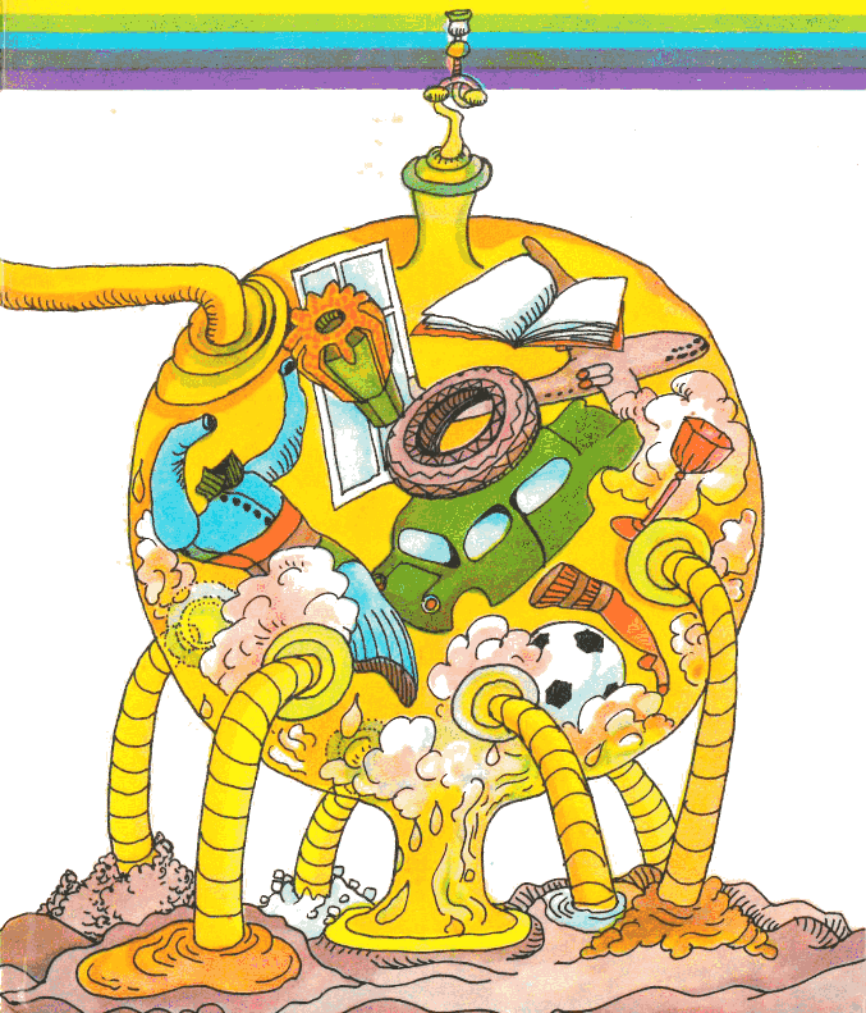


Siegfried Poller  
**Was man alles daraus  
machen kann**

REGEN  
BOGEN  
REIHE





## Regenbogenreihe



Siegfried Poller  
**Was man alles daraus  
machen kann**  
Über die Umwandlung von  
Rohstoffen zu Bedarfsgütern

Illustrationen von Renate Totzke-Israel



Der Kinderbuchverlag Berlin

© Der Kinderbuchverlag Berlin – DDR 1976

Lizenz-Nr. 304-270/122/76–(40)

P 214/75

Gesamtherstellung: INTERDRUCK Graphischer Großbetrieb  
Leipzig – III/18/97

1. Auflage

LSV 7821

Für Leser von 10 Jahren an

Bestell-Nr. 629 855 1

EVP: DDR 3,- M

## **Zaubern müßte man können!**

Erwartungsvolle Stille liegt über der Zirkusarena. Ein großer Käfig auf eisernem Gestell wird hereingerollt. Er ist leer. Jetzt steigt eine Frau in das kleine Gefängnis. Sie wird eingeschlossen, und schon senkt sich ein Tuch herab und verhüllt den Käfig wie ein Zelt. Die Spannung der Zuschauer steigt. Was wird geschehen? Der Zauberer tritt heran. Er murmelt keine unverständlichen Sprüche, und er schwenkt auch nicht beschwörend die Arme; nur einen kleinen Wink gibt er seinen Helfern. Das Tuch fällt herab und – anstelle einer Frau sehen wir einen ausgewachsenen Löwen im Käfig! Lauter Beifall klingt auf. Alle Zuschauer sind zufrieden. Das war ein fabelhaftes Kunststück. Wer möchte da nicht auch ein Zauberer sein?

Natürlich wissen wir, daß sich der Zauberer bei seiner Darbietung nicht irgendwelcher übernatürlicher Kräfte bediente. Er nutzte wissenschaftliche Erkenntnisse mit großer Geschicklichkeit. Aber jeder glaubte etwas zu sehen, was in Wirklichkeit gar nicht geschah.

Also sind all die schönen Zirkuszaubereien bloß Täuschung? wird mancher betrübt fragen. Darauf kann man nur mit Ja antworten. Aber zum Bedauern besteht trotzdem kein Anlaß. In unserer schönen Welt gibt es Vorgänge, die oft noch verblüffender und interessanter sind als die Zaubereien im Zirkuszelt. Zum Beispiel ist der allen bekannte schwarze klebrige Teer für viele Zwecke gewiß ein nützlicher Stoff. So kann man ihn sehr gut beim Straßenbau oder zum Abdichten von Dächern verwenden. Wer aber hätte gedacht, daß man diese stinkende, zähflüssige Masse in leuchtende Farben umwandeln kann? Oder sollte es zu verstehen sein, wie aus einem Stück unansehnlicher Braunkohle ein

handlicher Plasteeimer hervorgeht? Und grenzt nicht auch die Umwandlung von Sand in durchscheinendes Glas ans Wunderbare? Unser Buch enthält viele solcher erstaunlichen Vorgänge, aber im Gegensatz zu den Zaubertricks der Zirkuskünstler sind sie nicht nur unterhaltsam und interessant, sondern auch nützlich.

