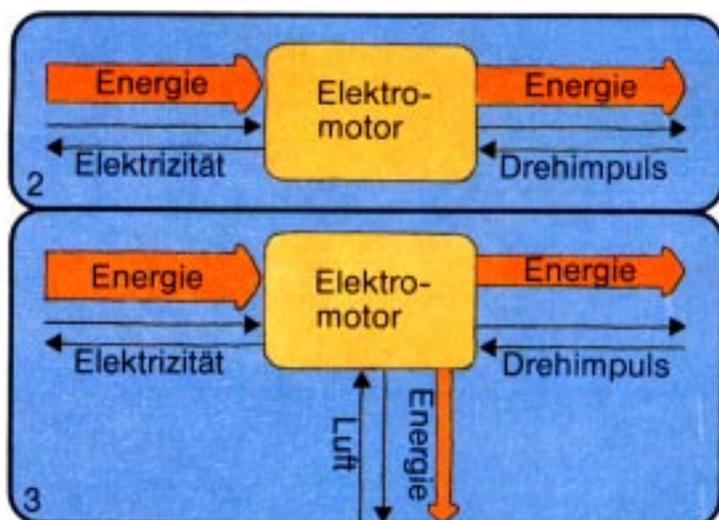
Bei beiden gibt es Öffnungen an der Seite des Gehäuses. Läßt man die Geräte laufen, so kommt zu einer der Öffnungen Luft heraus, zu einer anderen strömt Luft hinein. Du kannst dir sicher denken, wozu diese Luft dient. Der Elektromotor muß gekühlt werden. Wenn man die Luftschlitze zuhält, wird der Motor warm, und er kann durchbrennen. Die herausfließende Luft ist etwas wärmer als die hereinfließende. Die Luft trägt Energie aus dem Gerät heraus.

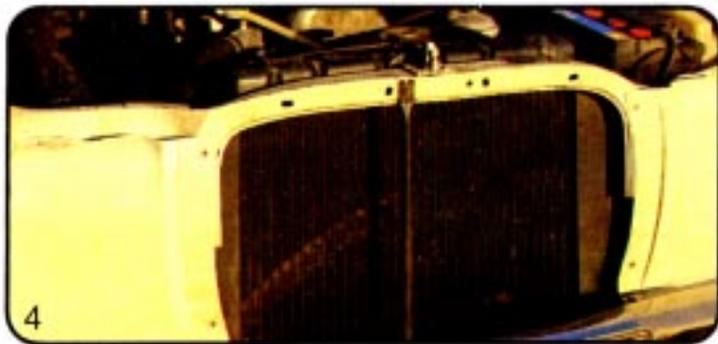


Das Energieflußbild des Elektromotors, so wie wir es bisher gezeichnet haben, Bild 2, ist also unvollständig. Es fehlt noch ein zweiter Ausgang für die Energie. Wir nennen ihn den Kühlausgang. Bild 3 zeigt das vervollständigte Energieflußbild des Motors. Die Breite der Energiepfeile deutet die Stärke des Energiestroms an. Die Energie, die zum Eingang hineinkommt, verteilt sich auf beide Ausgänge.

Der Kühlausgang ist ein notwendiges Übel. Die Energie, die hier herauskommt, wird nicht genutzt, sie ist für uns verloren. Trotzdem können wir auf den Kühlausgang nicht verzichten.

Nicht nur der Elektromotor, auch viele andere Umlader haben einen Kühlausgang. Der Automotor hat einen Kühlausgang, der gut zu sehen ist: durch einen Schlauch fließt warmes Wasser vom Motor zum Kühler, Bild 4, und von dort fließt das Wasser abgekühlt zurück zum Motor. Motorrad- und Mofamotoren geben Energie direkt an die Luft ab, die an ihnen vorbeistreicht. Durch

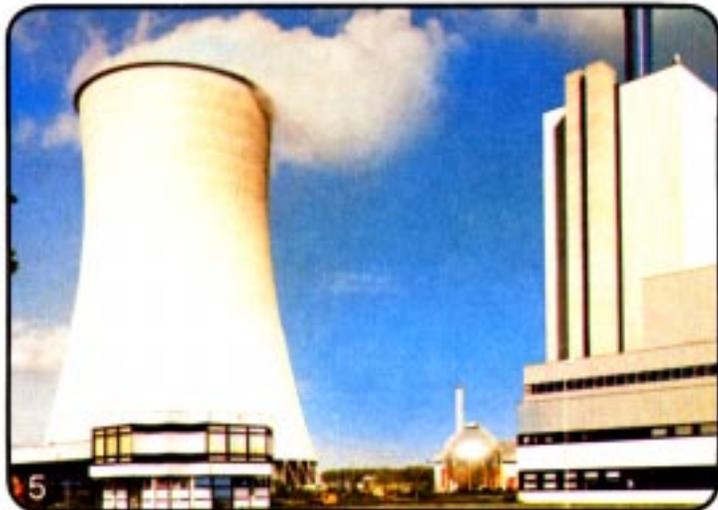




Der Kühlausgang des Automotors

die Kühlrippen wird die Energieübertragung an die Luft erleichtert, Bild 6.

Je mehr Energie eine Maschine umlädt, desto größer ist der Kühlausgang. Kraftwerke, die mit Dampfturbinen arbeiten, haben einen Kühlausgang, der manchmal so groß ist, daß gerade ein großer Fluß ausreicht, die Energie abzuführen. Wenn ein Fluß zur Kühlung nicht da ist oder



Der Kühlausgang des Mofamotors

nicht ausreicht, so baut man Kühltürme, Bild 5. Hier kommt die Energie entweder mit Luft oder mit Wasserdampf heraus.

**Zusammenfassung:** Umlader haben nicht nur einen Ausgang für die Energie, sondern zwei. Die Energie, die zum zweiten Ausgang herauskommt, wird aber nicht genutzt.

Ergänzungen E 1, E 2 auf Seite 135.

### Aufgaben

1. Nenne einige Geräte, die einen Kühlausgang haben. Wo befindet sich jeweils der Kühlausgang?
2. Wo hat der Staubsauger seinen Kühlausgang?
3. Was passiert, wenn man die Luftöffnung des Schreibprojektors verstopft?

### 13.2 Die Umkehrung des Elektromotors

Manche Elektromotoren kann man als Dynamo laufen lassen. Das Energieflußbild des Dynamos kann man deshalb leicht aus dem des Motors gewinnen: Man kehrt einfach alle Pfeile um.

Im vorigen Abschnitt haben wir aber das Flußbild des Elektromotors verbessert, Bild 3. Wir wollen nun versuchen, aus diesem verbesserten Bild das Dynamo-Symbol herzustellen, und zwar nach derselben Methode wie bisher: Wir kehren alle Pfeile von Bild 3 um und erhalten Bild 7. Sieh dir das Bild einmal genau an. Dieser „Dynamo“ würde mehr Energie mit der Elektrizität abgeben, als er mit dem Drehimpuls aufnimmt. Nehmen wir an, daß er 3 J pro Sekunde mit der Elektrizität abgibt, aber nur 2 J pro Sekunde mit dem Drehimpuls aufnimmt. Dann müßte er 1 J pro Sekunde mit der Luft durch die Kühlöffnungen

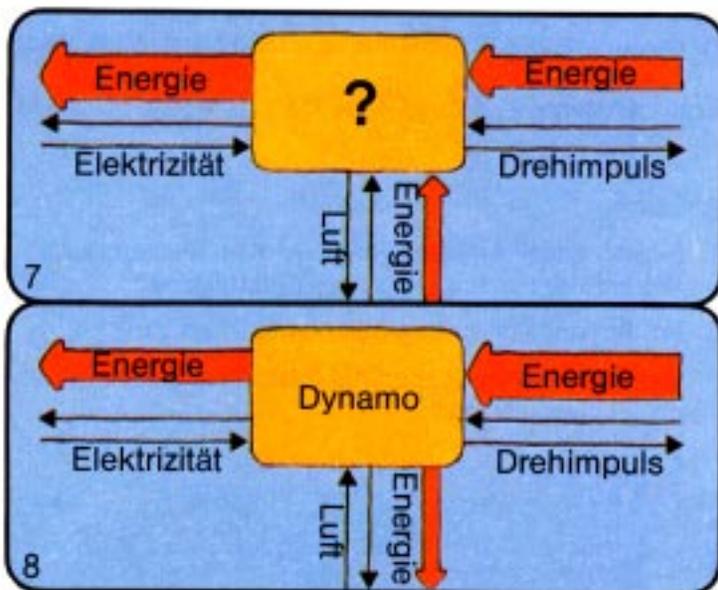
aufnehmen. Die Luft müßte ihn deshalb abgekühlt verlassen. Einen solchen Dynamo gibt es natürlich nicht. Bei einem richtigen Dynamo kommt zu den Kühlöffnungen, genauso wie beim Motor, erwärmte Luft heraus. Das korrekte Energieflußbild des Dynamos zeigt Bild 8. Wieder geht also Energie beim Umladen verloren.

**Zusammenfassung:** Sowohl beim Elektromotor als auch beim Dynamo geht stets ein Teil der Energie verloren. Er fließt zum Kühlausgang hinaus.

Ergänzung E 3 auf Seite 135.

#### Aufgabe

Zeichne die Energieflußbilder von Solarzelle und Glühlampe mit Kühlausgang.



Falsches und richtiges Energieflußbild des Dynamos

### 13.3 Der Energieverlust in einem Umlader

Beim Umladen geht ein Teil der Energie verloren. Man möchte natürlich diesen Energieverlust möglichst klein halten.

Wenn in einen Elektromotor 4 kW mit der Elektrizität hineinfließen und 1 kW zum Kühlausgang herausfließt, so bleiben für den Drehimpuls nur noch 3 kW übrig. Ein Viertel der ankommenden Energie kommt zum Kühlausgang heraus und wird nicht mehr verwendet. Wir sagen, der Energieverlust des Motors ist  $1/4$ .

Fließen in einen Motor 100 W hinein und 50 W zum Kühlausgang heraus, so ist sein Verlust  $1/2$ .

Der Verlust ist also der Bruchteil der hineinfließenden Energie, der zum Kühlausgang herauskommt.

Die Tabelle gibt den Energieverlust einiger Umlader an:

Umlader	Energieverlust
große Wasserturbine	unter $1/10$
großer Elektromotor	$1/10$
Generator	$1/10$
Benzinmotor	$7/10$
Dieselmotor	$6/10$
Kohlekraftwerk	$6/10$
Kernkraftwerk	$7/10$
Solarzelle	$9/10$
Glühlampe	$19/20$

Vielleicht wundert es dich, daß Energieumlader so große Verluste haben. Noch schlimmer wird es aber, wenn man mehrere Umlader zu einer Kette hintereinanderschaltet. Dann kann es passieren, daß von der Energie, die am Anfang abgeschickt wurde, nur noch ein sehr kleiner Bruchteil am Ende der Kette ankommt. Der größte Teil fließt zu den Kühlausgängen der Umlader „seitlich“ zur Kette heraus. Sind die Transportwege lang, so kommen

noch „Leitungsverluste“ hinzu: auf dem Weg zwischen den Umladern fließt Energie heraus.

**Zusammenfassung:** Der Energieverlust eines Umladers ist der Bruchteil der ankommenden Energie, der zum Kühlausgang herausfließt.

Ergänzungen E 4 und E 5 auf Seite 136.

#### Aufgaben

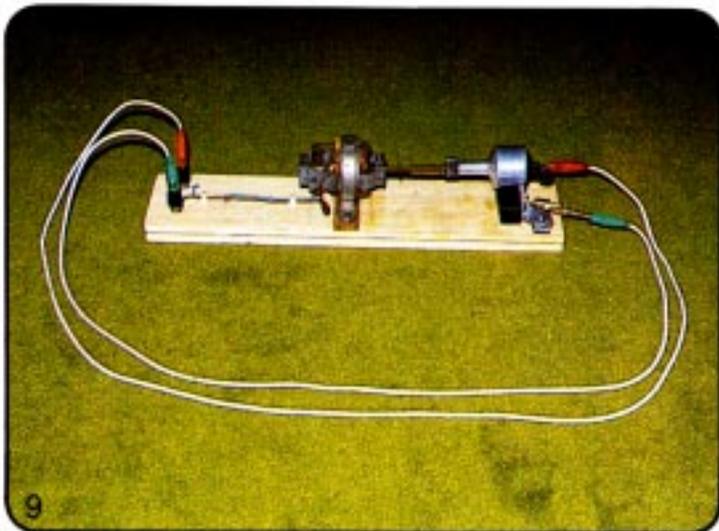
1. Zähle einige Geräte auf, die besonders geringe Verluste haben.
2. Zähle einige Geräte auf, die besonders große Verluste haben.
3. Welchen Energieverlust hat ein Auto, dessen Motor im Stand läuft?
4. Wie groß ist der Energieverlust des Radfahrers aus E2?
5. Eine Glühlampe hat einen Energieverlust von  $19/20$ , eine Neonleuchtröhre von nur  $16/20$ . Wieviel 40 W-Glühlampen senden genausoviel Licht aus wie eine 40 W-Neonleuchtröhre?

### 13.4 Das Perpetuum mobile

Perpetuum mobile heißt auf deutsch: ewige Bewegung. Mit einem Perpetuum mobile ist eine Maschine gemeint, die Energie liefert, aber keine Energie verbraucht. Unzählige Erfinder haben sich den Kopf darüber zerbrochen, wie man so eine Maschine bauen könnte, und es gibt interessante Vorschläge für solche Maschinen. Alle diese Maschinen haben eines gemeinsam: sie funktionieren nicht. Die Erklärung ist einfach. Wenn keine Energie hinfließt, kann auch keine herauskommen.

Häufig bestehen Maschinen, die als Perpetuum mobile vorgeschlagen werden, einfach aus mehreren Energieumladern, die so aneinandergeschaltet sind, daß sie einen „Kreis“ bilden.

Betrachte den Vorschlag von Bild 9. Ein Motor treibt einen Dynamo an. Der Motor selbst bekommt die Energie, die er dazu braucht, vom Dynamo. Wir wollen versuchen



Liefert diese Maschine Energie?

zu verstehen, warum diese Maschine nicht funktioniert. Stehen Motor und Dynamo still, so passiert selbstverständlich gar nichts, die Maschine kann keine Energie liefern. Wir versuchen nun, die Maschine dadurch in Gang zu setzen, daß wir sie anwerfen: Wir setzen die gemeinsame Welle von Motor und Dynamo in Bewegung.

Das bedeutet, wir geben der Maschine zunächst etwas Energie in der Hoffnung, daß wir später mehr Energie herausbekommen, als wir hineingesteckt haben. Stell dir vor, wir haben beim Anwerfen 10 J hineingesteckt. Der Dynamo lädt nun diese 10 J um auf Elektrizität. Dabei fließt ein Teil der Energie zum Kühlaustritt des Dynamos heraus. Nehmen wir an, es sei 1 J. Die restlichen 9 J bekommt der Elektromotor. Er lädt sie zurück auf den Drehimpuls. Wenn dabei 1 J zum Kühlaustritt des Motors herausfließen, bleiben 8 J übrig. Diese bekommt wieder der Dynamo. Nehmen wir an, er gibt 7 J an den Motor weiter, dieser gibt dem Dynamo 6 J zurück, usw. Die Energie fließt im Kreis herum, und bei jedem Rundgang geht durch die Kühlausgänge etwas verloren. Schließlich bleibt die Maschine stehen. Sie liefert also keine Energie. Im Gegenteil, am Ende sind sogar die 10 J, die wir hineingesteckt haben, verloren.

**Zusammenfassung:** Es gibt keine Maschine, die ständig Energie abgibt, ohne daß man Energie hineinsteckt. Es gibt kein Perpetuum mobile.

Ergänzung E 6 auf Seite 137.

#### Aufgaben

1. Man könnte auf die Idee kommen, aus einer Solarzelle und einer Glühlampe ein Perpetuum mobile zu bauen. Kannst du dir denken wie?
2. Versuche, ein Perpetuum mobile zu erfinden. Beschreibe es.

### 13.5 Das Kohlekraftwerk

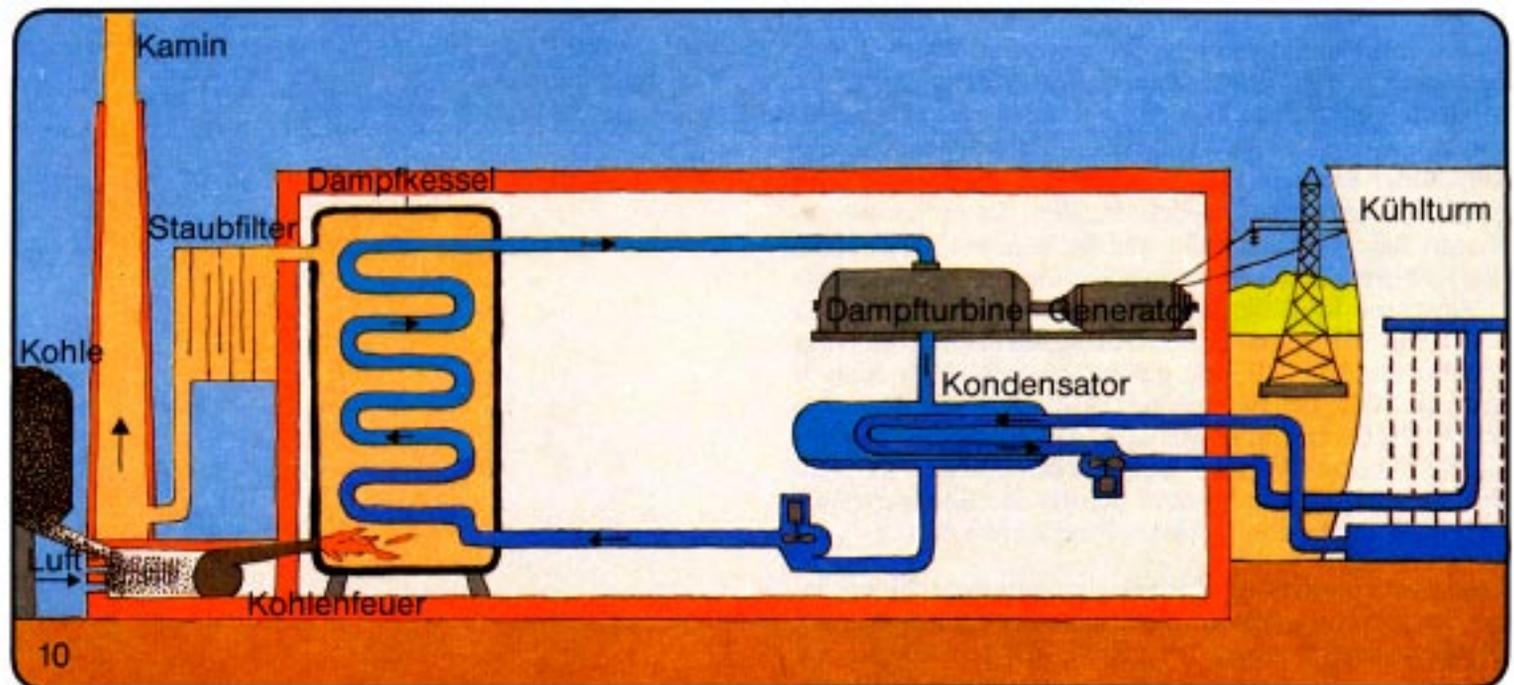
Die meisten Kraftwerke der Bundesrepublik sind Kohlekraftwerke. Der Träger, mit dem die Energie in diese Kraftwerke hineingebracht wird, ist Steinkohle oder Braunkohle. Das Bild auf Seite 23 zeigt ein großes Kohlekraftwerk, das Großkraftwerk Neurath.