Die Wissenschaft, in der solche Überraschungen verborgen liegen, heißt Chemie. Wer sie beherrscht, der kann Verwandlungen durchführen, von denen ein Uneingeweihter nicht einmal zu träumen wagt. Zaubern müßte man können? Bitte sehr, wer die Wissenschaft Chemie meistert, der wird „zaubern“ können!

## **Ein Experiment**

Beginnen wir mit einem Experiment, das in jeder Schule durchgeführt werden kann. Wir brauchen dazu das Metall Natrium und ein Gas, das wegen seiner gelbgrünen Farbe den Namen Chlor erhalten hat. Chloros bedeutet nämlich in der griechischen Sprache soviel wie gelbgrün.

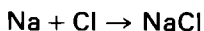
Das Natrium besitzt wie jedes andere reine Metall eine schöne glänzende Oberfläche. An der Luft überzieht es sich aber in kurzer Zeit mit einer grauen Kruste, etwa in der gleichen Weise, wie beim Eisen Rost entsteht. Natrium ist jedoch im Gegensatz zum Eisen weich wie Butter: ein Metall, das sich mit dem Messer schneiden läßt! Es färbt eine Gasflamme schön gelb. Wirft man zwei gleich große Stückchen Eisen und Natrium ins Wasser, so geht das Eisen unter, Natrium aber schwimmt, denn es ist viel leichter als Eisen. Zischend bewegt es sich auf dem Wasser hin und her. Dabei löst es sich auf. Die Flüssigkeit fühlt sich jetzt wie eine

Seifenlauge an und färbt einen mit rotem Lackmusfarbstoff getränkten Papierstreifen blau. Man sagt, sie reagiert alkalisch.

Das Chlor ist ein gelbgrünes Gas. Es riecht stechend und wirkt auf die Haut, auf die Nasenschleimhäute und auf das Lungengewebe stark ätzend. Wenn man es mit Wasser zusammenbringt, bildet sich Salzsäure. Diese Flüssigkeit färbt nun blaues Lackmuspapier rot. Man sagt, sie reagiert sauer.

Ein jeder wird zugeben müssen, daß Natrium und Chlor nichts miteinander gemeinsam haben. Auch dem uns allen bekannten Kochsalz ähneln die beiden Substanzen nicht – und doch kann man aus dem weichen Metall Natrium und dem Giftgas Chlor das nützliche Kochsalz herstellen. Dazu schneidet man von einem gesäuberten Stückchen Natrium, das man mit der Pinzette festhält, mehrere dünne pfenniggroße Scheibchen ab. Diese wirft man in einen Glaskolben, den der Chemielehrer vorher mit Chlorgas gefüllt hat. Schon nach kurzer Zeit überzieht sich das Metall mit einer weißgrauen Schicht, die salzig schmeckt.

Der Chemiker nennt solche Vorgänge Reaktionen. Er beschreibt sie mit einer besonderen Kurzschrift, indem er anstelle der manchmal sehr langen Stoffnamen geeignete Abkürzungen setzt. In dieser Chemikerspezialschrift lautet der oben beschriebene Vorgang



Das ist eine chemische Gleichung. Sie sagt aus, daß sich Natrium (Na) mit Chlor (Cl) zu Natriumchlorid (NaCl) verbindet. Natriumchlorid ist die wissenschaftliche Bezeichnung für Kochsalz.

## **Von der Erfindung bis zum verkaufsfertigen Produkt**

Die Umwandlung von Stoffen in andere Stoffe mit ganz neuen Eigenschaften ist das Kennzeichen aller chemischen Reaktionen. Mit ihrer Hilfe führen die Chemiker die merkwürdigsten Verwandlungen durch. Vieles gibt es dabei noch zu entdecken.

Die ersten Experimente werden im Laboratorium angestellt. In gläsernen Apparaten prüft der Chemiker die Reaktionen in jeder nur denkbaren Weise: Wie sich eine Erhöhung der Temperatur auswirkt, ob man besser mit Säuren oder mit Laugen arbeitet und vieles andere mehr. Später erst, wenn alle Fragen beantwortet sind, führt man den chemischen Prozeß in großen Fabrikanlagen durch. Darüber vergingen in früheren Zeiten oftmals Jahrzehnte. Heute dagegen wollen wir die neuen Forschungsergebnisse schnell in die Industrie übertragen. Erst in der Produktion vermehren sie den Reichtum unseres Volkes. Bis dahin gleicht die Erfindung einer großen Geldmenge, die zu Hause im Strumpf aufbewahrt wird. Man kann seinen Hunger nicht damit stillen, und auch als Kleidung taugt sie nicht. Bringen wir aber das Geld auf die Sparkasse oder kaufen wir etwas, so wird es nützlich. Genauso ist es mit Erfindungen und Entdeckungen. Sie sind erst dann für uns von Nutzen, wenn sie in der Produktion angewendet werden. Dazu brauchen wir viele Fachleute mit den unterschiedlichsten Berufen:

Verfahrensingenieure entwerfen zusammen mit Physikern und Mathematikern die Apparate, in denen sich die chemischen Prozesse in der Fabrik abspielen sollen. Bauingenieure machen Vorschläge für den Aufbau der Gebäude. Transportfachleute überlegen, wie man am besten die Rohstoffe heranfahren und die fertigen Pro-

dukte abtransportieren kann. Ökonomen berechnen, zu welchem Preis das Erzeugnis verkauft werden soll. Dann wird die Fabrik von Arbeitern aufgebaut. Zuletzt muß die Anlage „angefahren“ werden. Die Produktion beginnt.

Das bedeutet jedoch nicht, daß man an dem fertigen Werk nichts mehr verändern muß. Im Gegenteil! Ständig wird überlegt und probiert, wie man mit den gleichen Maschinen noch mehr Waren herstellen kann. Arbeiter, Techniker und Wissenschaftler wirken daran mit. Man sagt, sie rationalisieren ihren Betrieb. Und das Erstaunliche geschieht: Die Fabriken werden älter, aber die Produktion steigt. Das ist natürlich nur eine bestimmte Zeit lang möglich. Eines Tages lohnt sich weder eine Verbesserung noch eine Reparatur. Die Anlage muß verschrottet werden. Inzwischen aber sind in den Laboratorien neue Experimente durchgeführt worden. Bald tritt ein besseres Verfahren an die Stelle des alten.

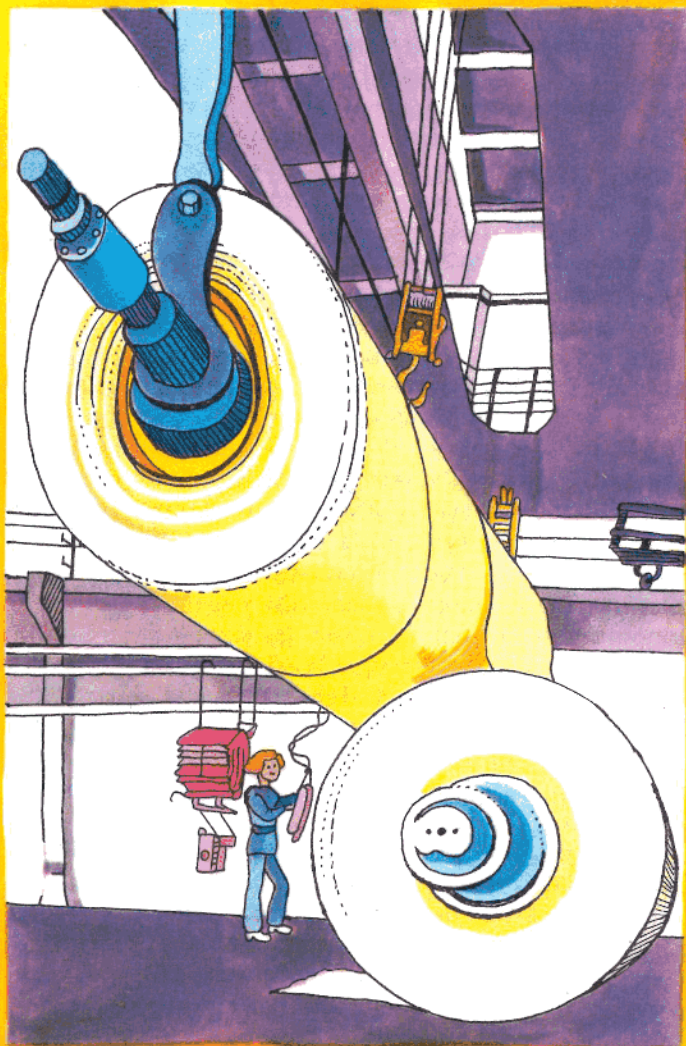
### **Ein Baum wird zu Papier**

Durch die weiten Wälder der westsibirischen Taiga wälzt sich schnaufend ein Ungetüm aus Eisen und Stahl. Sein Fahrgestell ähnelt dem eines Panzers. Hinter der Fahrerkabine bewegt sich schwerfällig ein starker eiserner Arm. Seitlich aber, nur wenige Handbreit über dem Boden, trägt der Koloß eine große Kettensäge. Der Fahrer dieser Maschine heißt Iwan Glawkow. Er fällt mit ihr Bäume und schleppt sie aus dem Wald heraus. Mühelos kriecht die Maschine über Stock und Stein. Armdicke Äste zerbrechen dabei wie Streichhölzer zwischen den Fingern eines mutwilligen Jungen. Jetzt

steuert Glawkow die nördliche Waldseite an. Prüfend gleitet sein Blick über die langen Baumreihen. Aha, da ist sie ja wieder, die schwächliche Fichte. Schon gestern war sie ihm aufgefallen, als er vor Beginn der Arbeit am Waldrand entlanggelaufen war. „Wird wohl nur Papierholz geben“, brummt Glawkow. Dann ist er mit seiner Maschine heran. Die Riesensäge schwenkt gegen den Stammfuß. Nur kurz kreischt sie auf in rasendem Wirbel. Da fällt schon krachend der Stamm, wird gepackt von starken Eisenarmen und samt Astwerk und Grünzeug auf der Ladefläche verstaут. Bald danach rollt die schwere Zugmaschine mit ihrer Fracht zum Sammelpunkt. Von hier geht es auf riesigen Sattelschleppern weiter zum Holzaufbereitungsplatz. Dort werden die Stämme zuerst von den Ästen befreit und danach in Zweimeterstücke zerlegt. Aber kein Arbeiter mit Axt oder Säge ist zu sehen. Nur Maschinen verrichten die schwere Arbeit. Abgeschnittene Stammrollen türmen sich in riesigen Haufen. Sie sind für unsere Republik bestimmt.