Der Energiestrom, den dieses Kraftwerk an die Kunden liefert, beträgt 2100 MW. Das ist genug, um den Bedarf von 3 600 000 Menschen zu decken.

Wie funktioniert ein Kohlekraftwerk? Im Prinzip ganz einfach. Eine Spielzeugdampfmaschine, die einen kleinen Dynamo antreibt, arbeitet fast genauso. In Bild 10 ist ein Kohlekraftwerk schematisch dargestellt.

**1. Der Dampfkessel:** Im Dampfkessel wird mit der Energie des Kohlenfeuers Wasser verdampft. Der Dampf hat einen hohen Druck, etwa 150 bar, und eine hohe Temperatur, etwa 500 °C. Der größte Teil des Kraftwerksgebäudes wird vom Dampfkessel eingenommen.

**2. Dampfturbine und Generator:** Der Dampf, der vom Kessel kommt, treibt eine Dampfturbine an (E 8 auf Seite 35). Sie arbeitet ähnlich wie eine Wasserturbine: Der Dampf strömt von der Seite gegen die Schaufeln eines Turbinenrades und setzt dieses in Bewegung. Druck und Temperatur des Dampfes nehmen dabei ab. Da nach einem einzigen Turbinenrad Druck und Temperatur nur wenig abgenommen haben, kann man den Dampf weiter verwenden. Man lässt ihn gegen ein zweites Schaufelrad



strömen, dann gegen ein drittes, viertes usw. Eine große Dampfturbine kann 70 Schaufelräder haben. Da sich der Dampf bei jedem Schaufelrad ausdehnt, müssen diese immer größer werden: das erste ist am kleinsten, das letzte am größten. Bei einer großen Turbine hat das letzte Schaufelrad einen Durchmesser von 5 m.

Am Ausgang des letzten Turbinenrades ist der Druck des Dampfes fast 0 bar und die Temperatur etwa die unserer Umgebung. Mit diesem Dampf kann man nichts mehr anfangen.

Die Turbine treibt einen großen Generator an. Oder in anderen Worten: Von der Turbine fließt die Energie mit dem Träger Drehimpuls zum Generator.

**3. Der Kondensator:** Der Dampf, der aus der Dampfturbine kommt, hat noch viel Energie, obwohl er nicht mehr heiß ist und auch keinen Druck mehr hat. Wasserdampf hat nämlich mehr Energie als flüssiges Wasser. Trotzdem kann man mit ihm nichts mehr anfangen, seine Temperatur ist zu niedrig. Er wird in den Kondensator geleitet. Hier verwandelt er sich in flüssiges Wasser. Dieses wird mit der Speisewasserpumpe zurück in den Dampfkessel gepumpt. Beim Flüssigwerden gibt das Wasser Energie ab an das Kühlwasser, das durch den Kondensator strömt. Das Kühlwasser trägt die Energie zu einem Kühlturm. Im Kühlturm wird sie an die Luft abgegeben. Der Kühlturm ist also ein Kühlausgang des Kraftwerks. Hier kommt etwa die Hälfte der Energie heraus, die man mit der Kohle in das Kraftwerk hineingesteckt hat. Außerdem hat das Kraftwerk noch Verluste durch andere Ausgänge, etwa durch den Kamin. Insgesamt beträgt der Energieverlust bei einem modernen Kohlekraftwerk etwa 6/10.

Dampflokomotiven und Spielzeugdampfmaschinen haben keinen Kondensator. Hier wird der Dampf, der aus der Dampfmaschine austritt, direkt ins Freie abgelassen. Dieser Dampfaustritt ist der Kühlausgang. Der Energie-

verlust bei solchen Maschinen ohne Kondensator ist größer als bei Maschinen mit Kondensator. Dampflokomotiven haben einen Energieverlust von etwa 8/10.

Ergänzung E 7 auf Seite 137.

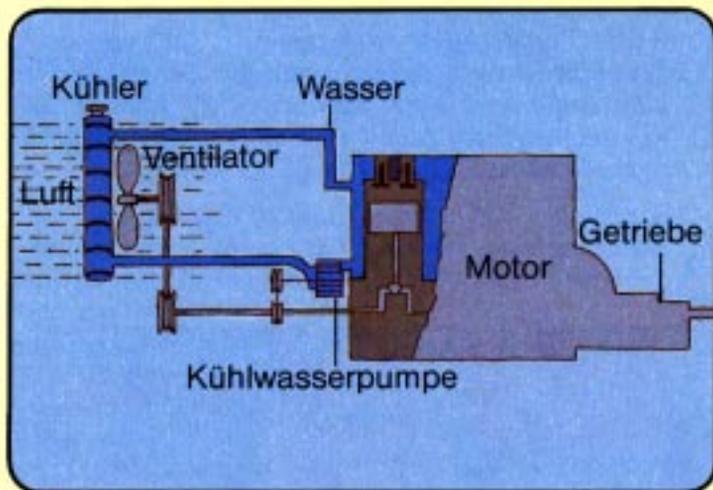
### Aufgaben

1. Beschreibe den Aufbau eines Dampfkraftwerks.
2. Warum hat eine Dampfturbine mehrere Schaufelräder unterschiedlicher Größe?
3. Der Dampfkessel eines Kraftwerks zusammen mit der Feuerung ist ein Energieumlader. Zeichne sein Flußbild.

### E 1 Die Kühlanlage des Automotors

Ein Benzinmotor muß gekühlt werden. Kühlt man ihn nicht, wird der Motor heiß, und das Schmieröl wird so dünnflüssig, daß es nicht mehr schmiert. Die Kolben des Motors würden festklemmen: Es gäbe einen „Kolbenfresser“. Das bedeutet, daß der Motor kaputt ist. Damit es keinen Kolbenfresser gibt, haben Autos am Armaturenbrett ein Thermometer oder ein rotes Lämpchen, das aufleuchtet, wenn die Temperatur des Motors zu hoch wird.

Das Bild zeigt den Aufbau der Kühlung eines Automotors. Im Motor wird Energie auf Wasser geladen, so daß das Wasser warm wird. Die Kühlwasserpumpe pumpt es zum Kühler. Hier läßt es seine Energie um auf die Luft. Solange das Auto steht oder langsam fährt, strömt am Kühler nicht genug Luft vorbei. Deshalb befindet sich hinter dem Kühler ein Ventilator.



Die Kühlung kann auf mehrere Arten ausfallen:

- in der Kühlanlage ist ein Leck, so daß das Kühlwasser herausfließt,

- die Kühlwasserpumpe arbeitet nicht, vielleicht weil der Keilriemen gerissen ist, mit dem sie angetrieben wird.

In jedem Fall muß der Motor sofort abgeschaltet werden.

### E 2 Der Kühlausgang des Menschen

Ein Mensch, der Fahrrad fährt, gibt Energie ab mit dem Träger Drehimpuls. Bei einem Rennfahrer können das bis zu 200 Joule in der Sekunde sein, also 200 W. Gleichzeitig schwitzt aber der Rennfahrer; er gibt Energie über die Haut ab, und zwar etwa 600 W. Die Haut ist also der Kühlausgang des Menschen.

### E 3 Der Kühlausgang von Leitungen

Wir haben gesehen, daß Energieumlader Verluste haben. Ein Teil der hineinfließenden Energie kommt zum Kühlausgang heraus und wird nicht mehr genutzt.

Leider sind diese „Umladerverluste“ nicht die einzigen Verluste, die es gibt. Auch auf dem Weg von einem Umlader zum nächsten geht Energie verloren. Auch die Leitung, durch die der Energieträger fließt, hat einen Kühlausgang: In eine Leitung fließt an ihrem Anfang immer mehr Energie hinein als am Ende herauskommt. Leitungen werden nämlich warm, wenn etwas durch sie hindurchströmt. Sie erwärmen die Luft, die sie umgibt.

Daß elektrische Leitungen warm werden, hast du vielleicht selbst schon erlebt. Um die Erwärmung gering zu halten, nimmt man dicke Leitungen.

Beim Energietransport mit Wellen werden die Lager warm. Um die Energieverluste gering zu halten, benutzt man Kugellager.

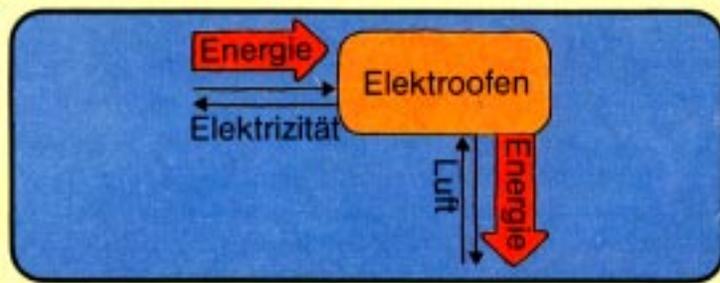
Daß Heizungsrohre Energie verlieren, weist du auch. Um diese Verluste möglichst gering zu halten, isoliert man die Rohre.

#### E 4 Energieverschwendung durch Elektroöfen

Das untere Bild zeigt vier verschiedene elektrische Öfen. Alle diese Öfen haben keinen Verlust. Die ganze Energie, die die Elektrizität in die Öfen hineinträgt, kommt mit warmer Luft heraus. Man könnte das auch so ausdrücken: diese Öfen haben überhaupt nur einen Kühlausgang. Ausnahmsweise ist man hier an der Energie interessiert, die zum Kühlausgang herauskommt. Also, könnte man schließen, sind Elektroöfen die idealen Heizgeräte. Bei anderen Öfen geht ja ein Teil der Energie zum Schornstein hinaus.

Dieser Schluß ist jedoch falsch, denn wir haben hier nur das letzte Glied einer Kette von Umladern betrachtet. Die Energie für den Elektroofen kommt aus einem Kraft-

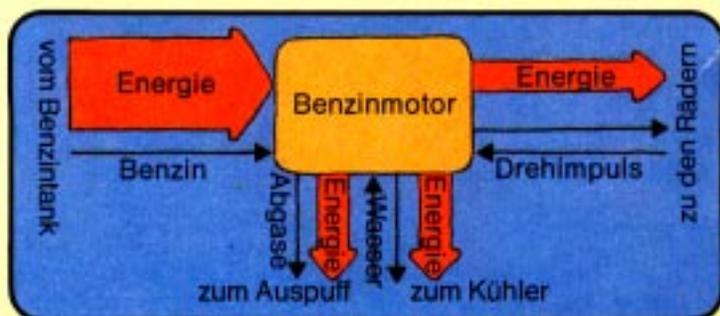
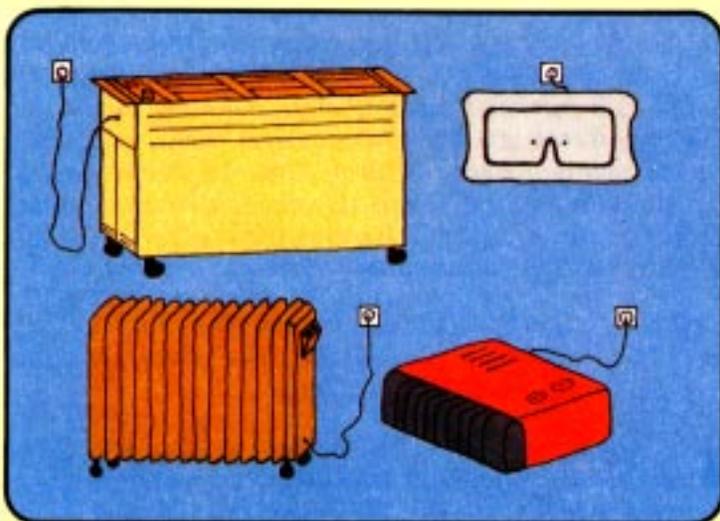
werk, das sie mit einem Verlust von mindestens  $6/10$  von der Kohle ablädt. Verbrennt man die Kohle durch einen Ofen, der das Zimmer heizt, so hat man einen kleineren Verlust: etwa  $3/10$ .



#### E 5 Die Verluste eines Benzinmotors

Der Autokühler ist ein Kühlausgang des Automotors. Er ist aber nicht der einzige. Nicht genutzte Energie kommt nämlich außerdem noch zum Auspuff heraus: Die Abgase sind heiß und tragen noch viel Energie. Als grobe Faustregel kannst du dir merken:

- 1/3 der Energie des Benzins fließt zu den Rädern.
- 1/3 der Energie des Benzins fließt zum Kühler hinaus.
- 1/3 der Energie des Benzins fließt zum Auspuff hinaus.



## E 6 Die ewige Bewegung

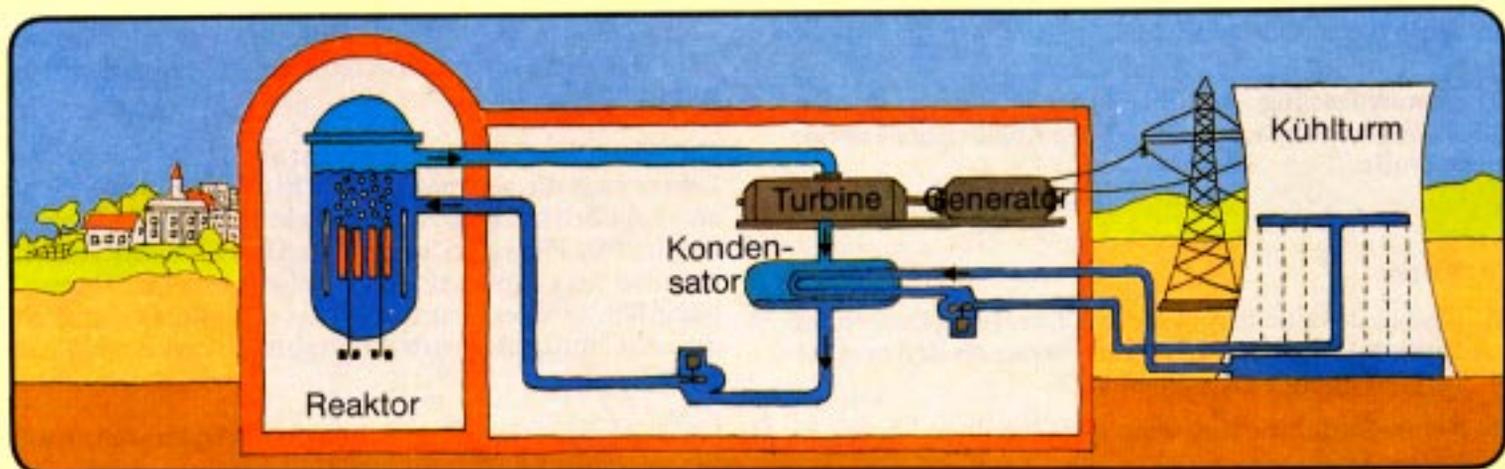
Ein Schwungrad, das man in Drehung versetzt, hört nach einiger Zeit auf, sich zu drehen. Das liegt an der Reibung. Macht man die Reibung kleiner, z. B. durch Kugellager, hält die Drehung länger an. Wenn man die Reibung völlig beseitigen könnte, würde sich das Rad ewig drehen. So ein Rad würde man aber nicht ein „Perpetuum mobile“ nennen. Von einem Perpetuum mobile erwartet man nämlich, daß es Energie abgibt und sich trotzdem weiterdreht. Und das würde unser Rad nicht tun.

Ein Beispiel eines „Rades“ mit sehr wenig Reibung stellt die Erde dar. Sie dreht sich seit Milliarden von Jahren um ihre Achse und wird sich auch noch sehr lange drehen, allerdings nicht ewig. Die Drehbewegung der Erde wird nämlich langsamer: Innerhalb eines Jahres wird die Zeit, die sie für eine Umdrehung braucht, 0,00002 Sekunden länger. Die Tage werden also immer länger. Wir können das auch so ausdrücken: die Erde ist ein Schwungrad, ein Energiespeicher also, aus dem ständig etwas Energie herausfließt.

## E 7 Das Kernkraftwerk

Im Prinzip unterscheidet sich ein Kernkraftwerk von einem Kohlekraftwerk nur im Dampfkessel und seiner Feuerung. Die Kessel von Kohle- und Kernkraftwerk sind für unterschiedliche „Brennstoffe“ ausgelegt.

Der „Brennstoff“ des Kernkraftwerks ist Uran. Die „Feuerung“ des Kessels nennt man hier den Kernreaktor. Bei der Energieabgabe entstehen aus dem Uran die radioaktiven Abfälle. Der Brennstoff des Kernkraftwerks wird dem Kessel nicht ständig zugeführt, wie die Kohle beim Kohlekraftwerk, sondern der Kessel wird einmal im Jahr „geladen“, mit dem Uranbedarf für das ganze Jahr. Ebenso wird der größte Teil der „Asche“, also der radioaktiven Abfälle, nur einmal im Jahr aus dem Kessel herausgeholt. Die radioaktiven Abfälle sind außerordentlich gefährlich. Daher besitzt jeder Kernreaktor komplizierte Sicherheitsvorrichtungen, die verhindern sollen, daß radioaktive Stoffe ins Freie gelangen. Nur ein sehr kleiner Teil der gasförmigen radioaktiven Stoffe wird ständig durch den Kamin abgelassen (im Bild nicht dargestellt).



# 14. Stoffe und ihre Eigenschaften

## 14.1 Stoffumwandlungen in Energieumladern

Wenn ein Energieträger durch einen Empfänger strömt und dort seine Energie abläßt, so verändert er sich.

Wasser, das in einen Zentralheizungskörper hineinströmt, ist warm. Das herausströmende Wasser hat weniger Energie, es ist kälter. Die Luft, die in einen Preßlufthammer hineinströmt, hat einen hohen Druck. Die herausströmende Luft hat einen niedrigen Druck, sie hat weniger Energie.