Seitdem sind fast drei Wochen vergangen. Der hohe Berg Holz, der auf dem Lagerplatz der Papierfabrik Schwedt liegt, stammt aus der Sowjetunion. Bald gehen die Holzrollen auf den letzten Kilometer ihrer langen Reise. Sie sollen in Zeitungspapier umgewandelt werden. Zur Vorbereitung auf dieses wichtige Ereignis muß man sie entrinden. Danach werden sie von mannshohen Schleifsteinen zu einem weißen Faserbrei zerrieben. Schöpft man etwas von diesem Holzschliff mit einem Sieb ab und läßt es trocknen, so entsteht bereits ein richtiges Papierblatt. Das so gewonnene Papier hat nur eine geringe Festigkeit. Außerdem ver-

Das Papier ist fertig. Jetzt muß es nur noch zerschnitten werden



gilbt es sehr bald, das heißt, es bekommt einen gelblichen Farbton. Diese Verfärbung kann man oft an altem Zeitungspapier beobachten, denn 100 Gramm Zeitungspapier enthalten ungefähr 80 Gramm Holzschliff. Die restlichen 20 Gramm bestehen aus weißem faserigem Zellstoff, der nur mit Hilfe einer chemischen Reaktion aus dem Holz hergestellt werden kann.

Der Holzschliff wird in großen Bottichen mit dem Zellstoff gemischt. Außerdem setzt man etwas Aluminiumsulfat zu, damit die Fasern später im Papier besser aneinander haften. Nun wird der Faserbrei auf einer Siebunterlage zu einem breiten, lockeren Band gegossen. Dieses Band schlängelt sich zwischen beheizten Hohlzylindern hindurch. Dabei wird es zusammengepreßt und getrocknet. Die Fasern verkleben zu Papier, das am Ende der Papiermaschine aufgerollt wird.

In Schwedt steht eine der größten Papiermaschinen Europas. Sie ist breiter als eine Hauptverkehrsstraße und so lang, daß man Mühe hätte, sie auf einem Sportplatz unterzubringen. In der Höhe kann man sie mit einem zweistöckigen Haus vergleichen. In einer Schicht – also in etwa 8 Stunden – wird auf dieser Maschine so viel Papier produziert, daß man eine Fahrbahn der Autobahnstrecke von Berlin nach Dresden damit belegen könnte. Auf einem Teil des in Schwedt erzeugten Papiers druckt man täglich rund eine Million Exemplare der Zeitung „Neues Deutschland“.

In unserer Republik werden aber auch viele Bücher hergestellt, und in allen Schulen, Betrieben und Verwaltungen verbrauchen wir Schreibpapier. Als Verpackungsmaterial ist Papier unentbehrlich. Selbst die Milch bekommt man in Tüten. Ja, es gibt sogar hübsche bunte Kleider aus Papier, die noch dazu drei- bis viermal gewaschen werden können. Danach wirft man sie ein-

fach weg. Besonders vorteilhaft ist Kleidung und Wäsche aus Papier für Krankenhäuser und für die Säuglingspflege. Schmutzige Bettwäsche oder Windeln müssen nicht mehr sorgfältig gewaschen und keimfrei gemacht werden. Man verbrennt sie und nimmt neue Wäsche aus Papier! Ebenso vielfältig sind die Einsatzgebiete von Karton und Pappe, die in der gleichen Weise wie Papier gewonnen werden. Man denke nur an Verpackungskartons der verschiedensten Art, an Zeichenkarton und an Wellpappen.

Für alle diese Zwecke reicht der Holzschliff nicht mehr aus. Es werden gereinigte Holzfasern benötigt. Man bezeichnet sie als Zellstoff.

Holz besteht aus drei verschiedenen Stoffen. Etwa die Hälfte ist ein Gerüst von 0,5 bis 3 Millimeter langen Zellulosefasern. Dazwischen sind zu gleichen Teilen das braune pulvrige Lignin und die ebenfalls pulverförmige weiße Hemizellulose eingelagert. Man kann das Holz mit dem Stahlbeton vergleichen. Dem Geflecht der Eisenstäbe im Stahlbeton entsprechen die Zellulosefasern. Sie werden vom Lignin und den Hemizellulosen in derselben Weise umhüllt wie die Eisenstäbe von der Betonmasse.

Das braune pulvrige Lignin war der Verfilzung der Fasern in gutem Papier nur im Wege. Deshalb mußte es aus dem Holz entfernt werden. Das war schwierig, aber der Chemiker Mitscherlich schaffte es! Schon im Jahre 1877 verkaufte er die ersten Wagenladungen Sulfitzellstoff. So wird das Produkt genannt, das heute in aller Welt hergestellt wird:

Das Holz wird zu Hackschnitzeln von der Größe einer halben Streichholzschachtel zerkleinert und dann in hohen Türmen unter Druck viele Stunden lang mit einer Lösung von Kalziumbisulfit gekocht. Dieses Che-

mikal verbindet sich mit dem Lignin und macht es wasserlöslich. Die Hemizellulosen des Holzes werden nur zum Teil entfernt. Der weiße Sulfitzellstoff bleibt zurück. Er wird ausgewaschen, getrocknet und in breiten, pappeähnlichen Bahnen aufgerollt.