Es gibt Umlader, in denen sich der Energieträger so stark verändert, daß man ihn nicht wiedererkennt.

Ein solcher Umlader ist der Automotor. In den Motor hinein fließt der mit Energie beladene Träger „Benzin“. Im Motor gibt das Benzin seine Energie ab und verwandelt sich dabei in Abgase. Der leere Energieträger „Abgase“ verläßt den Motor durch den Auspuff. Ganz ähnlich ist es beim Ölofen.

Man sagt, in diesen Umladern läuft eine Stoffumwandlung ab.

Wir werden nun mehr über Stoffe und Stoffumwandlungen lernen, wir werden Chemie betreiben.

**Zusammenfassung:** In Umladern, die Brennstoff oder Treibstoff brauchen, entstehen beim Abladen der Energie neue Stoffe.

### Aufgaben

1. Wasser, das eine Turbine antreibt, verändert sich in der Turbine. Wie sieht man es dem Wasser an, daß es in der Turbine Energie abgegeben hat?
2. Nenne Stoffe, die sich beim Abladen ihrer Energie in andere Stoffe verwandeln.

## 14.2 Wie man einen Stoff erkennt

Wie erkennt man eigentlich einen Stoff? Man erkennt ihn an seinen Eigenschaften. Normalerweise hast du sicher keine Schwierigkeiten, festzustellen, ob ein Stoff Wasser ist oder nicht. Wieviele Eigenschaften mußt du aber herausfinden, um sicher zu sein, daß es Wasser ist?

Stell dir vor, auf einem Tisch steht eine Flasche aus braunem Glas, die mit einem Korken verschlossen ist. Du siehst, daß eine durchsichtige Flüssigkeit darin ist. Kannst du von außen erkennen, ob diese Flüssigkeit Wasser ist? Nein, auf keinen Fall. Aber du kannst eine Menge Stoffe ausschließen: Sicher ist es kein fester Stoff, also kein Eisen oder kein Gummi. Es ist auch sicher keine undurchsichtige Flüssigkeit, also keine Milch, kein Teer und kein Quecksilber (die Flüssigkeit im Fieberthermometer). Aber es gibt noch viele, viele andere Flüssigkeiten, die in Frage kommen.

Du wirst also die Flasche nehmen und schütteln. Die Flüssigkeit ist dünnflüssig, also ist es kein Autoöl und kein Geschirrspülmittel. Übrigens: Du lebst noch, also war es auch kein Nitroglycerin, ein flüssiger Sprengstoff. Was könnte es also sein? Wasser oder Alkohol oder Benzin oder Apfelsaft oder Schwefelsäure (die Flüssigkeit im Akku) oder ...?

Du öffnest die Flasche und riechst vorsichtig daran. (Der Lehrer zeigt dir, wie man das macht.) Aha, es riecht nicht, also kein Benzin, kein Alkohol, kein Heizöl, kein Essig ... Du gießt die Flüssigkeit in ein Glas. Die Flüssigkeit ist farblos, also kein Apfelsaft. Bleibt also nur noch Wasser? Natürlich nicht, es könnte z. B. Glycol sein, die Flüssigkeit, die man häufig als Frostschutzmittel in den Autokühler gießt.

Siehst du, wie schwierig es ist, eindeutig festzustellen, was für einen Stoff du vor dir hast?

Heute sind mehrere Millionen verschiedene Stoffe bekannt. Es ist dir sicherlich klar, daß man diese nicht einfach durch Ansehen, Schütteln und Riechen unterscheiden kann. Die Chemiker haben deshalb unzählige Testverfahren erfunden, um auch zwischen solchen Stoffen zu unterscheiden, die in sehr vielen Eigenschaften übereinstimmen.

Oft ist es allerdings nicht so schwierig, einen Stoff zu erkennen, nämlich dann, wenn man schon weiß, welche Stoffe überhaupt in Betracht kommen.

Stell dir einen Autofahrer vor, der im Kofferraum zwei Plastikkanister hat: einen mit Benzin, für den Fall, daß er vergißt zu tanken, und einen mit Wasser, für den Fall, daß er Kühlwasser für den Motor braucht. Die Kanister sehen gleich aus, und die Aufkleber, die der Autofahrer angebracht hatte, haben sich abgelöst. Hier ist es natürlich leicht zu entscheiden, was in den Kanistern ist: Es kommen ja nur 2 Stoffe in Frage. Man braucht also nur eine Eigenschaft zu untersuchen, in der sich Benzin und Wasser unterscheiden, etwa den Geruch. Ist der Autofahrer verschnupft und riecht nichts, so wird er ein paar Tropfen ausgießen. Verdunstet die Flüssigkeit schnell, so ist es Benzin, verdunstet sie langsam, so ist es Wasser. Er könnte auch ein Stück Papier damit tränken und versuchen, es anzuzünden. Brennt es, so ist die Flüssigkeit Benzin.

Ergänzung E 1 auf Seite 147.

### Aufgaben

1. Nenne verschiedene Stoffe. Woran erkennst du jeden dieser Stoffe?
2. Nenne Unterschiede zwischen Wasser und Alkohol.

### 14.3 Stoffgemische

Wie wir gesehen haben, ist es schwierig, einen unbekanntem Stoff zu erkennen. Besonders schwierig ist es, wenn es sich nicht um einen reinen Stoff handelt, sondern um einen Stoff, der ein Gemisch aus anderen Stoffen ist.

Auf dem Tisch steht ein Behälter mit kleinen weißen Kristallen. Ist es Salz oder ist es Zucker? Du probierst es und stellst fest, daß es salzig und süß zugleich schmeckt. Irgendjemand hat also aus den reinen Stoffen Zucker und Salz ein Gemisch hergestellt. Viele Stoffe, die uns umgeben, sind Gemische aus reinen Stoffen, etwa Messing, Benzin, Likör oder Luft.

Likör z. B. ist ein Gemisch, das im wesentlichen aus den reinen Stoffen Wasser, Alkohol und Zucker besteht.

Luft besteht hauptsächlich aus den reinen Stoffen Sauerstoff und Stickstoff. 1 l Luft enthält etwa 1/5 l Sauerstoff und 4/5 l Stickstoff. Außerdem enthält Luft noch kleine Mengen anderer Gase. Unter diesen ist das Kohlenstoffdioxid besonders wichtig, obwohl 10 000 l Luft nur 3 l davon enthalten. Ohne Kohlenstoffdioxid könnten die Pflanzen nicht leben, und ohne die Pflanzen könnten Tiere und Menschen nicht leben. Luft enthält auch stets etwas gasförmiges Wasser.

**Zusammenfassung:** Viele Stoffe sind Stoffgemische, z. B. Messing, Benzin, Likör und Luft.

Ergänzung E 2 auf Seite 147.

### Aufgaben

1. Nenne Stoffe, die Gemische aus reinen Stoffen sind.
2. Meerwasser ist ein Gemisch aus reinem Wasser und verschiedenen Salzen. Wie kann man das Wasser vom Salz trennen?

#### 14.4 Testverfahren für Stoffeigenschaften

Du kennst sehr viele Stoffe und bist in der Lage, sie voneinander zu unterscheiden. Dabei stellst du, meist unbe-  
wußt, verschiedene Fragen:

- Ist der Stoff sichtbar, wie Eisen, Wasser und Öl, oder ist er unsichtbar, wie Luft und Erdgas?
- Ist er fest, flüssig oder gasförmig?
- Ist er durchsichtig, wie Glas, oder undurchsichtig, wie Eisen?
- Welche Farbe hat er?
- Besteht er aus Kristallen, wie Salz und Zucker?
- Ist er zähflüssig, wie Teer, etwas weniger zähflüssig, wie Autoöl, oder dünnflüssig, wie Benzin? (In anderen Worten: Wie gut leitet er den Drehimpuls?)
- Ist der Stoff elastisch, wie Gummi?
- Fühlt er sich kalt an, wie Marmor, oder warm, wie Holz?
- Hat er einen Geruch?
- Hat er einen Geschmack?
- Ist er schwer oder leicht?

Jedesmal, wenn du eine dieser Fragen beantwortest, wendest du ein „Testverfahren“ für eine bestimmte Stoffeigenschaft an. Du untersuchst Farbe, Zähigkeit, Geruch usw. Diese Testverfahren sind so einfach, daß man keine Hilfsmittel dazu braucht, man kommt mit den Sinnesorganen allein aus.

Für die Beantwortung der folgenden Fragen braucht man etwas aufwendigere Testverfahren:

- Ist der Stoff in Wasser löslich, wie Zucker oder Salz, oder nicht, wie Sand oder Fett?
- Ist der Stoff brennbar?
- Ist er magnetisch?
- Wie gut leitet er den elektrischen Strom?

Die Testverfahren der Chemiker sind zum Teil sehr kompliziert. Es gibt auch Geräte, die solche Testverfahren automatisch durchführen.

**Zusammenfassung:** Um Stoffe voneinander unterscheiden zu können, wendet man viele Testverfahren an.

#### Aufgaben

1. Zähle von drei beliebigen Stoffen möglichst viele Eigenschaften auf.
2. Nenne möglichst viele Eigenschaften, in denen sich
  - a) Eisen und Luft,
  - b) Gold und Silber unterscheiden.
3. Wie kann man feststellen, ob ein Stoff
  - a) die Elektrizität leitet,
  - b) magnetisch ist?

## 14.5 Eigenschaften einiger Gase

Über gasförmige Stoffe wissen die meisten Menschen recht wenig. Das liegt wohl daran, daß man die meisten Gase nicht sehen kann. Einige Gase sind aber für das Leben auf der Erde sehr wichtig, wie Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid, andere spielen in der Technik eine große Rolle, etwa Wasserstoff und Methan. Wieder anderen begegnet du in vielen Haushalten: Propan und Butan.

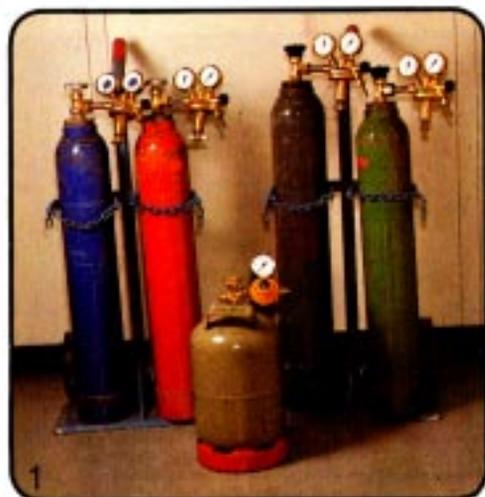
Wir wollen deshalb einige Gase genauer betrachten und nach Eigenschaften suchen, in denen sie sich unterscheiden. Wir nehmen uns die fünf Gase Sauerstoff, Wasserstoff, Propan, Kohlenstoffdioxid und Stickstoff vor (in Bild 1 von links nach rechts). Diese Gase kann man in Stahlflaschen mit genormter Farbe kaufen.

Geruch: Am leichtesten zu prüfen ist der Geruch. Flaschenpropangas enthält einen Zusatz, der unangenehm riecht. Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff sind geruchlos. Kohlenstoffdioxid riecht schwach säuerlich.

Brennbarkeit: Man läßt das Gas, das man untersuchen will, durch ein Metallröhrchen ins Freie strömen. Der Gasstrom muß sehr klein sein, damit die Flamme nicht zu groß wird, falls das Gas brennt. Man hält nun ein brennendes Streichholz in den Strom. Ergebnis: Wasserstoff brennt mit kaum sichtbarer Flamme, Propan brennt mit einer Flamme, die unten gelb und an der Spitze blau ist. Hält man ein brennendes Streichholz in den Sauerstoffstrom, so flammt es heller und schneller als ohne Sauerstoff, Bild 2.

Stickstoff und Kohlenstoffdioxid brennen nicht. Füllt man einen Becher mit Kohlenstoffdioxid oder mit Stickstoff und taucht eine brennende Kerze hinein, so erlischt die Kerze, Bild 3. Stickstoff und Kohlendioxid ersticken eine Flamme.

Gewicht: Nur zwei der fünf Gase können wir noch nicht voneinander unterscheiden: Stickstoff und Kohlenstoffdioxid. Wir untersuchen deshalb noch das Gewicht der



Viele Gase kann man in Flaschen kaufen.



Sauerstoff fördert die Verbrennung.



In Kohlenstoffdioxid erlischt die Kerze.

Gase. Dazu füllen wir mit jedem der Gase einen Luftballon, Bild 4. Der Wasserstoffballon steigt nach oben. Wasserstoff ist also leichter als Luft. Alle anderen Ballons sinken zur Erde, der Kohlenstoffdioxidballon und der Propanballon besonders schnell, Bild 4. Wir können damit Kohlenstoffdioxid von Stickstoff unterscheiden: Kohlenstoffdioxid ist schwerer als Stickstoff.

Der Kalkwassertest: Wir werden später die Frage zu beantworten haben, ob ein Gasgemisch Kohlenstoffdioxid enthält, möglicherweise eine ganz kleine Menge. Durch Abfüllen in einen Luftballon können wir das nicht entscheiden. Wir wollen deshalb ein Testverfahren kennenlernen, mit dem man kleine Mengen Kohlenstoffdioxid nachweisen kann. Füll etwas Kalkwasser in ein Glas (Kalkwasser erhält man, indem man eine ganz kleine Menge gewöhnlichen Baukalk in Wasser auflöst). Kalkwasser ist eine wasserklare Flüssigkeit. Füll den Rest des Glases mit Kohlenstoffdioxid und schüttle. Das Kalkwasser wird trüb. Alle anderen Gase trüben das Kalkwasser nicht.



Wasserstoff ist leichter als Luft. Kohlenstoffdioxid und Propan sind schwerer als Stickstoff.

Löslichkeit: Füll eine Flasche zur Hälfte mit Wasser und füll den Rest mit Kohlenstoffdioxid auf. Verschließ die Flasche mit dem Daumen, und schüttle mehrmals kräftig. In der Flasche entsteht ein Unterdruck, du kannst sie am Daumen hängenlassen, Bild 5. Ein Teil des Kohlenstoffdioxids ist aus der oberen Hälfte verschwunden, es hat sich im Wasser gelöst. Kohlenstoffdioxid löst sich sehr gut in Wasser. Die anderen Gase lösen sich nicht so gut. Allerdings ist im Wasser von Seen, Flüssen und Meeren soviel Sauerstoff gelöst, daß die Fische leben können. Fische brauchen nämlich genauso wie die Landtiere Sauerstoff zum Leben.

Kohlenstoffdioxid, das in Wasser gelöst ist, kennst du schon. Leite das Gas, das aus einer Sprudelflasche entweicht, durch Kalkwasser, Bild 6. Das Kalkwasser wird trüb. Das Gas in der Sprudelflasche ist also Kohlenstoffdioxid. Es wurde bei der Herstellung in die Sprudelflasche hineingedrückt und hatte sich im Wasser gelöst. Sprudel ist also einfach Wasser, in dem Kohlenstoffdioxid gelöst ist.



Kohlenstoffdioxid, das in der oberen Hälfte der Flasche war, hat sich im Wasser gelöst.

**Zusammenfassung:** Sauerstoff brennt nicht, fördert aber die Verbrennung. Stickstoff erstickt Flammen. Kohlenstoffdioxid erstickt Flammen, ist schwerer als Luft, trübt Kalkwasser und ist gut in Wasser löslich. Wasserstoff brennt und ist leichter als Luft. Propan brennt mit gelber Flamme und ist schwerer als Luft.

Ergänzung E 3 auf Seite 148.

### Aufgaben

1. Zähle einige Gase auf. Was haben sie gemeinsam?
2. Wie kann man Stickstoff von Kohlenstoffdioxid unterscheiden?
3. Wie kann man feststellen, ob ein Gasgemisch Kohlenstoffdioxid enthält?
4. Beim Vergären von Traubensaft entsteht Kohlenstoffdioxid. Bevor der Winzer seinen Keller betritt, zündet er manchmal eine Kerze an, obwohl der Keller elektrisch beleuchtet ist. Warum?



Das Gas, das aus einer Sprudelflasche entweicht, ist Kohlenstoffdioxid. Es trübt Kalkwasser.

### 14.6 Fest, flüssig, gasförmig

Wir hatten gesagt, daß man Wasser unter anderem daran erkennt, daß es flüssig ist. Nun ist aber Wasser nicht immer flüssig, es gibt auch gasförmiges, und es gibt festes Wasser. Festes Wasser kennt jeder: das Eis. Kühlt man flüssiges Wasser ab, so geht es bei  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  in Eis, d. h. in den festen Zustand, über. Erwärmt man Eis, so wird es bei  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  wieder flüssig. Die Übergangstemperatur nennt man die Schmelztemperatur. Das Festwerden oder Erstarren läuft bei derselben Temperatur ab wie das Schmelzen.

Um gasförmiges Wasser zu erhalten, braucht man gar nichts zu tun. Die Luft enthält stets etwas gasförmiges Wasser. Man spricht z. B. von feuchter oder trockener Luft und meint, daß die Luft mehr oder weniger Wasser im gasförmigen Zustand enthält. Daß die Luft gasförmiges Wasser enthalten muß, siehst du daran, daß flüssiges Wasser verdunstet.

Hängt man feuchte Wäsche auf die Leine, so tropft zunächst ein Teil des Wassers ab, der Rest verdunstet, er wird gasförmig. Nach einem Regen wird die Erde wieder trocken. Ein Teil des Wassers fließt ab, der Rest verdunstet.

Was wir hier über Wasser gesagt haben, trifft für andere Stoffe auch zu. Stoffe, die du nur als Gase kennst, wie Luft, können flüssig und fest werden. Ebenso können Stoffe, die du nur im festen Zustand kennst, wie Eisen, flüssig und gasförmig sein.

Die Tabelle gibt einige Schmelztemperaturen wieder.

Stoff	Schmelztemperatur in $^{\circ}\text{C}$
Wasserstoff	- 259
Sauerstoff	- 219
Stickstoff	- 210
Alkohol	- 114
Wasser	0
Blei	327
Eisen	1 528

Wie dir die Tabelle zeigt, würde die Luft die Erdoberfläche wie eine Eisschicht bedecken, wenn die Temperatur niedriger wäre als  $-219\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Das Verdunsten ist bei manchen Stoffen deutlicher zu erkennen als bei Wasser, nämlich bei solchen Stoffen, die einen Geruch haben. „Ein Stoff riecht“ bedeutet ja, daß er in gasförmigem Zustand in unsere Nase gerät. Daß wir Benzin, Heizöl, Bohnerwachs oder Parfüm riechen, ist also nur möglich, weil diese Stoffe verdunsten.