Inzwischen kann man auch mit Natronlauge einen guten Zellstoff herstellen. Er ist zwar braun, dafür aber sehr fest. Man bezeichnet ihn deshalb als Kraftzellstoff. Der gebräuchlichere Name ist aber Sulfatzellstoff. Wegen seiner großen Festigkeit eignet er sich besonders gut zur Herstellung von Packpapier.

### **Kann man Holz essen?**

Auf diese Frage wird wohl jeder nur mit Nein antworten. Erstens ist Holz viel zu hart, zweitens schmeckt es nicht gut, und drittens kann es unser Körper nicht verdauen. Wenn trotzdem jemand Sägespäne essen wollte, so würde er sich bloß den Magen verderben. Damit könnten wir uns einem anderen Thema zuwenden – wenn es nicht doch eine Möglichkeit gäbe, Holz eßbar zu machen!

Der Mann, der im Herbst des Jahres 1819 in einem primitiven Laboratorium inmitten von Reagenzgläsern und Flaschen bei der Arbeit war, machte ein verdutztes Gesicht. Soeben hatte er einige Tropfen Flüssigkeit aus dem Gefäß mit der Aufschrift „Versuch Nr. 105“ auf die Zunge genommen. Nicht zuviel, denn es könnte ein Gift in ihr enthalten sein, aber auch nicht zuwenig, denn er wollte ihren Geschmack erkunden. Zögernd wiederholte er die Probe: Sehen, riechen, schmecken, so wie es die alte Chemikerregel verlangte. Sehen: eine schwach gelbliche Flüssigkeit. Riechen: geruchlos das

Ganze. Schmecken: kein Zweifel, das schmeckte süß, das war eine stark verdünnte Zuckerlösung! Aber wie kam der Zucker in die Flüssigkeit?

In Gedanken wiederholte er seinen Versuch: Er hatte konzentrierte Schwefelsäure auf Sägemehl einwirken lassen. Danach trennte er das Gelöste vom unlöslichen Rückstand ab. Schließlich fügte er zur Lösung reichliche Mengen Kalk hinzu, um die Schwefelsäure zu beseitigen. Dabei bildete sich Gips, den er in mühevoller Arbeit abfiltrierte. Das war ihm bekannt. Neues konnte sich nur in der gelben süßen Flüssigkeit verbergen. In der Tat, es war der Holzzucker, den der französische Chemiker Braconnot darin entdeckt hatte.

Heute wissen wir, daß Holzzucker dasselbe wie Traubenzucker ist. Wer jedoch wollte bestreiten, daß man Traubenzucker essen kann? Aber wie ist es möglich, daß aus dem Holz Traubenzucker entsteht? Ist er vielleicht schon von vornherein in ihm enthalten? Diese Frage müssen wir bejahen. Der Traubenzucker hält sich jedoch gut verborgen. Sein Versteck ist die Zellulose. Wir haben sie schon als den Hauptbestandteil des Holzes kennengelernt. Auch von allen anderen Pflanzen unserer Erde wird sie in reichlichem Maße gebildet. Deshalb ist die Zellulose der am häufigsten in der Natur vorkommende Pflanzenstoff überhaupt. Ob im Gras oder im Stroh, ob im Apfel oder in der Mohrrübe, in der Baumwolle oder im Holz, überall ist sie als zähes faseriges Material enthalten.

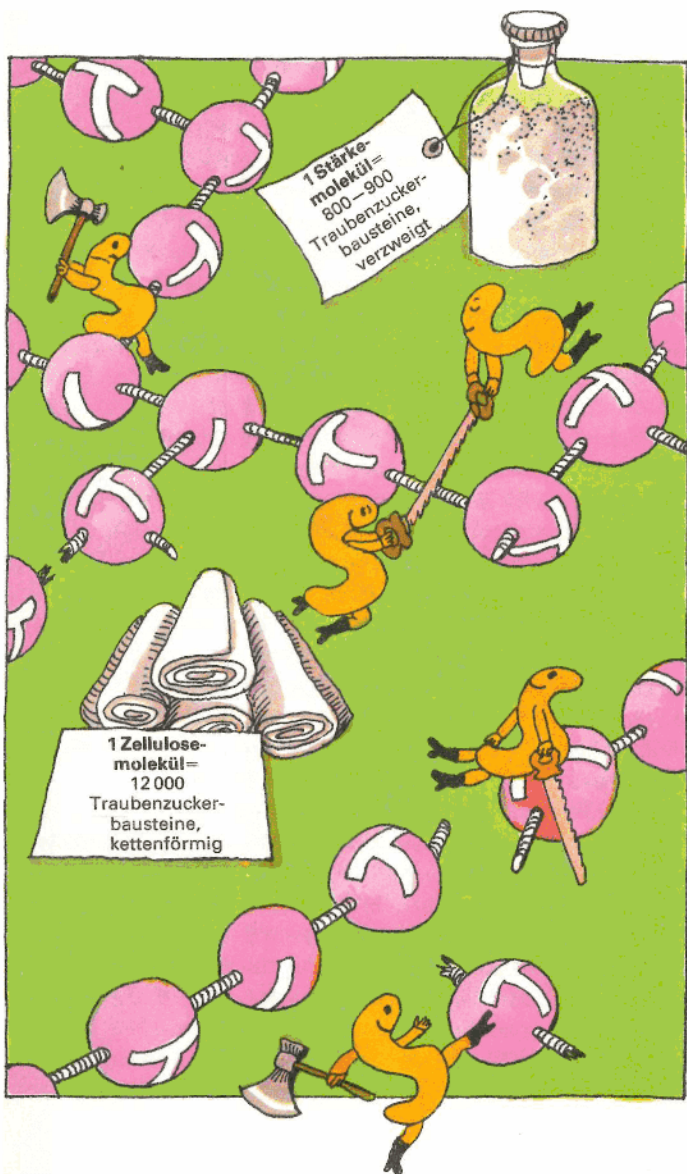
Die Baumwollpflanze ist übrigens kein Baum, sondern eine Staude von der Größe eines Strauches. Sie wächst in warmen Ländern und ist dort einer der Hauptrohstoffe für die Zellulosegewinnung.