**Zusammenfassung:** Bei der Schmelztemperatur geht ein Stoff aus dem festen in den flüssigen oder aus dem flüssigen in den festen Zustand über. Beim Verdunsten geht ein Stoff in den gasförmigen Zustand über. Luft enthält meist etwas gasförmiges Wasser.

Ergänzungen E 4 und E 5 auf Seite 148f.

### Aufgaben

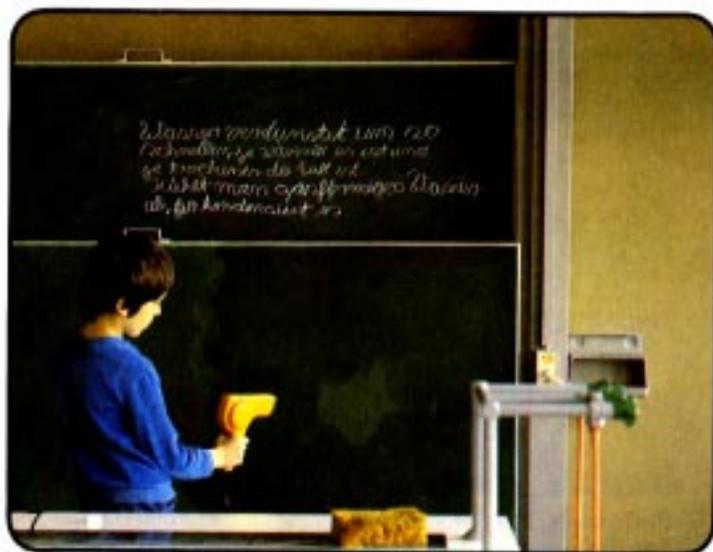
1. Wenn man Blei erhitzt, wird es bei  $327\text{ }^{\circ}\text{C}$  flüssig. Bei welcher Temperatur wird das flüssige Blei wieder fest, wenn man es abkühlt?
2. Woran kann man erkennen, daß Luft gasförmiges Wasser enthält?
3. Nenne einige Stoffe, deren Schmelztemperaturen a) niedriger, b) höher sind als die Schmelztemperatur von Wasser.

### 14.7 Verdunsten – Kondensieren

Wäsche trocknet besonders gut, wenn man sie in den Wind hängt. Warum ist das so?

- Wasser verdunstet umso schneller, je weniger gasförmiges Wasser die Luft schon enthält, je trockener sie ist. Deshalb kann das Verdunsten durch den Wind beschleunigt werden. Er bläst Wasser, das gerade verdunstet ist, von der Wasseroberfläche weg, so daß ständig trockene Luft nachströmt.
- Wäsche trocknet auch ohne Wind gut, wenn die Sonne scheint. Wasser verdunstet umso schneller, je wärmer es ist.

Besonders schnell verdunstet Wasser, wenn man sowohl erwärmt als auch bläst. Die Wäsche auf der Wäscheleine trocknet dann am schnellsten, wenn gleichzeitig die Sonne scheint und der Wind weht. Auch der Fön, Bild 7, bläst und erwärmt gleichzeitig.



Was passiert aber, wenn Luft, die Wasser enthält, abgekühlt wird? Das geschieht oft in der Nacht, und die Folge davon kannst du morgens auf einer Wiese sehen: Auf dem Gras hat sich Tau abgesetzt. Der Tau ist Wasser, das vorher als Gas in der Luft war, und jetzt flüssig ist. Man sagt, das Wasser ist kondensiert. Kondensieren und verdunsten sind umgekehrte Vorgänge. Wenn flüssiges Wasser gasförmig wird, spricht man von Verdunsten, wenn gasförmiges Wasser flüssig wird, von Kondensieren.

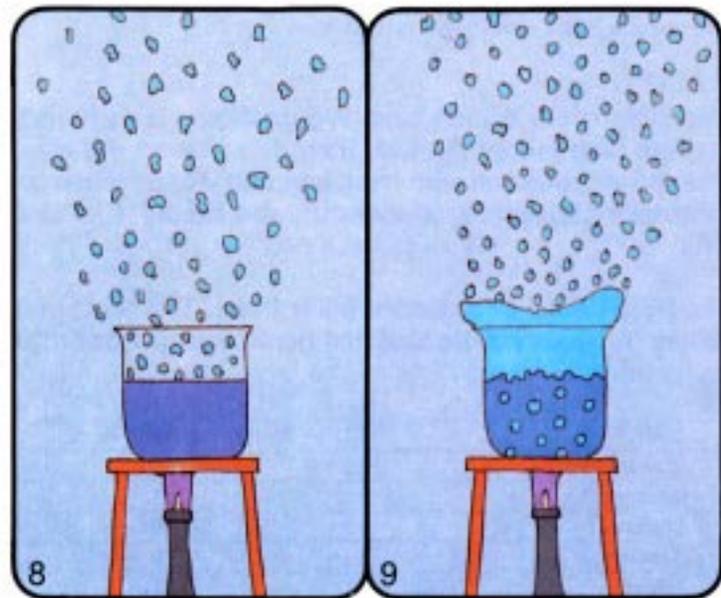
**Zusammenfassung:** Wasser verdunstet umso schneller, je wärmer es ist und je trockener die Luft ist. Kühlt man gasförmiges Wasser ab, so kondensiert es.

### Aufgaben

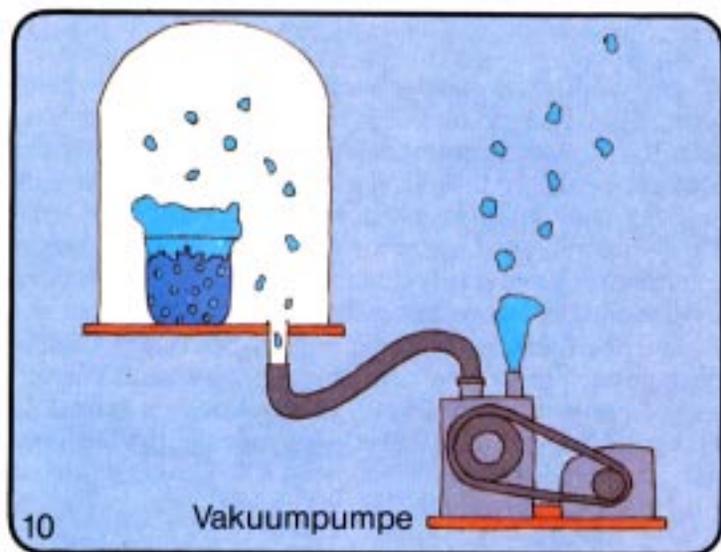
1. Warum trocknen die Haare schneller, wenn man einen Fön benutzt?
2. Nimmt man eine Flasche aus dem Kühlschrank heraus, so beschlägt sie, sie überzieht sich mit einer Wasserschicht. Woher kommt das Wasser?
3. Wenn man gegen eine Fensterscheibe haucht, beschlägt die Fensterscheibe. Woher kommt das Wasser?

### 14.8 Sieden

Wasser verdunstet umso schneller, je höher die Temperatur ist. Bild 8 zeigt einen Topf mit flüssigem Wasser. Von dem Wasser verdunstet ständig etwas. Die Luft über der Wasseroberfläche enthält gasförmiges Wasser, das sich langsam nach außen verteilt. Wenn man das Wasser im Topf erwärmt, verdunstet es immer schneller. Bei einer bestimmten Temperatur schließlich geht das Verdunsten so schnell, daß das verdunstete Wasser die Luft über der Wasseroberfläche vollständig wegdrückt, Bild 9. Gleichzeitig entstehen im Innern des Wassers Blasen aus Wasserdampf, die nach oben steigen. Diesen Vorgang kennst du sehr gut. Man sagt, das Wasser siedet oder kocht. Die Temperatur, bei der das passiert, beträgt  $100^{\circ}\text{C}$ . Man nennt sie die Siedetemperatur des Wassers.



Links verdunstet das Wasser langsam. Rechts verdunstet das Wasser so schnell, daß es die Luft vollständig wegdrückt, es siedet.



Auf diesem Bild siedet Wasser bei 20 °C.

Man kann dem Wasser beim Wegdrücken der Luft auch helfen: Man pumpt die Luft über dem Wasser mit einer Pumpe weg. So kann man erreichen, daß Wasser schon bei normaler Umgebungstemperatur, also bei 20 °C, siedet, Bild 10.

Andere Flüssigkeiten siedeln bei anderen Temperaturen. In der Tabelle sind die Siedetemperaturen einiger Stoffe aufgeführt.

Stoff	Siedetemperatur in °C
Wasserstoff	-253
Sauerstoff	-183
Stickstoff	-196
Alkohol	78
Wasser	100
Blei	1750
Eisen	3000

Vielleicht erstaunt es dich, daß auch Metalle gasförmig werden, dabei begegnen dir gasförmige Metalle recht häufig. Viele moderne Straßenlampen sind weder Glühlampen noch Leuchtstoffröhren (Neonröhren). In ihnen leuchtet vielmehr ein gasförmiges Metall. Bei den Lampen mit dem „kalten“ Licht, das dem Tageslicht ähnlich ist, leuchtet gasförmiges Quecksilber, bei den Lampen mit dem „warmen“ gelben Licht ist es gasförmiges Natrium. Beim Einschalten ist das Metall noch nicht gasförmig. Deshalb brauchen die Lampen einige Minuten, bis sie ihre volle Helligkeit erreicht haben.

**Zusammenfassung:** Bei der Siedetemperatur geht so viel Flüssigkeit in den gasförmigen Zustand über, daß die Luft über der Flüssigkeit weggedrückt wird.

Ergänzung E 6 auf Seite 149.

### Aufgaben

1. Beschreibe, was passiert, wenn man die Temperatur von Wasser nach und nach bis zur Siedetemperatur erhöht.
2. Wie kann man erreichen, daß Wasser unterhalb von 100 °C siedet?
3. Was muß man tun, damit Wasser bei einer höheren Temperatur als 100 °C siedet?
4. Ein Schnellkochtopf ist ein Kochtopf mit einem luftdichten Deckel. Was passiert mit dem Wasser in so einem Topf, wenn man ihn erhitzt?

### E1 Vorsicht bei unbekanntem Stoffen!

Einem unbekanntem Hund nähert man sich nur vorsichtig. Am besten ist es, man fragt den Besitzer des Hundes, ob der Hund beißt. Bei unbekanntem Stoffen ist es ähnlich: sie können giftig sein, sie können radioaktiv sein, sie können ätzen, explodieren oder ersticken. Experimentiere deshalb nie mit Stoffen, von denen du nicht weißt, daß sie ungefährlich sind. Untersuche vor allem nie den Geschmack eines unbekanntem Stoffes.

Zyankali z. B. ist ein ganz harmlos aussehendes Salz. 0,15 g davon reichen aus, einen Menschen zu töten.

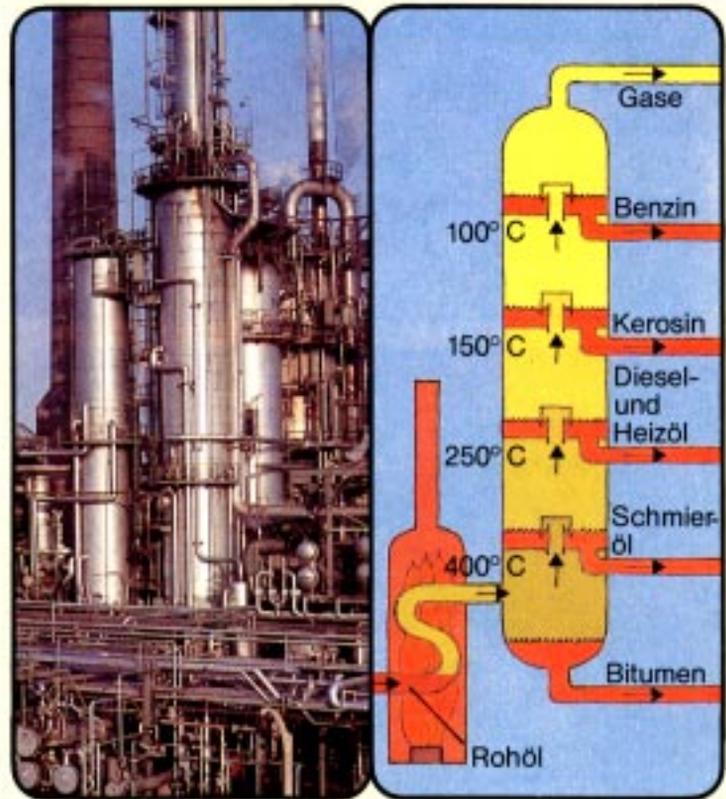
### E2 Das Zerlegen von Gemischen

Manchmal besteht die Notwendigkeit, ein Stoffgemisch zu zerlegen, die reinen Stoffe voneinander zu trennen. Wir wollen zwei Trennverfahren beschreiben, die technisch besonders wichtig sind.

Die Erdölraffinerie: Erdöl ist ein Gemisch aus einer großen Zahl verschiedener Brennstoffe. Mit dem Gemisch kann man direkt nicht sehr viel anfangen. Weder ein Benzinmotor, noch ein Dieselmotor oder Ölofen würde funktionieren, wenn man ihn mit dem Rohöl, das aus der Erde kommt, versorgte. Deshalb wird das Rohöl in einer Raffinerie zerlegt. Das Verfahren, das man dabei anwendet, heißt „Destillation“. Das Rohöl wird zunächst verdampft, d. h. in den gasförmigen Zustand gebracht. Der Dampf wird in einen Destillationsturm geleitet. Im Destillationsturm herrschen in verschiedener Höhe unterschiedliche Temperaturen. Da die einzelnen Bestandteile des Erdöls verschiedene Siedetemperaturen haben, kondensieren sie in verschiedenen Etagen des Turms und können einzeln weggeleitet werden. Allerdings werden hier nicht alle reinen Stoffe voneinander getrennt. Die Bestandteile des Erdöls werden nur in

Gruppen zerlegt. Jede Gruppe ist immer noch ein Gemisch. Eine der abgetrennten Gruppen ist das Benzin, eine andere das Diesel- oder Heizöl (siehe Bilder unten).

Die Meerwasserentsalzungsanlage: In vielen Ländern der Erde ist Trinkwasser ein kostbarer Stoff, obwohl genug Wasser vorhanden ist. Das vorhandene Wasser ist aber Meerwasser, d. h. ein Gemisch aus Wasser und Salz. Um daraus Trinkwasser zu machen, werden Entsalzungsanlagen gebaut. Ein Verfahren beruht darauf, daß beim Sieden von Salzwasser nur das Wasser verdampft. Das Salz bleibt als fester Stoff zurück.

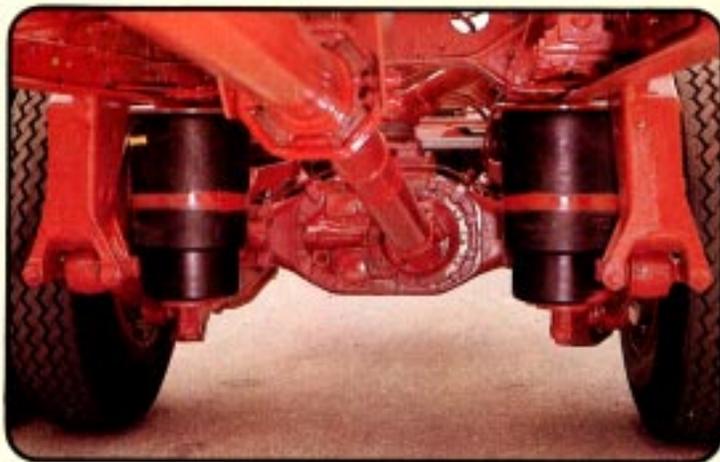


### E 3 Gase sind zusammendrückbar

Besorge dir eine Spritze.

1. Zieh den Kolben ein Stück heraus, halte die Öffnung zu, und drück auf den Kolben.
2. Füll die Spritze mit Wasser, halte die Öffnung zu, und drück auf den Kolben.

Hast du den Unterschied gespürt? Luft ist, wie alle Gase, leicht zusammendrückbar. Wasser ist fast gar nicht zusammendrückbar.



Die mit Luft gefüllte Spritze verhält sich ähnlich wie eine Stahlfeder. Es gibt Autos, die mit „Luftfedern“ gefedert sind (Bild links unten). Auch bei den Reifen von Fahrzeugen nützt man die Zusammendrückbarkeit der Luft aus.

Wenn man ein Gas zusammendrückt, steckt man Energie in das Gas. Beim Entspannen des Gases kommt sie aus dem Gas heraus.

### E 4 Flüssige Metalle

Die meisten Metalle sind bei normaler Temperatur fest. Erhitzt man sie, so werden sie bei der Schmelztemperatur flüssig.

Um einen Metallgegenstand einer bestimmten Form herzustellen, gießt man oft flüssiges Metall in eine Form und läßt es dann erstarren.

Durch Gießen werden hergestellt:

Motorblöcke für Automotoren aus Eisen oder Aluminium, Kirchenglocken und Statuen aus Bronze, Öfen aus Eisen, Modellspielzeugautos aus Zink.



### **E 5 Abbinden von Beton, Hartwerden von Eiern und Festwerden von Klebstoff**

*Nicht immer, wenn aus einem flüssigen Stoff ein fester Stoff entsteht, kann man diese Änderung des Zustands rückgängig machen.*

*Wenn Beton fest wird oder, wie man sagt, „abbindet“, so ist das kein Übergang aus dem flüssigen in den festen Zustand. Beton wird nicht bei einer einzigen Temperatur fest, sondern bei fast jeder Temperatur. Außerdem wird er durch einfaches Erhitzen nicht wieder flüssig. Beim Festwerden von Beton läuft eine Stoffumwandlung ab. Fester Beton ist ein anderer Stoff als flüssiger.*

*Ein Ei, das man kocht, wird hart. Auch dieser Vorgang kann durch Abkühlen nicht rückgängig gemacht werden.*

*Klebstoff wird, wie Beton, nicht nur bei einer bestimmten Temperatur fest. Die meisten Klebstoffe bestehen aus einem festen Stoff, der in einem Lösungsmittel gelöst ist – ähnlich wie Zucker in Wasser. Beim Festwerden verdunstet das Lösungsmittel und der feste Stoff bleibt zurück.*

### **E 6 Wasserdampf und Nebel**

*Die weißen „Wolken“, die aus dem Wasserkessel auf einem Herd aufsteigen, nennt man häufig Dampf oder Wasserdampf. Der Physiker und der Ingenieur verstehen unter Wasserdampf allerdings etwas anderes, nämlich gasförmiges Wasser. Gasförmiges Wasser ist unsichtbar.*

*Betrachte einen Kessel mit kochendem Wasser genauer. Direkt über der Tülle sieht man nichts. Schließ daraus nicht, daß sich hier Luft befindet, und halte den Finger nicht hin: Hier strömt unsichtbarer, heißer Wasserdampf heraus! Erst etwas höher sieht man ein weißes Nebelwölkchen. Dieses besteht aus winzig kleinen Tropfen*



*flüssigen Wassers. Der Dampf, der aus dem Kessel austritt, gelangt an eine Stelle, an der es so kalt ist, daß er kondensiert. Danach kommen die Tröpfchen in ein Gebiet, wo die Luft trockener ist, sie verdunsten wieder.*

*Auch Nebel und die Wolken am Himmel bestehen aus Wassertröpfchen. Da es in großer Höhe sehr kalt ist, sind die Wassertröpfchen in sehr hoch schwebenden Wolken zu festen Eisteilchen erstarrt.*

# 15. Der Energieträger „Brennstoff + Sauerstoff“

## 15.1 Was zur Verbrennung gebraucht wird

Will man von einem Brennstoff die Energie abladen, so verbrennt man ihn. Kohle verbrennt man im Ofen, Benzin im Benzinmotor (deshalb heißt er auch Verbrennungsmotor). Wachs verbrennt in der Kerzenflamme.

Hast du schon bemerkt, daß für jede Verbrennung Luft gebraucht wird? Wir werden das jetzt genauer untersuchen.

Da Luft hauptsächlich aus Stickstoff und Sauerstoff besteht, kann man sich fragen, welcher der beiden Stoffe für die Verbrennung notwendig ist: der Sauerstoff, der Stickstoff oder beide? Du kannst die Antwort auf diese Frage schon geben. Wir hatten im vorigen Abschnitt gesehen, daß Stickstoff eine Flamme erstickt und daß Sauerstoff die Verbrennung fördert. Was der Ofen braucht, ist deshalb Sauerstoff. Was passiert aber mit dem Sauerstoff in einer Flamme? Kommt der Sauerstoff, den ein Kohleofen braucht, vielleicht zum Schornstein wieder heraus? Daß



das nicht passiert, siehst du, wenn du den folgenden Versuch machst.

Stell eine brennende Kerze in ein Glas und verschließ das Glas mit einem Deckel oder Korken, Bild 1. Die Kerze brennt zunächst weiter. Ihre Flamme wird aber nach einer Weile kleiner und erlischt schließlich. Stellt man gleich danach eine andere brennende Kerze in das Glas, so erlischt diese sofort. Das liegt daran, daß im Glas etwas fehlt, was für die Verbrennung notwendig ist: Sauerstoff. Der Sauerstoff ist von der ersten Kerze verbraucht worden.

Für eine Verbrennung werden also gebraucht

1. ein Brennstoff,
2. Sauerstoff.

Der Träger, mit dem die Energie zu einer Flamme gebracht wird, ist also nicht der Brennstoff allein, vielmehr bilden zwei Stoffe zusammen den Träger: der Brennstoff und der Sauerstoff. Brennstoff und Sauerstoff verschwinden bei der Verbrennung. Sie wandeln sich in andere Stoffe um. Wir sagen deshalb: die Verbrennung ist eine Stoffumwandlung.

**Zusammenfassung:** Bei einer Verbrennung wandeln sich Brennstoff und Sauerstoff in andere Stoffe um.

Ergänzungen E 1 und E 2 auf Seite 161.

### Aufgaben

1. Mit einem Flugzeug kann man nicht hinaus in den Weltraum fliegen. Warum nicht? (Es gibt mehrere Gründe.)
2. Woran erkennt man, daß bei einer Verbrennung Sauerstoff verschwindet?

## 15.2 Was bei einer Verbrennung entsteht

Was wird aus dem Energieträger, wenn er bei der Verbrennung seine Energie abgeladen hat? Welche Stoffe entstehen bei einer Verbrennung? „Asche, Ruß und Rauch“ wirst du vielleicht sagen. Alle drei Antworten sind aber nicht ganz richtig.

Wenn eine Kerze abbrennt, wenn das Benzin im Automotor verbrennt oder das Heizöl im Ölofen, entsteht keine Asche und kaum Rauch oder Ruß. Schornsteine von großen Kohlekraftwerken haben Durchmesser von etwa 5 m. Aus diesen Schornsteinen kommt aber kein Rauch heraus (Bild auf S. 23). Wozu also diese riesigen Schornsteine? Die bei einer Verbrennung entstehenden Stoffe sind unsichtbare Gase. Man nennt sie Abgase. Diese Gase sind die eigentlichen Verbrennungsprodukte.

Wir wollen zunächst die Abgase untersuchen. Unter welchen Umständen und warum Asche, Rauch und Ruß entstehen, wirst du in den Abschnitten 15.4 und 15.5 erfahren.



Die Abgase der Kerze enthalten Kohlenstoffdioxid

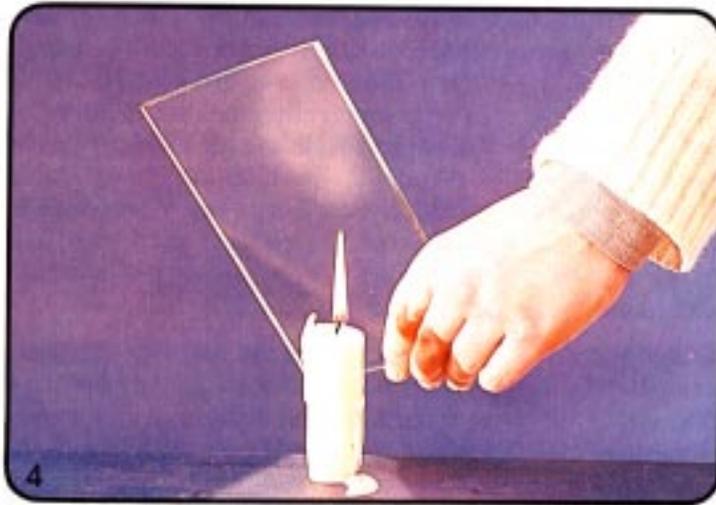
Welche Stoffe entstehen also, wenn das Wachs einer Kerze verbrennt, wenn das Benzin im Automotor verbrennt oder das Öl im Ölofen? Einen dieser Stoffe können wir leicht identifizieren. Wir stellen einen Kerzenstummel in ein Wasserglas, gießen etwas Kalkwasser hinein, zünden die Kerze an und verschließen das Glas mit einem Teller, Bild 2. Nach kurzer Zeit geht die Kerze aus. Wir schütteln nun das Glas ein wenig. Das Kalkwasser wird trüb. Das bedeutet, daß in den Abgasen der Kerze also Kohlenstoffdioxid enthalten ist.

Wir wollen den Kalkwassertest auch mit den Abgasen eines Benzinmotors machen: Wir leiten die Abgase in ein Glas mit Kalkwasser, Bild 3, und schütteln dann. Das Ergebnis ist wieder eindeutig: die Abgase enthalten Kohlenstoffdioxid. Auch bei der Verbrennung von Heizöl entsteht Kohlenstoffdioxid.

Kohlenstoffdioxid ist aber nicht das einzige Verbrennungsprodukt von Kerze, Heizöl und Benzin. Hält man eine kalte Glas- oder Metallplatte ein paar Sekunden lang



Die Abgase des Mopeds enthalten Kohlenstoffdioxid.



Die kalte Glasplatte beschlägt in der Kerze.

über eine Kerzenflamme, Bild 4, so beschlägt sie, d. h. ein gasförmiges Verbrennungsprodukt kondensiert an der Platte, es wird flüssig.

Hinter dem Auspuff eines laufenden Automotors entstehen im Winter Nebelwölkchen. Nebel besteht, wie wir wissen, aus kleinen Flüssigkeitstropfen. Läuft der Automotor noch nicht lange und ist das Auspuffrohr noch kalt, sammelt sich an der Auspufföffnung eine größere Menge dieser Flüssigkeit an, Bild 5. Was für eine Flüssigkeit ist das?

Vielleicht ist es einfach unverbranntes Benzin? Ob das zutrifft, können wir leicht feststellen. Wir gießen ein paar Tropfen der Flüssigkeit auf ein Blatt Löschpapier und versuchen, das Löschpapier anzuzünden. Dort wo es feucht ist, brennt es nicht. Es handelt sich um eine Flüssigkeit, die nicht brennt, es ist also kein Benzin.

Tatsächlich ist es Wasser (Das haben wir natürlich mit unserem Löschblattversuch noch längst nicht bewiesen).

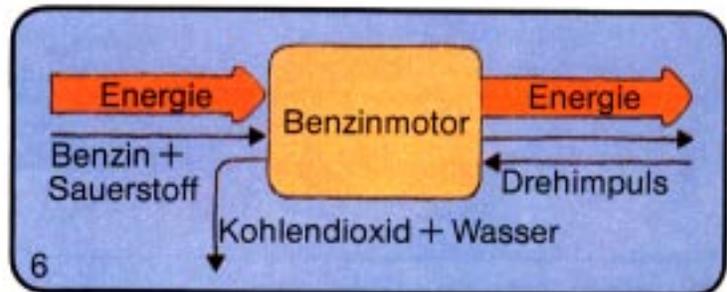


Im Auspuffrohr sammelt sich eine Flüssigkeit.

Auch bei der Verbrennung von Heizöl und Wachs entsteht Wasser. Dieses Wasser ist zunächst gasförmig. Es kann aber durch Abkühlung kondensieren.

Wir haben also zwei Verbrennungsprodukte kennengelernt:

1. Kohlenstoffdioxid,
2. Wasser.



Beide entstehen bei der Verbrennung von Kerzenwachs, Heizöl und Benzin. Bei der Verbrennung von Koks entsteht fast nur Kohlenstoffdioxid, und fast kein Wasser. Bei der Verbrennung von Wasserstoff dagegen entsteht nur Wasser, aber kein Kohlenstoffdioxid.

Wir können nun das Flußbild des Benzinmotors etwas genauer zeichnen, Bild 6. Der beladene Energieträger ist das Gemisch „Benzin + Sauerstoff“. Der entladene Träger, den wir bisher einfach „Abgase“ genannt hatten, ist das Gemisch „Kohlenstoffdioxid + Wasserdampf“.

**Zusammenfassung:** Kohlenstoffdioxid und Wasser sind Verbrennungsprodukte.

Ergänzung E 3 auf Seite 162.

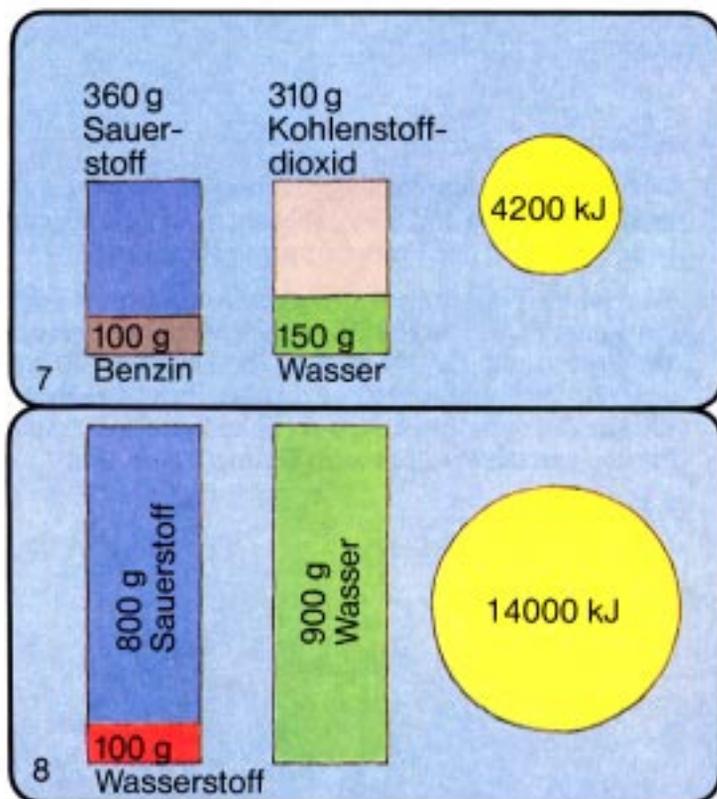
### Aufgaben

- Was kommt zum Schornstein eines Hauses heraus?
- Aus welchen Brennstoffen entsteht beim Verbrennen
  - Kohlenstoffdioxid,
  - kein Kohlenstoffdioxid,
  - Wasser,
  - kein Wasser?
- Warum sieht man nur im Winter ein Nebelwölkchen hinter dem Autoauspuff? Entsteht im Sommer beim Verbrennen von Benzin kein Wasser?
- Zeichne das Flußbild eines Ölofens.

### 15.3 Wieviel die Verbrennungsprodukte wiegen

Wir wollen 100 g Benzin verbrennen. Für diese Verbrennung ist eine ganz bestimmte Menge Sauerstoff nötig, es entsteht eine ganz bestimmte Menge Kohlenstoffdioxid und Wasser, und es wird eine ganz bestimmte Menge Energie abgeladen. In Bild 7 sind alle diese Mengen dargestellt.

Bild 8 zeigt, wieviel Sauerstoff gebraucht wird, wieviel Verbrennungsprodukte entstehen und wieviel Energie abgeladen wird, wenn wir 100 g Wasserstoff verbrennen.



Man sieht auf den Bildern sofort, daß das Gewicht von Brennstoff und Sauerstoff zusammengenommen gleich dem Gewicht der Verbrennungsprodukte ist. Der beladene Energieträger wiegt genauso viel wie der leere.

Aus Bild 7 kannst du entnehmen, daß in einem Benzinmotor aus einer Tankfüllung Benzin mehr als eine Tankfüllung Wasser entsteht. (1 l Benzin wiegt fast genauso viel wie 1 l Wasser.) Hättest du das gedacht?

**Zusammenfassung:** Das Gewicht von Brennstoff und Sauerstoff zusammengenommen, ist gleich dem Gewicht der Verbrennungsprodukte.

Ergänzung E 4 auf Seite 162.

### Aufgaben

1. Wenn 1 kg Erdgas vollständig verbrennt, entstehen 2,7 kg Kohlendioxid und 2,3 kg Wasser. Wieviel kg Sauerstoff wurde bei der Verbrennung verbraucht?
2. Wieviel kg Wasser kommen zum Autoauspuff während einer Fahrt von Hamburg nach München heraus? Die Entfernung Hamburg–München beträgt 800 km; das Auto verbraucht 8 kg Benzin (das sind etwa 10 l) pro 100 km. (Berechne zuerst, wieviel kg Benzin das Auto für den ganzen Weg braucht; benutze dann Bild 7.)

### 15.4 Asche und Stickstoff

Wir haben gesehen, daß Kohlenstoffdioxid und Wasser Verbrennungsprodukte sind, also Stoffe, die bei der Verbrennung neu entstehen. Wenn man Kohle verbrennt, bleibt außer den Abgasen noch ein anderer Stoff übrig: die Asche. Asche ist aber kein Verbrennungsprodukt. Sie ist nämlich kein Stoff, der bei der Verbrennung neu entsteht. Dieser Stoff war in der Kohle schon vor der Verbrennung enthalten. Kohle enthält also einen unbrennbaren Anteil, sozusagen Schmutz, der nach der Verbrennung im Ofen liegenbleibt.

Gewöhnlich gibt es noch einen anderen Stoff, der bei der Verbrennung dabei ist, aber an der Verbrennung nicht teilnimmt: Stickstoff. Sowohl in den Ofen als auch in den Automotor strömt Luft hinein. Zur Verbrennung gebraucht wird aber nur der Sauerstoff, der in der Luft enthalten ist. Der Stickstoff kommt zusammen mit den Abgasen unverändert wieder heraus, beim Ofen zum Schornstein und beim Auto zum Auspuff. Der Stickstoff ist also eine Art gasförmige Asche.

**Zusammenfassung:** Asche ist der nicht brennbare Anteil des Brennstoffs.

Ergänzung E 5 auf Seite 163.

### Aufgaben

1. Welche Brennstoffe lassen bei der Verbrennung Asche zurück, welche nicht?
2. Erkläre den Unterschied zwischen den Abgasen und der Asche.
3. Warum ist Heizöl ein so beliebter Brennstoff?
4. Was passiert mit dem Stickstoff, der mit der Luft in den Benzinmotor hineinströmt?

## 15.5 Ruß und Rauch

Zu welchen Stoffen gehört der Ruß? Ist er ein Verbrennungsprodukt, wie Wasser und Kohlenstoffdioxid, oder ist er ein unbrennbarer Stoff, der vorher schon im Brennstoff enthalten war, wie Asche und Stickstoff? Weder das eine noch das andere ist richtig. Ruß ist ein Stoff, der aus dem Brennstoff neu entsteht, selbst aber noch brennen kann. Du hast vielleicht schon von „Kaminbränden“ gehört. Bei einem Kaminbrand brennt der Ruß, der sich im Innern des Kamins abgesetzt hat.

Ruß entsteht immer dann, wenn nicht genügend Sauerstoff vorhanden ist. Ein Ölofen, der nicht genug Luft bekommt, erzeugt Ruß, das Heizöl verbrennt nicht vollständig. Eine Petroleumlampe, die man zu stark aufdreht, bekommt nicht genug Sauerstoff, sie rußt. Gibt ein LKW-Fahrer „Vollgas“, so bekommt der Motor viel Brennstoff, aber nicht genügend Luft. Der Brennstoff verbrennt nicht vollständig. Zum Auspuff kommt Ruß heraus.

Woraus besteht schließlich der Rauch, also die schwarzen „Wolken“, die manchmal zum Schornstein herauskommen? Rauch ist nichts weiter als eine Menge winzig kleiner Asche- und Rußteilchen, die das Feuer aufgewirbelt hat und die von den Abgasen mitgenommen werden.

**Zusammenfassung:** Ruß ist halbverbrannter Brennstoff. Rauch besteht aus kleinen Asche- und Rußteilchen.

Ergänzung E 6 auf Seite 163.