## **Zucker und Fleisch aus Zellulose?**

Obwohl die Zellulose aus Traubenzucker besteht, kann sie von unseren Verdauungsorganen doch nicht in körpereigene Stoffe umgewandelt werden. Das ist sehr bedauerlich, denn niemand brauchte mehr zu hungern, wenn man zum Beispiel Stroh oder Holz für die Menschen genießbar machen könnte.

Zunächst aber wurde versucht, Tiere damit zu füttern. So fraßen die Kühe und Pferde in Schweden während der Notzeit des zweiten Weltkrieges nicht weniger als 1 Million Tonnen Holzzellulose. Vor einigen Jahren hat man in Finnland Milchkühe mit Erfolg an eine Nahrung gewöhnt, die aus Holzzellulose und Harnstoff besteht. Amerikanische Forscher versuchten, Kühe mit Sägespänen aus verschiedenen Holzarten zu füttern. Pappelholzspäne vertrugen die Tiere so gut, daß ein Teil des Heues damit ersetzt werden konnte. Für uns Menschen wird aber die Zellulose erst bekömmlich, wenn sie vorher chemisch aufgeschlossen worden ist: Man betupfe nur einmal ein Stückchen altes Baumwollgewebe aus Mutters Flickkasten mit einigen Tropfen einer beliebigen Säure. Schon nach einer Woche hält das Material nicht einmal mehr dem Druck des Fingers stand. Die allerkleinsten Teilchen der Zellulose, die Zellulosemoleküle, in denen bis zu zwölftausend Traubenzuckermoleküle wie Perlen einer Kette aneinanderliegen, sind in viele kleine Stücke zerbrochen. Läßt man nun gar heiße oder konzentrierte Säuren darauf einwirken, so wird die Kette vollständig in ihre Einzelglieder zerlegt. Es entsteht Traubenzucker.

Stärke und Zellulose bestehen aus Traubenzucker (T); Säuren (S) spalten den Traubenzucker ab



Auch die in Kartoffeln und Getreide enthaltene Stärke ist aus Traubenzucker aufgebaut. Sie besitzt verzweigte Ketten mit sechshundert bis neunhundert Gliedern. Durch Einwirkung von heißen, verdünnten Säuren erzeugt man daraus den bekömmlichen Traubenzucker in großen Mengen. Die Verzuckerung von Holz und Zellulose ist dagegen nur im Labor ziemlich einfach. In der Großproduktion gibt es unerwartete Schwierigkeiten. Dennoch waren in Deutschland zeitweise sechs große Fabriken in Betrieb. Aber nach dem zweiten Weltkrieg wurden sie stillgelegt. Nur in der Sowjetunion arbeitet heute eine große Holzverzuckerungsindustrie. Sie ist noch ständig im Wachsen begriffen.

Oft werden die Zuckerlösungen zu Alkohol verarbeitet. Ihre Umwandlung in Eiweiß besitzt aber noch größeres Interesse, denn Eiweiß gehört neben Zucker und Fett zu den drei Hauptnährstoffen des Menschen und auch der Tiere. Fettmangel kann in bestimmtem Maße dadurch ausgeglichen werden, daß man mehr Zucker oder Stärke zu sich nimmt und umgekehrt. Eiweiß jedoch ist nicht durch andere Nährstoffe ersetzbar. Fleisch, Milch, Käse und Eier enthalten besonders viel von diesem wichtigen Stoff.

In den meisten Ländern der Welt besteht ein Mangel an Eiweiß. Selbst bei uns essen die Menschen noch etwas zuwenig davon. Überall will man deswegen mehr Eiweiß erzeugen. Dazu lassen sich Trauben- und Rübenzuckerlösungen verwenden. Sie sind ein gutes Futter für winzige Hefepilze mit dem schönen Namen Candida. Diese Lebewesen wachsen und vermehren sich äußerst rasch. Die entstehende Hefemasse besteht zur Hälfte aus Eiweiß. Eine Tonne trockenes Holz reicht zum Beispiel aus, um 500 Kilogramm Zucker und dar-

aus wieder knapp eine Viertel Tonne Nährhefe zu gewinnen. Bisher kann diese Hefe nur als Futter für Tiere verwendet werden. Schon aber bemüht man sich darum, sie auch für die menschliche Ernährung nutzbar zu machen. Sogar die Geschmacksstoffe des Fleisches können im Labor hergestellt werden. Ein künstliches Schnitzel ist deshalb kaum noch von einem echten zu unterscheiden.

## **Schießbaumwolle und Dynamit**

Christian Friedrich Schönbein war Professor für Chemie an der Universität in Basel. Am 28. Juli 1846 feuerte er nach sorgfältigen Vorbereitungen in der Nähe des Waffenlagers der Armee in Stuttgart den ersten Kanonenschuß mit einer Ladung Schießbaumwolle ab. Die anwesenden Offiziere waren begeistert. Das war ein Sprengstoff! Unvergleichlich die Brisanz und vor allem – kein Rauch!