### Aufgaben

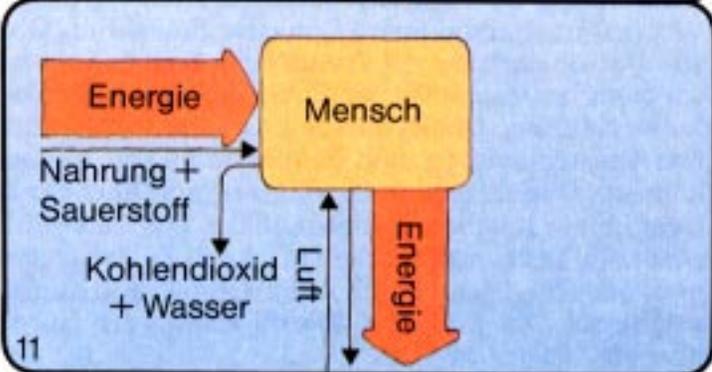
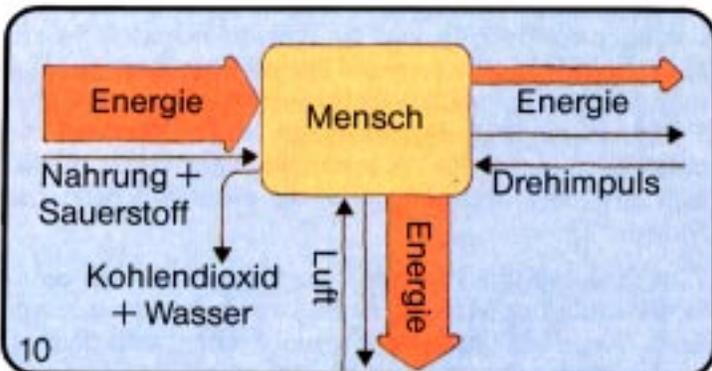
1. Ruß entsteht bei der Verbrennung und ist gleichzeitig Brennstoff. Erkläre diesen Satz.
2. Warum muß der Schornstein ab und zu gereinigt werden?

## 15.6 Mensch und Tier als Energieumwandler

Menschen und Tiere brauchen Energie, um zu leben. Sie nehmen sie mit der Nahrung auf. Wie wird die Energie von den Nahrungsmitteln abgeladen? Man weiß heute, daß im Körper dieselbe Stoffumwandlung stattfindet wie in einer Flamme. Man spricht daher auch hier von einer Verbrennung. Eine Flamme gibt es dabei allerdings nicht, denn die Verbrennung findet bei einer Temperatur von  $37^{\circ}\text{C}$  statt. Wir wollen die Stoffumwandlungen im Körper genauer untersuchen.

Zur Verbrennung braucht man einen Brennstoff. Brennstoff für unseren Körper ist die Nahrung. Tatsächlich lassen sich viele Nahrungsmittel auch mit einer Flamme verbrennen, z. B. Zucker und Öl. Andere sind nicht brennbar, aber nur deshalb, weil sie Wasser enthalten. Sie sind ein Gemisch aus Wasser und brennbaren Stoffen. Wenn man das Wasser entfernt, bleibt der brennbare Stoff übrig. Frisches Gras brennt nicht. Wenn man es aber trocknet, entsteht Heu, und Heu ist brennbar. Nahrungsmittel sind also entweder brennbar, oder sie enthalten brennbare Stoffe.

Zur Verbrennung braucht man Sauerstoff. Den Sauerstoff bekommen Menschen und Tiere beim Atmen aus der Luft. Ohne Luft könnten wir nicht leben, weil dann die Verbrennung der Nahrungsmittel aufhören würde. Die Verbrennungsprodukte sind Kohlenstoffdioxid und Wasser. Wir nehmen sehr viel Wasser beim Trinken auf, aber wir bekommen auch Wasser durch die Verbrennung der festen Nahrung. Das ist allerdings schwer festzustellen. Das Verbrennungsprodukt Kohlenstoffdioxid dagegen können wir leicht nachweisen. Blase durch einen Strohhalm Luft in Kalkwasser hinein, Bild 9. Das Kalkwasser wird trüb. Leitet man frische Luft durch Kalkwasser, so passiert nichts. Die ausgeatmete Luft enthält also Kohlenstoffdioxid. Das Kohlenstoffdioxid verläßt den Körper über die Lunge.



Wir wollen das Energieflußbild eines Menschen zeichnen. Dazu müssen wir allerdings noch wissen, mit welchem Energieträger der Mensch die Energie abgibt. Welches dieser Energieträger ist, hängt davon ab, was der Mensch gerade tut. Wenn er z. B. an irgendeiner Kurbel dreht, so ist es der Drehimpuls. Der größte Anteil der Energie wird allerdings immer an die Luft abgegeben. Menschen und Tiere sind meist wärmer als ihre Umgebung, sie erwärmen die Luft, die sie umgibt. Die Energie kommt durch die Haut heraus. Die Haut ist also unser „Kühlausgang“. Das Energieflußbild für den kurbelnden Menschen zeigt Bild 10.

Tut der Mensch gar nichts oder schläft er, so ist sein Energieflußbild das von Bild 11. Auch wenn er nachdenkt, ändert sich daran nichts.

**Zusammenfassung:** In Menschen und Tieren läuft eine Verbrennung ab. Dabei werden Nahrungsmittel und Sauerstoff in Kohlendioxid und Wasser verwandelt.

Ergänzungen E 7 bis E 11 auf Seite 163 f.

### Aufgaben

1. Warum brennen viele Nahrungsmittel nicht, obwohl der Mensch Energie von ihnen abladen kann?
2. Woran erkennt man, daß in Mensch und Tier eine Verbrennung stattfindet?
3. Worin unterscheidet sich die Verbrennung im menschlichen Körper von der Verbrennung von Heizöl in einem Ölofen?
4. Wie kann man zeigen, daß ausgeatmete Luft Kohlendioxid enthält?
5. Woher bekommen Fische ihren Sauerstoff?

## 15.7 Wiesen und Wälder als Energieumlader

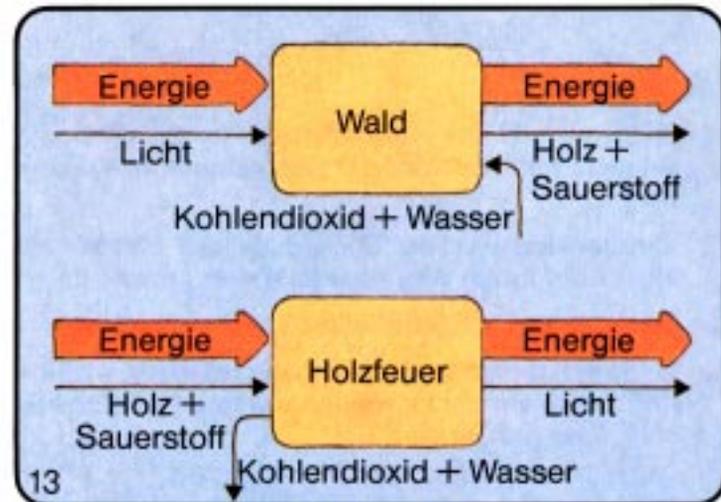
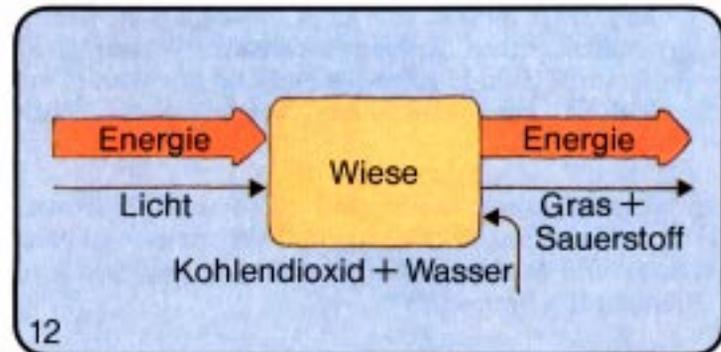
Menschen und Tiere verbrauchen Energie. Sie nehmen Energie auf und geben sie kurz danach wieder ab. Sie geben sie ab, wenn sie sich bewegen, aber sie geben auch dann Energie ab, wenn sie ruhen, denn sie sind wärmer als die Umgebung.

Auch Pflanzen nehmen Energie auf. Pflanzen bewegen sich aber fast gar nicht, und sie sind auch nicht warm. Sie geben also nur wenig Energie ab. Im Gegensatz zu Menschen und Tieren wachsen Pflanzen solange sie leben. Menschen und Tiere wachsen nicht mehr, wenn sie einmal erwachsen sind. Pflanzen aber produzieren ständig neue Blätter, Äste, Stämme und Früchte. Die Energie, die sie aufnehmen, steckt in diesen Blättern, Ästen, Stämmen und Früchten. Die Energie wird also gespeichert.

Statt einer einzelnen Pflanze wollen wir nun eine große Menge Pflanzen betrachten: eine ganze Wiese. Auf der Wiese soll ein Schaf herumlaufen und Gras fressen. Die Wiese nimmt ständig Energie auf. Sie bekommt sie mit dem Licht von der Sonne. Sie gibt aber auch ständig Energie ab, nämlich an das Schaf mit dem Energieträger Gras. Die Wiese ist also ein Energieumlader. Die Wiese erzeugt Gras, einen Stoff, den niemand in den Boden hineinsteckt hat. Beim Wachsen der Wiese läuft eine Stoffumwandlung ab.

Diese Stoffumwandlung ist gerade die Umkehrung der Stoffumwandlung, die im Schaf abläuft, die Umkehrung einer Verbrennung. Das Schaf macht aus „Gras + Sauerstoff“ „Kohlenstoffdioxid + Wasser“. Die Wiese macht aus „Kohlenstoffdioxid + Wasser“ „Gras + Sauerstoff“.

Das Kohlenstoffdioxid nimmt die Wiese aus der Luft, das Wasser aus der Erde. Sie belädt den leeren Träger „Kohlenstoffdioxid + Wasser“ mit Energie. Dabei entsteht der beladene Träger „Gras + Sauerstoff“. Bild 12 zeigt das Energieflußbild der Wiese.



Die Wiese hat die Energie, die sie auf „Kohlenstoffdioxid + Wasser“ lädt, von der Sonne bekommen. Das Schaf bekommt also seine Energie, über den Umweg der Wiese, auch von der Sonne. Die Wiese ist der „Sonnenkollektor“ des Schafs.

Genauso wie eine Wiese können wir auch einen Wald als Energieumlader betrachten. In den Wald hinein fließt die Energie mit dem Träger Licht. Die Menschen fahren

ständig gefällte Bäume, also Holz, aus dem Wald heraus. Der Wald macht aus „Kohlenstoffdioxid + Wasser“ „Holz + Sauerstoff“. Bild 13 zeigt das Flußbild des Waldes und das Flußbild eines Holzfeuers. Vergleiche die beiden Bilder.

**Zusammenfassung:** In Pflanzen läuft eine Stoffumwandlung ab. Sie ist die Umkehrung einer Verbrennung. Felder, Wiesen und Wälder laden Energie um von Licht auf „Brennstoff + Sauerstoff“.

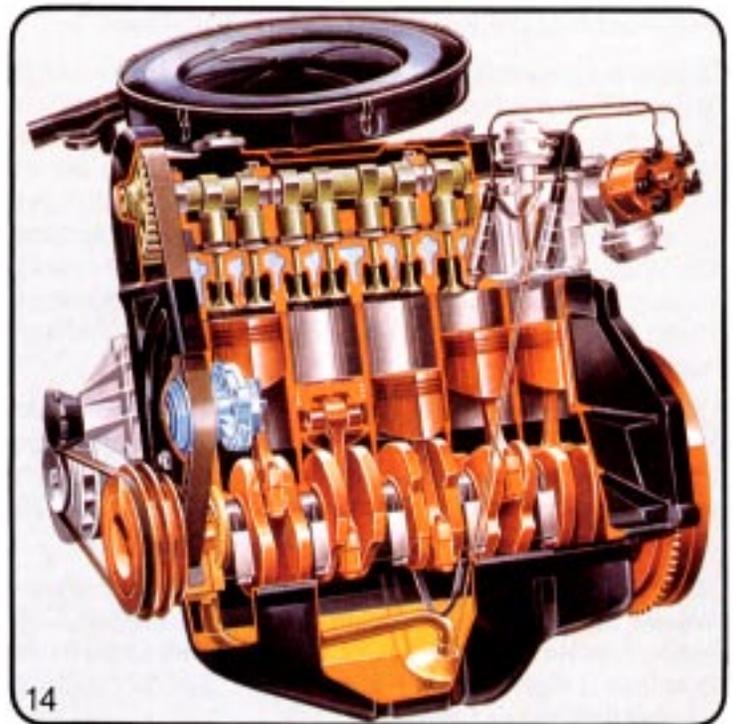
Ergänzungen E 12 und E 13 auf Seite 166.

### Aufgaben

1. Pflanzen und Tiere verwenden die Energie, die sie aufnehmen, auf verschiedene Art. Kannst du erklären wie?
2. Verfolge den Weg der Energie, die der Mensch aufnimmt, auf ihrem Weg zurück. Woher kommt sie?
3. Zeichne das Energieflußbild eines Weizenfeldes.
4. Warum ist die Natur ein gutes Beispiel dafür, wie Rohstoffe nach Gebrauch wiederverwendet werden können? (Lies dazu auch E 12.)

### 15.8 Der Benzinmotor

Bild 14 zeigt einen „aufgeschnittenen“ Benzinmotor. Ein Benzinmotor ist ähnlich aufgebaut wie eine Dampfmaschine: er hat Zylinder, Kolben, Pleuelstange und Kurbelwelle. Was an Bild 14 sofort auffällt ist, daß der Motor gleich fünf Zylinder, fünf Kolben usw. hat. Man nennt ihn deshalb einen Fünf-Zylinder-Motor. Man kann auch sagen, hier liegen 5 Benzinmotoren direkt nebeneinander. Alle Autos und viele Motorräder haben mehr als einen Zylinder. Warum baut man lieber einen Motor, der aus mehreren kleinen Motoren besteht statt aus einem einzigen großen? Der Motor mit mehreren Zylindern läuft ruhiger. Du wirst bald sehen warum.



Ein einzelner Zylinder eines Benzinmotors ist in Bild 15 dargestellt, und zwar gleich mehrere Male, jedesmal in einem anderen Augenblick. Wir wollen zunächst die einzelnen Teile des Benzinmotors kennenlernen. Manche Teile sind in Bild 14 besser zu erkennen, manche in Bild 15. Betrachte deshalb beide Abbildungen.

Der Kolben bewegt sich im Zylinder auf und ab. Dabei führt die Pleuelstange eine Drehbewegung aus, denn jeder Pleuelstange ist über eine Pleuelstange mit der Pleuelstange verbunden. Zylinder, Pleuelstange und Pleuelstange sind in Bild 14 orange. Das orange Rad ganz rechts in Bild 14 ist das Schwungrad.

Jeder Zylinder hat oben eine Eintrittsöffnung für den energiebeladenen Träger „Benzin + Luft“ und eine Austrittsöffnung für die Abgase. In jeder der beiden Öffnungen befindet sich ein Ventil, das Einlaß- und das Auslaßventil. Die Ventile werden von der Nockenwelle im richtigen Augenblick geöffnet oder geschlossen. Ventile und Nockenwelle sind in Bild 14 grün. Der Antrieb der Nockenwelle mit einem Treibriemen ist in Bild 14 gut zu erkennen. (Das blaue Gerät, das von demselben Riemen angetrieben wird, ist die Wasserpumpe; mit dem Keilriemen links unten bekommt die Lichtmaschine Energie.)

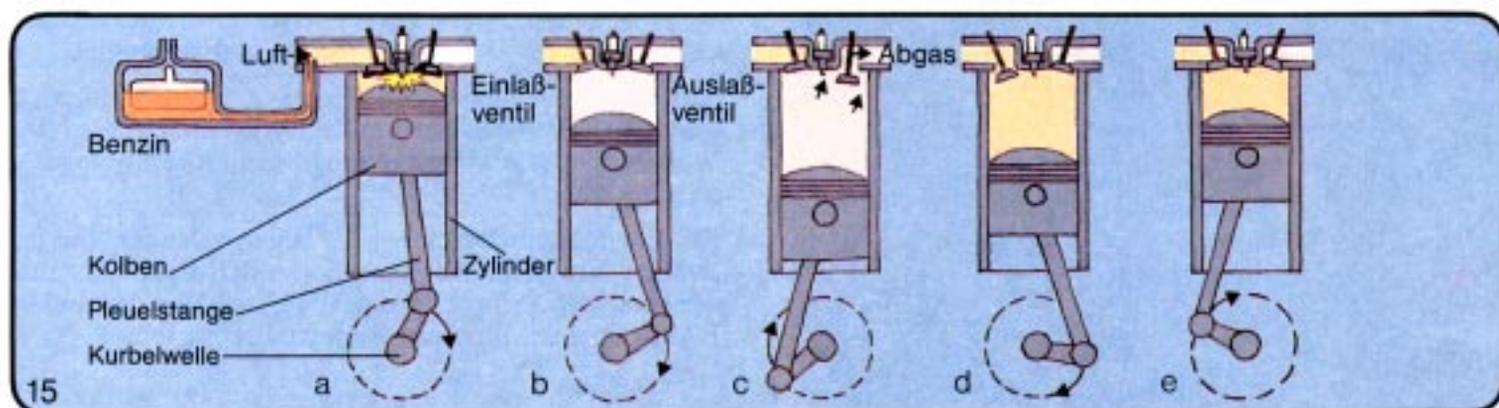
Ganz oben in jedem Zylinder befindet sich noch die Zündkerze. Sie erzeugt in einem ganz bestimmten Augenblick einen Funken (In Bild 14 sind die Zündkerzen nur für die beiden rechten Zylinder dargestellt).

Im Vergaser wird flüssiges Benzin fein zerstäubt und mit Luft vermischt. Die feinen Benzintröpfchen verdampfen sofort, so daß ein gasförmiges Gemisch aus Benzin und Luft entsteht.

Um die Funktionsweise des Motors zu verstehen, lassen wir den Motor im Zeitlupentempo laufen, Bild 15 a bis e. Wir beginnen unsere Betrachtung mit dem Zeitpunkt, in dem der Kolben ganz oben steht, im „oberen Totpunkt“.

Im Zylinder, oberhalb des Kolbens, befindet sich eine große Menge Benzin-Luft-Gemisch. Man kann eine große Menge eines Gases in einem kleinen Raum unterbringen, wenn man das Gas stark zusammendrückt. Wie das zusammengedrückte Gas in den Zylinder kommt, werden wir später sehen. Wir wollen zunächst untersuchen, wie seine Energie abgibt.

Das Benzin-Luft-Gemisch wird mit der Zündkerze entzündet, Bild 15 a, und brennt sehr schnell ab. Bei der Verbrennung entstehen Kohlenstoffdioxid und gasförmiges



Wasser. Außerdem befindet sich noch der Stickstoff der Luft im Zylinder. Durch die Verbrennung haben Temperatur und Druck des Gases stark zugenommen. Das heiße Gas drückt den Kolben nach unten, Bild 15b. Dabei wird Energie auf den Drehimpuls umgeladen. Ein Teil dieser Energie wird im Schwungrad gespeichert.

Wenn der Kolben unten ist, wird das Auslaßventil geöffnet. Der hochlaufende Kolben drückt die Abgase zum Auspuff hinaus, Bild 15c. Zum Hochschieben des Kolbens wird aus dem Schwungrad wieder Energie herausgeholt.

Wenn der Kolben oben angekommen ist, wird das Auslaßventil geschlossen, und der Kreislauf könnte von neuem beginnen, wenn bereits frisches Benzin-Luft-Gemisch im Zylinder wäre. Man könnte jetzt die Eintrittsöffnung aufmachen und während der Kolben oben ist, schnell frisches Benzin-Luft-Gemisch in den Zylinder hineinpumpen. Allerdings ist die Zeit, die man dazu hätte, sehr kurz. Außerdem brauchte man natürlich eine Pumpe.

Statt dessen nimmt man den Motor selbst als Pumpe. Man läßt ihn noch eine ganze Umdrehung machen, bei der er

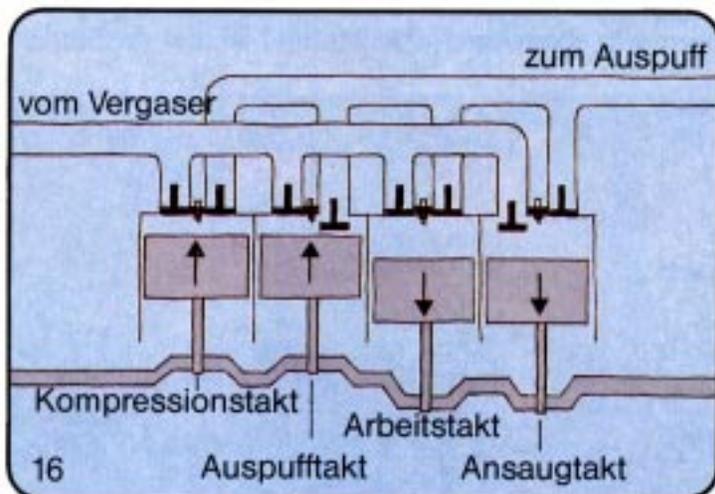
keine Energie abgibt, sondern nur den Zylinder mit frischem Gas vollpumpt: Das Einlaßventil öffnet sich, der Kolben läuft nach unten und saugt vom Vergaser frisches Gas an, Bild 15d. Wenn er unten ist, schließt das Ventil. Der Kolben läuft wieder nach oben und drückt das Gas zusammen, Bild 15e. So hat man in dem kleinen Raum über dem Kolben eine große Menge Benzin-Luft-Gemisch. Die Energie für diese Pump-Umdrehung muß wieder das Schwungrad liefern.

Eine Aufwärts- oder Abwärtsbewegung des Kolbens nennt man einen Takt. Der Motor macht, wie wir gesehen haben, nacheinander vier verschiedene Takte und beginnt dann wieder von vorn. Er heißt deshalb auch Viertaktmotor. Wir fassen noch einmal zusammen:

- |   |                              |
|---|------------------------------|
| 1. Ansaugtakt:  | Der Motor wird mit frischem  |
| 2. Kompressionstakt:  | Benzin-Luft-Gemisch geladen. |
| Die heißen Gase (Kohlenstoffdioxid, Wasserdampf und Stickstoff) drücken den Kolben nach unten. Energie wird auf den Drehimpuls umgeladen. |                              |
| 3. Arbeitstakt:   |                              |
| Der leere Energieträger (Kohlenstoffdioxid + Wasserdampf) wird zusammen mit dem Stickstoff aus dem Motor hinausgepumpt.                   |                              |
| 4. Auspufftakt  |                              |

Nur beim Arbeitstakt wird Energie auf den Drehimpuls geladen. Bei den übrigen drei Takten dreht sich der Motor „vom Schwung“, die Energie dazu wird aus dem Schwungrad genommen.

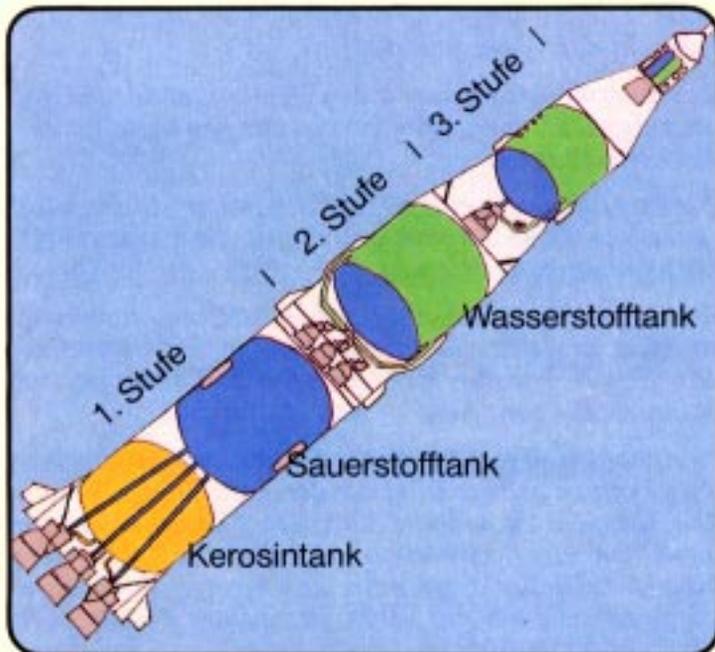
Bei einem Motor mit mehr als einem Zylinder sind die Zylinder so aufeinander abgestimmt, daß die Arbeitstakte der einzelnen Zylinder in regelmäßiger Folge stattfinden. Bild 16 zeigt das für einen Vierzylinder-Motor.



### E 1 Raketen haben zwei Tanks für den Energieträger

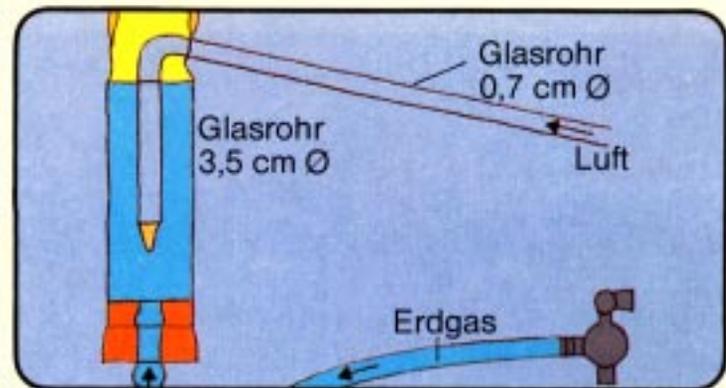
Ein Auto braucht Benzin und Sauerstoff. Der Energieträger hat also zwei Bestandteile. Nur für den einen Teil, das Benzin, hat das Auto einen Speicher: den Benzintank. Für den Sauerstoff braucht es keinen, Sauerstoff gibt es ja überall in der Luft.

Die Rakete Saturn V hat drei Raketenstufen, die nacheinander abbrennen. Sobald der Treibstoff einer Stufe abgebrannt ist, wird die ganze Stufe abgestoßen. Der Brennstoff für die Raketenmotoren der 1. Stufe ist Kerosin, die beiden oberen Stufen verbrennen Wasserstoff. Jeder Raketenmotor braucht aber neben dem Brennstoff noch Sauerstoff. Da es im Weltraum keine Luft, also auch keinen Sauerstoff gibt, hat jede Raketenstufe zwei Tanks: einen für den Brennstoff und einen für Sauerstoff.



### E 2 Eine verkehrte Flamme

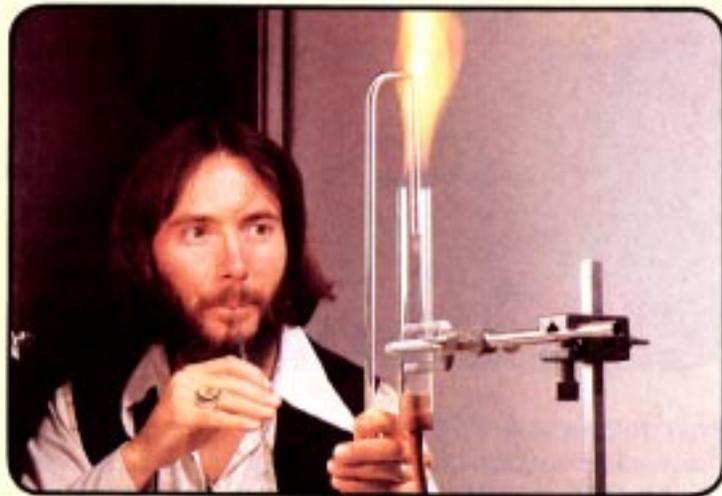
Das wichtigste für eine Verbrennung ist der Brennstoff – wenigstens denken das die Menschen auf der Erde. Man weiß zwar, daß eigentlich der Sauerstoff genauso wichtig ist, aber da man ihn nicht zu bezahlen braucht, denkt man gewöhnlich nicht an ihn. Bei uns besteht ja die ganze Atmosphäre aus Luft, und ein Fünftel der Luft ist Sauerstoff.



Stell dir aber eine Welt vor, in der die Atmosphäre, also das, was bei uns die Luft ist, aus Erdgas besteht. In dieser Welt müßte man für Luft teuer bezahlen. Das Erdgas gäbe es gratis. Zu den Häusern würden, wie bei uns, Gasleitungen führen, aber in diesen würde kein Erdgas strömen, sondern Luft. In den Häusern der Menschen gäbe es Gasherde, die genauso aussähen wie unsere Gasherde. Nur käme zu den Brennern statt Erdgas Luft heraus. Da die ganze Küche mit Erdgas gefüllt wäre, könnte man die Luft anzünden, und es entstünde eine Flamme, die genauso aussieht, wie die Flammen bei uns.

Die Bilder zeigen, wie man so eine Welt im Kleinen aufbauen kann. Durch den Schlauch strömt Erdgas in das große Glasrohr. Oben, wo das Erdgas herausströmt, zün-

den wir es an. Das Innere des großen Rohrs ist mit Erdgas gefüllt, es ist unsere „verkehrte Welt“. Man bläst nun durch ein kleines Röhrchen Luft hindurch und führt das Ende des Röhrchens von oben durch die Erdgasflamme hindurch ins Innere des großen Rohrs. Dabei darf man nicht aufhören zu blasen. Im Zylinder brennt nun eine „umgekehrte Flamme“: Aus dem Röhrchen tritt Luft – und damit Sauerstoff – in die Atmosphäre, die aus Erdgas besteht.



### E 3 Kondensstreifen

Der Treibstoff von Düsenflugzeugen ist Kerosin. Bei der Verbrennung von Kerosin entstehen Kohlenstoffdioxid und Wasser. Das entstehende Wasser ist die Ursache für den Kondensstreifen, den ein Flugzeug hinterläßt, wenn es in großer Höhe fliegt. Wegen der Kälte, die in diesen Höhen herrscht, kondensiert das Wasser der Abgase, es entstehen Wassertröpfchen. Diese verdunsten später wieder, aber nur sehr langsam (siehe auch E 6, S. 143).



### E 4 Das Gewicht der Energie

Wir wollen das Gewicht des Energieträgers, bevor er seine Energie abgeladen hat, vergleichen mit dem Gewicht nach dem Abladen.

Das warme Wasser, das in den Heizkörper der Zentralheizung fließt, wiegt genauso viel wie das kalte Wasser, das herauskommt.

Die Preßluft, die in einen Preßlufthammer strömt, wiegt genausoviel, wie die entspannte Luft, die aus dem Preßlufthammer herauskommt.

Benzin und Sauerstoff, die in einen Benzinmotor hineinströmen, wiegen zusammengenommen genausoviel wie das Wasser und das Kohlenstoffdioxid zusammengenommen, die zum Auspuff herauskommen.

Es sieht also so aus, als wiege der mit Energie beladene Träger immer genauso viel wie der leere. Energie scheint kein Gewicht zu haben. Ganz richtig ist das allerdings nicht. Seit Albert Einstein im Jahr 1905 die Relativitätstheorie aufstellte, weiß man, daß Energie doch etwas wiegt, wenn auch nur sehr, sehr wenig: 1 Joule wiegt 0,000 000 000 000 011 g.

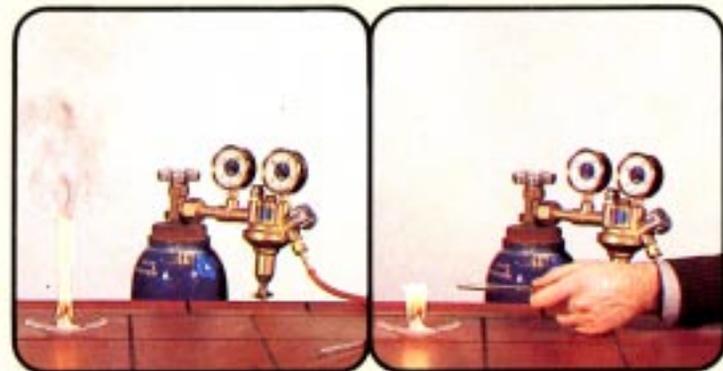
Die Energie, die eine Tankfüllung Benzin (etwa 50 l) im Motor ablädt, wiegt 0,00002 g. Die Energie, die ein großes Kraftwerk an einem Tag an das Netz abgibt, wiegt gerade 1 g. Die Energie, die die Sonne in einer Sekunde in den Weltraum abstrahlt, wiegt 4 000 000 Tonnen.

### E 5 Die „Asche“ der Verdauung

Bei der Verdauung in Magen und Darm werden den Nahrungsmitteln die Stoffe entzogen, die dem Menschen oder dem Tier die Energie liefern. Man nennt diese Stoffe Nährstoffe. Die wichtigsten Nährstoffe sind die Kohlenhydrate und die Fette. Ein Teil der Nahrungsmittel ist aber nicht verdaulich. Der Mensch oder das Tier kann damit nichts anfangen. Dieser Teil wird als Kot ausgeschieden. Der Kot ist für Mensch und Tier also etwas ähnliches wie die Asche für das Kohlenfeuer.

### E 6 Sauerstoffzufuhr verhindert Rußentwicklung

In eine kleine Schale wird etwas Petroleum gegossen. In das Petroleum wird ein Wattebausch gelegt und angezündet. Der Wattebausch wirkt als Docht. Es entsteht



eine rußende Flamme. Das Petroleum verbrennt unvollständig. In die Flamme wird nun durch ein Röhrchen reiner Sauerstoff geleitet. Die Rußentwicklung hört auf.

### E 7 Der Blutkreislauf

Der Blutkreislauf des Menschen dient dazu, Stoffe von einer Stelle des Körpers zu einer anderen zu bringen. Man kann ihn vergleichen mit dem Eisenbahnnetz eines Landes. Wie man mit der Eisenbahn die verschiedensten Waren von jeder beliebigen Stadt in jede andere bringen kann, so transportiert das Blut im Körper die verschiedensten Stoffe von einer Stelle des Körpers zu einer anderen. Unter diesen Stoffen sind auch die Nährstoffe und der Sauerstoff. Im Menschen wird also der Energieträger zusammen mit der Energie vom Blut transportiert.

Genauso wie die Züge der Eisenbahn braucht auch das Blut einen Antrieb. Diesen Antrieb besorgt das Herz. Es pumpt das Blut durch die Adern.

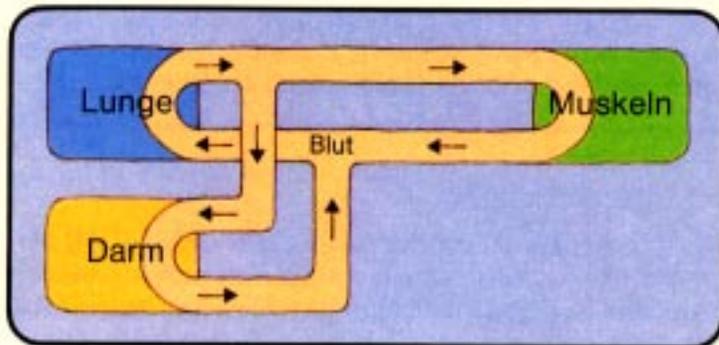
### E 8 Darm und Lunge

Um sich mit Energie zu versorgen, nimmt der Mensch Nahrungsmittel und Luft auf.

Sowohl von den Nahrungsmitteln als auch von der Luft kann er aber nur einen Teil verwenden: Von den Nahrungsmitteln die Nährstoffe und von der Luft den Sauerstoff.

Der Darm ist dazu da, den Nahrungsmitteln die Nährstoffe zu entziehen. Sie werden mit dem Blut wegtransportiert.

Die Lunge dient dazu, der Luft den Sauerstoff zu entziehen. Auch der Sauerstoff wird vom Blut wegtransportiert.



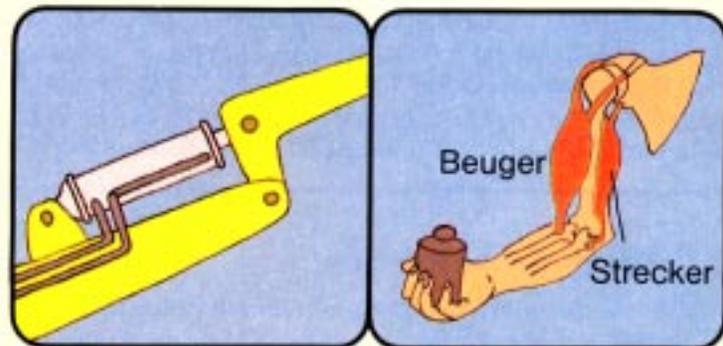
Das Blut bringt Nährstoffe und Sauerstoff, also beide Teile des Energieträgers, zu den Muskeln.

Den Nahrungsmitteln entzieht der Darm außer den Nährstoffen noch andere Stoffe, die unser Körper braucht: Eiweißstoffe und Vitamine.

### E 9 Die Motoren von Mensch und Tier

Ein Bagger hat an jedem seiner Gelenke einen Zylinder mit einem Kolben und zwei Zuleitungen für Hydrauliköl. Damit kann er den Arm, der am Gelenk befestigt ist, in zwei Richtungen drehen, je nachdem ob der Kolben vom Hydrauliköl in die eine oder andere Richtung gedrückt wird. Die Energie für die Bewegung kommt mit dem Hydrauliköl zum Gelenk.

Der Mensch hat an jedem seiner Gelenke zwei Muskeln. Mit den Muskeln kann der Mensch den Knochen, der am Gelenk befestigt ist, in zwei Richtungen drehen, je nachdem welcher der beiden Muskeln zieht. Zu den Muskeln führen Blutadern. Der Energieträger „Nährstoffe + Sauerstoff“ wird vom Blut zum Muskel transportiert. Im Muskel verbrennt der Nährstoff, und es entstehen Kohlenstoffdioxid und Wasser. Kohlenstoffdioxid und Wasser werden vom Blut wieder wegtransportiert.