Seit fast 500 Jahren wurde nun schon Schwarzpulver aus Holzkohle, Salpeter und Schwefel gemacht. Das Pulver versagte, wenn es feucht wurde, und der Soldat war nach jedem Schuß in eine Rauchwolke gehüllt. Bereits seit langem bemühte man sich deshalb in den Heereslaboratorien um die Entwicklung eines neuen Sprengstoffes. Dies gelang nicht. Schönbein aber, der ganz andere Dinge im Sinn hatte, fand die Lösung. Auf der Suche nach Beweisen für eine neue chemische Theorie ließ er konzentrierte Salpetersäure in Gegenwart von Schwefelsäure auf die watteähnliche Baumwollzellulose einwirken. Eine solche Behandlung mit Salpetersäure heißt Nitrierung. Die nitrierte Zellulose glich äußerlich aufs Haar dem unbehandelten Material.

Um so mehr war Schönbein überrascht, als die scheinbar unveränderte Baumwolle bei Schlageinwirkung explodierte. Er hatte Nitrozellulose erzeugt. Sie erhielt den Namen Schießbaumwolle.

Aber der neue Sprengstoff besaß noch viele Tücken. So verbrannte er zum Beispiel sehr ungleichmäßig. Manchmal explodierte er völlig unvorhergesehen. Erst im Jahre 1875 brachte der Schwede Alfred Nobel den gefährlichen Stoff unter Kontrolle.

Schon zu der Zeit, als Schönbein in Stuttgart mit der Schießbaumwolle experimentierte, nitrierte Nobel das farblose, ölige, süß schmeckende Glyzerin. Dieser Stoff entstand bei der Herstellung von Seife aus Fetten als Nebenprodukt. Das Glyzerin veränderte sich äußerlich bei der Nitrierung ebensowenig wie die Zellulose. Jedoch schon ein einziger herabfallender Tropfen verursachte eine ohrenbetäubende Explosion! Schwere Unglücksfälle häuften sich, und viele Tote waren zu beklagen. Zwanzig Jahre brauchte Nobel, dann hatte er den Stoff gebändigt. Ein Zufall kam ihm dabei zu Hilfe: Nitroglyzerin wurde gewöhnlich in Blechkannen verschickt. Die Blechkannen stellte man in Holzkisten. Alle Zwischenräume wurden mit einer weißgelben, staubförmigen Erde ausgefüllt, die man Kieselgur nannte. Eines Tages war eine der Kannen undicht geworden. Das Nitroglyzerin war ausgelaufen und dabei scheinbar spurlos verschwunden. Die Kieselgurerde hatte es aufgesaugt. Man fand: 1 Kilogramm Kieselgur verschluckt 3 Kilogramm Nitroglyzerin und bleibt dennoch trocken! Das Gemisch kennt heute jeder unter dem Namen Dynamit. In dieser Form ist das Nitroglyzerin zwar immer noch explosiv, aber es detoniert nicht mehr beim geringsten Schlag. Es kann nun sicher verpackt und transportiert werden.

Durch Quellung der festen Schießbaumwolle im flüssigen Nitroglyzerin erhielt Nobel eine dehnbare Masse. Dieser „Gummi“ ist der stärkste chemische Sprengstoff, den es gibt. Bei einem bestimmten Mischungsverhältnis der beiden Bestandteile entsteht ein Pulver, das etwas langsamer abbrennt. Daraus werden die Patronenfüllungen aller Armeen der Welt hergestellt.

Der neue Sprengstoff verlangte neue Waffen. Aber auch seine Anwendung für friedliche Zwecke erweiterte sich stark. Deshalb stieg der Sprengstoffverbrauch von Jahr zu Jahr. Immer größere Baumwollmengen wurden „verpulvert“! Baumwolle aber mußte von den europäischen Ländern aus Asien oder Amerika eingeführt werden. Deshalb stand Baumwolle in Deutschland schon im ersten Weltkrieg nicht mehr in ausreichenden Mengen zur Verfügung. Mit dem Einsatz von Buchenholzzellulose wurde diese Schwierigkeit behoben. Noch in den Kriegsjahren bis 1918 konnten große Mengen von Holz in Sprengstoff umgewandelt werden. Im zweiten Weltkrieg stieg dann die Produktion von „Holzsprengstoff“ ein weiteres Mal stark an.

Heute gibt es Atom- und Wasserstoffbomben, aber noch immer sind Nitrozellulose und Dynamit zur Herstellung von Munition und Sprengstoffen unentbehrlich, und beim Bau von Straßen, Brücken, Tunnels, Kanälen und in Bergwerken werden sie uns auch in Zukunft gute Dienste leisten.

## **Kleidung aus Baumwolle und Holz**

Den Hauptmangel seiner Schießbaumwolle erkannte Schönbein sehr bald selbst: Sie explodierte nämlich in

der Munition ziemlich ungleichmäßig. Schönbein löste sie in Äther und Alkohol, um sie zu vereinheitlichen. Dabei erhielt er eine zähflüssige Mischung, aus der man Fäden ziehen konnte. Aber es dauerte noch sechsunddreißig Jahre, bevor 1891 der französische Ingenieur Chardonnet die erste Kunstseidenfabrik der Welt errichtete. Sie erzeugte täglich nur 50 Kilogramm Kunstseide, und zwar aus Baumwollzellulose und Salpetersäure. Das fertige Produkt war also etwas Ähnliches wie die Schießbaumwolle. Und das blieb nicht ohne Folgen! Zwar wurden die Damen in den neuen Kunstseidenkleidern sehr bewundert, aber wehe, wenn ihnen ein Herr mit brennender Zigarre zu nahe kam! Die Kleider fingen Feuer, und ihre Trägerinnen verwandelten sich gleich darauf in lebende Fackeln! Obwohl sich Chardonnet um eine Verbesserung seines Produktes bemühte, konnte er die leichte Entflammbarkeit seiner Kunstseide doch nicht beseitigen.