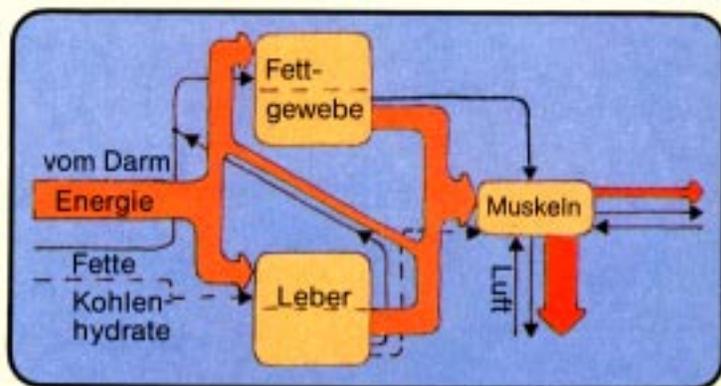


### E 10 Die Energiespeicher des Menschen

Die wichtigsten Nährstoffe des Menschen sind die Kohlenhydrate und die Fette. Beides sind Sammelnamen für ganze Gruppen von Stoffen.

Zu den Kohlenhydraten gehören die verschiedenen Zuckerarten, wie Traubenzucker und Rohrzucker. Außerdem ist die „Stärke“ ein Kohlenhydrat. In Kartoffeln und in Mehl ist besonders viel Stärke enthalten.

Du kennst sicher verschiedene Fette: das Fett in der Butter, im Schmalz, Olivenöl und Sonnenblumenöl.



Sowohl für die Kohlenhydrate als auch für die Fette hat der menschliche Körper einen Speicher. Kohlenhydrate werden in der Leber gespeichert und Fett in den Fettgeweben, die über den ganzen Körper verteilt sind. Ist in der Leber kein Platz mehr, so werden die Kohlenhydrate in Fett umgewandelt und im Fettgewebe gespeichert. Deshalb macht nicht nur fette Nahrung dick, sondern auch süße.

Für den Sauerstoff braucht der Mensch keinen Speicher, denn Sauerstoff gibt es überall. Er nimmt mit der Lunge aus der Luft immer soviel Sauerstoff auf, wie er gerade braucht.

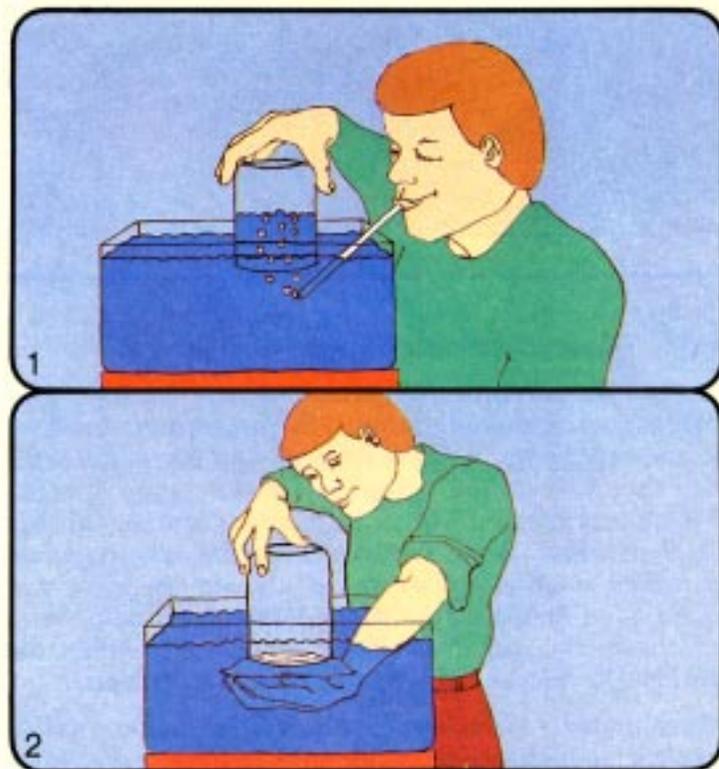
Du hast vielleicht bemerkt, daß es beim Auto ganz ähnlich ist. Auch das Auto hat nur für den einen Teil des Energieträgers einen Speicher, nämlich für das Benzin. Für den Sauerstoff braucht es keinen. Man könnte sagen, daß auch das Auto „atmet“. Allerdings atmet es nicht an derselben Stelle ein wie aus. Es atmet ein durch das Luftfilter, und es atmet aus durch den Auspuff.

### **E 11 Kerze und Benzinmotor können mit ausgeatmeter Luft nicht „leben“**

Atme tief ein und gleich wieder aus. Die Luft, die du ausgeatmet hast, unterscheidet sich kaum von der eingeatmeten. Deine Lunge hatte nicht genug Zeit, Sauerstoff aufzunehmen und Kohlenstoffdioxid abzugeben. Atme noch einmal ein, halt aber diesmal die Luft möglichst lange an, bevor du ausatmest. Bei der Luft, die du jetzt ausgeatmet hast, ist ein Teil des Sauerstoffs durch Kohlenstoffdioxid ersetzt. In solcher Luft kann ein Mensch nicht mehr leben. Aber auch eine Kerze oder ein Benzinmotor können in dieser Luft nicht „leben“.

Füll ein leeres Glas mit Wasser, und halt es umgekehrt in ein mit Wasser gefülltes Becken, Bild 1. Halt den Atem

lange an, und blase dann durch einen Strohhalm die Atemluft in das Glas. Verschließ das Glas mit einem Deckel, Bild 2, und stell es richtig herum auf den Tisch. Entferne den Deckel, und halt eine brennende Kerze hinein. Die Flamme geht aus, denn die Luft enthält nicht mehr genug Sauerstoff. Die Kerze schafft es nicht, der Luft den restlichen Sauerstoff zu entziehen.



Montiere von einem Benzinmotor das Luftfilter ab. Atme, während der Motor läuft, dicht über der Luftansaugöffnung am Vergaser kräftig aus. Der Motor geht aus, Bild 3.



### E 12 Pflanzen brauchen Dünger

Außer Wasser und Kohlenstoffdioxid braucht eine Pflanze noch andere Stoffe zu ihrem Aufbau, die sogenannten Nährstoffe. Diese Stoffe nimmt sie aus der Erde. Mit den Nährstoffen bekommt sie aber keine Energie. Verbrennt man eine Pflanze, so bleiben diese Stoffe in der Asche zurück. Wenn man die Pflanzen, die irgendwo wachsen, nicht erntet, so sterben sie und verrotten, und der Boden bekommt so die Nährstoffe zurück. Neue Pflanzen, die auf dem Boden wachsen, nehmen die Nährstoffe wieder auf, und so geht es immer weiter.

Wenn man die Pflanzen aber aberntet, wie etwa ein Weizenfeld, so verliert der Boden nach und nach die Nährstoffe. Damit wieder etwas wachsen kann, muß man dem Boden wieder Nährstoffe zuführen. Man muß ihn düngen. Verstehst du, warum die Asche von Pflanzen ein guter Dünger ist? Verstehst du, warum Mist und Jauche gute Dünger sind?

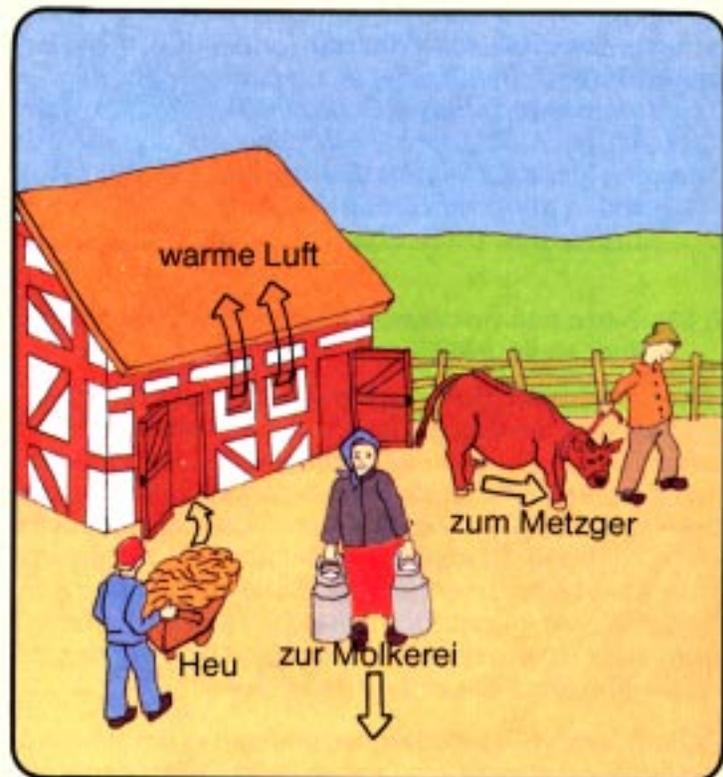
### E 13 Der Kuhstall als Energieumlader

Wir wollen die Energiebilanz eines Kuhstalls aufstellen:

In den Kuhstall hinein fließt Energie mit dem Energieträger „Gras (oder Heu) + Sauerstoff“. Heraus kommt die Energie mit drei verschiedenen Trägern:

- Milch,
- Rindfleisch,
- warme Luft.

Mit welchen Trägern kommt die Energie in einen Schweinestall und in einen Hühnerstall hinein? Mit welchen kommt sie heraus?



# Stichwortverzeichnis

- Abgase 151  
 Absorbieren 78  
 Akkumulator 40, 123  
 Alkohol (als Treibstoff) 15  
 Ampere 60  
 Amperemeter 46, 60  
 Anlasser 21  
 Asche 154  
 Aufziehmotor 121  
 Autobatterie 21
- B**  
 Bagger 27  
 Bandgenerator 54  
 bar 67  
 Beladung des  
   Energieträgers 64–71  
 Benzinmotor 158–160  
 Bergwerk 14  
 Beton 149  
 Blutkreislauf 163  
 Bügeleisen 48
- D**  
 Dampfkessel 133  
 Dampfmaschine 34  
 Dampfturbine 35, 133  
 Dauermagnet 110–119, 123  
 Drehimpuls 86–95, 118  
 Dreschmaschine 25  
 Druck 67  
 Dünger 166  
 Düse 29, 35  
 Dynamo 49, 106
- E**  
 Einwegflaschen-  
   Energieträger 36  
 elektrische Klingel 112  
 elektrischer Strom 38–55  
 elektrische Spannung 69  
 Elektrizität 38–55  
 Elektromagnet 110–119
- Elektromotor 115, 118  
 Elektroofen 136  
 Energieempfänger 16–23, 96,  
   97  
 Energieflußbild 17  
 Energiequelle 16–23, 96, 97  
 Energiespeicher 120–127  
 Energiestrom 57  
 Energieträger 8  
 Energieumloader 96–109  
 Energieverbrauch 57–59  
 Energieverlust 131  
 Erde, Durchmesser 73  
 Erdgas 14  
 Erdöl 14
- F**  
 Fahrradbeleuchtung 49  
 Fahrraddynamo 49, 106  
 Fahrradkette 24, 68  
 Fernheizung 20, 37  
 Fettgewebe 165  
 Fixsterne 73, 81  
 Flugzeugfahrwerk 33  
 Fön 35
- G**  
 Gangschaltung 71  
 Gefährlichkeit des  
   elektrischen Stroms 47  
 Generator 23, 29  
 Getriebe 108  
 giftige Stoffe 147  
 Glühlampe 48
- I**  
 Isolierung 45
- J**  
 Joule 9
- K**  
 Kalkwassertest 142
- Kalorie 13  
 Kardanwelle 86, 93, 94  
 Keilriemen 32  
 Kernkraftwerk 137  
 Kerosin 6  
 Ketten von  
   Energieumladern 100  
 Kilojoule 9  
 Kilowatt 58  
 Kilowattstunde 62  
 Kohle 14  
 Kohlekraftwerk 133–134  
 Kokerei 108  
 Kompaß 110  
 Kompressor 30  
 Kondensator 134  
 Kondensieren 144  
 Kondensstreifen 162  
 Kraft 15  
 Kraftwerk 23, 28, 31, 133–134,  
   137  
 Kühlausgang 128–137  
 Kühler des Autos 128, 135  
 Kühlturm 129  
 Kurbel 87, 94  
 Kurbelwelle 34, 93  
 Kurzschluß 45
- L**  
 Ladegerät 123  
 Leber 165  
 Leistung 62  
 Leiter des  
   elektrischen Stroms 44  
 Leuchtfarbe 121  
 Licht 72–85  
 Lichtempfänger 79  
 Lichtgeschwindigkeit 75  
 Lichtjahr 82  
 Lichtleiter 74, 82  
 Lichtmaschine 21, 32  
 Lichtmühle 72  
 Lichtquellen 73
- L**  
 Lokomotive 22  
 Luft 139  
 Luftdruck 70, 71  
 Luftschraube 31  
 Lunge 155, 163
- M**  
 Mährescher 25  
 magnetisches Rührwerk 114  
 Magnetkupplung 114  
 Meerwasserentsalzung 147  
 Mensch (Energieverbrauch)  
   11, 59, 62  
 Mond 73  
 Morsealphabet 116  
 Motorradkette 94  
 Mühlrad 28  
 Muskeln 164
- N**  
 Nachtspeicherofen 122  
 Nebel 149  
 Netz (elektrisches) 50  
 Nockenwelle 93
- O**  
 Oberleitung 50
- P**  
 Perpetuum mobile 132, 137  
 Pfandflaschen-Energieträger  
   36  
 Pflanzen 72  
 Pipeline 37  
 Planeten 73, 81  
 Pole von Magneten 110  
 Preßluft 30, 34, 67, 127  
 Preßlufthammer 30  
 Proxima Centauri 81  
 PS 63  
 Pumpen 26  
 Pumpspeicherwerk 122  
 Pupille 85

- Raffinerie 147  
 Rakete 161  
 Rauch 155  
 Regen 109  
 Rückleitung für den Drehimpuls 88–91  
 Ruß 155, 163
- Salzwasser 46  
 Schalter 43  
 Schiffe (Treibstoff) 12  
 Schmelzwassertemperatur 143  
 Schutzkontakt 55  
 Schutzleiter 55  
 Schwungrad 121, 127  
 Sehen 85  
 Sicherung 45  
 Sieden 145  
 Siedetemperatur 145
- Solarzelle 72, 98  
 Sonne 72, 73, 80, 121  
 Sonne, Energiestrom 62, 80, 104  
 Sonnenkollektor 81  
 Sonnenofen 83  
 Sonnensystem 81  
 Spannung 69  
 Staubsauger 31  
 Stausee 28  
 Stoffgemisch 139, 147  
 Stoffumwandlung 138  
 Strom 38, 52  
 Stromkreis 37, 41  
 Stromstärke 56  
 Stromzähler 10, 51  
 Summer II 6
- Tagebau 14  
 Taschenrechner II
- Temperatur 66  
 Testverfahren 140  
 Tiere (Energieverbrauch) 62  
 Traktor 93, 95  
 Transformator 108  
 Treibriemen 24  
 Treibstoff 6  
 Turbine 23
- Umkehren von Energieumladern 98
- Verbrennung 150–166  
 Verbrennungsmotor 158–160  
 Verbrennungsprodukte 151  
 Verbundnetz 50  
 verdrillen 91  
 verdunsten 143  
 Volt 69
- Wald 157  
 Warmluftheizung 20  
 Wasserdampf 149  
 Wasserkraftwerk 28  
 Wasserturbine 28  
 Watt 57  
 Wechselschaltung 53  
 Wellen 86, 87, 93, 94  
 Wiese 157  
 Windkraftwerk 31  
 Windrad 31
- Zapfwelle 93, 95  
 Zentralheizung 19, 66  
 Zucker (Brennbarkeit) 15

### Bildquellenverzeichnis

6.1 Deutsche Lufthansa AG, Köln – 6.2 Deutsches Museum, München – 10.9 H. Kreuzfeldt, Ahlten – 21 Dr. E. Kretschmann, Hannover – 23 Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG, Essen – 24.2 Hanomag, Hannover – 24.3 Foto Steves, Mönchengladbach – 25.4 Deutsches Museum, München – 25.5 Sperry New Holland, Bielefeld – 31.14 Tvindkraft, Ulfborg (Dänemark) – 32 oben rechts Ford Magazin, Köln – 33 links Airbus Industrie, Blagnac (Frankreich) – 34 links Hanomag, Hannover – 35 links Brown, Boverie & Cie. AG, Mannheim – 37.3 Esso AG, Hamburg – 37.4 Stadtwerke Hannover – 39.4, 5, 6 A. Vrijs, Karlsruhe – 79.15 H. Kreuzfeldt, Ahlten – 82 American Embassy, Bonn – 83 Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart – 86.1 Daimler Benz AG, Stuttgart – 86.2 Kraftwerk Union AG, Erlangen – 90.14 Siemens AG, Hannover – 94 Dr. E. Kretschmann, Hannover – 106 links Zefa GmbH, Düsseldorf – 109 Gesamtverband des Deutschen Steinkohlenbergbaus, Essen – 120.1 Mauritius, Mittenwald – 120.2 ÖAF-Gräf & Stift AG, Wien – 120.3 Deutsche Presse Agentur, Frankfurt – 122.7 Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG, Essen (freigegeben durch den Reg.-Präs. Darmstadt, Nr. 960/75) – 123.11 H. Kreuzfeldt, Ahlten – 127 Max Planck-Institut, Garching – 129.4 Foto Steves, Mönchengladbach – 129.5 Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG, Essen – 132.9 H. Kreuzfeldt, Ahlten – 141.3 H. Tegen, Hambühren – 143.6 H. Tegen, Hambühren – 147 Esso AG, Hamburg – 148 links Daimler Benz AG, Stuttgart – 148 rechts Mauritius, Mittenwald – 150.1, 2 H. Tegen, Hambühren – 152.4 H. Tegen, Hambühren – 158.15 VW-Werke, Wolfsburg – 162 Deutsche Lufthansa AG, Köln – 163 H. Tegen, Hambühren. Fotos auf der Titelseite (von links und von oben): Gesamtverband des Deutschen Steinkohlenbergbaus, Essen – Esso AG, Hamburg – Max Planck-Institut, Garching – R. Friedrich, Mönchengladbach – Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart – R. Friedrich, Mönchengladbach – R. Friedrich, Mönchengladbach – Deutsche Presse Agentur, Frankfurt.

Alle übrigen Fotos: R. Friedrich, Mönchengladbach