Viel später wurde aus Zellulose und Essigsäure eine schön glänzende Kunstseide entwickelt, die auch heute noch oft als die „Königin der Kunstfäden“ bezeichnet wird. Das war die Azetatseide. Sie ist nicht nur fester, sondern auch drei- bis viermal dünner als Naturseide. Man gewinnt sie aus kurzfasrigen Baumwollabfällen oder auch aus hochreinem Fichtensulfitzellstoff.

Eine viel größere wirtschaftliche Bedeutung hat die Viskosekunstseide. Sie wurde von drei Engländern entwickelt und von ihnen Rayon genannt, was soviel wie Strahl oder Glanz bedeutet. Weiße Zellstoffplatten, großen Papptafeln vergleichbar, sind das Ausgangsmaterial für die Viskosekunstseide. Diese Platten werden zunächst mit Natronlauge getränkt. Natronlauge ist

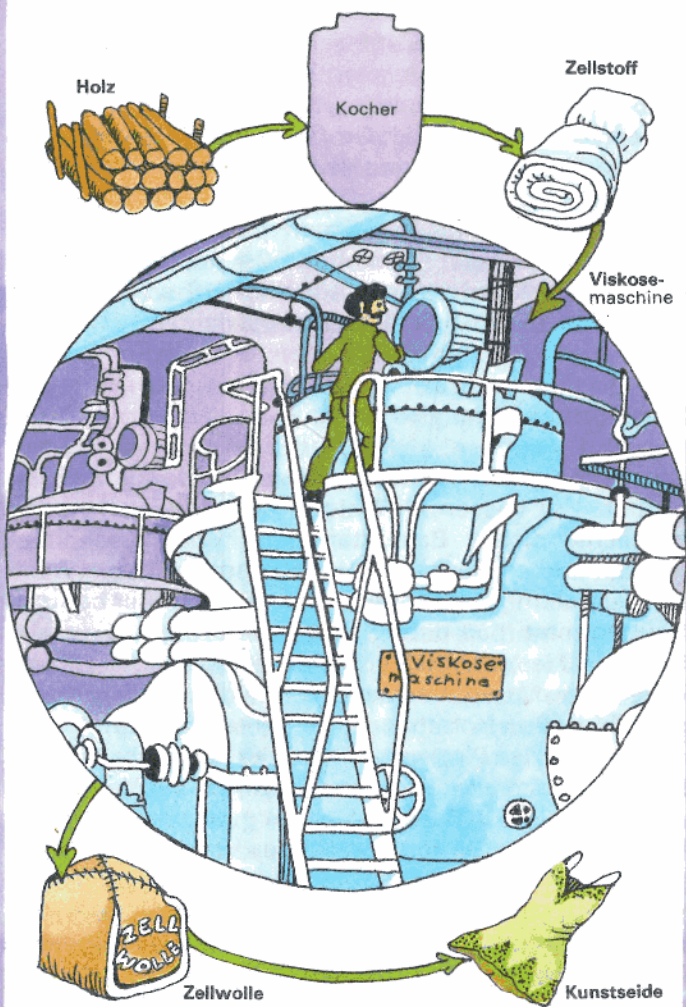
Die ersten Kunstseidenkleider waren feuergefährlich



alkalisch. Deshalb sagt man, der Zellstoff wird alkaliert. Hat man die Lauge abgepreßt, wird der Zellstoff in Fasern zerlegt. Dann läßt man ihn zwei bis drei Tage liegen. In dieser Zeit werden die langen Kettenmoleküle der Zellulose in kürzere Bruchstücke aufgespalten. Dies alles dient der Vorbereitung auf den chemischen Hauptprozeß. Für diesen Arbeitsgang braucht man Schwefelkohlenstoff. Das ist eine leicht entzündliche, unangenehm riechende Flüssigkeit, mit der die alkalisierte Zellulose vermischt wird. Dabei entsteht eine krümlige Masse, die man mit Natronlauge zu einer gelben sirupähnlichen Flüssigkeit verrührt. Diese Lösung heißt Viskose. Daraus werden die Kunstseidenfäden erzeugt, und zwar mit Hilfe einer kleinen Metallscheibe, die nicht größer ist als ein Zweimarkstück. Aber diese Scheibe hat es in sich! Sie ist nämlich mit dreitausendsechshundert winzigen Löchern versehen, durch die der Viskosesirup in eine verdünnte Schwefelsäurelösung hineingedrückt wird. Und jetzt geschieht das Wunderbare: Die am Beginn des Prozesses eingesetzte pappeartige Zellulose kommt in Form von dreitausendsechshundert dünnen weißen Fäden wieder zum Vorschein! Die Fäden erstarren in der Schwefelsäure wie frisches Hühnereiweiß im kochenden Wasser. Jetzt brauchen sie nur noch gewaschen und aufgewickelt zu werden, und die Kunstseide ist fertig.

Jeder ist froh, wenn das schwierige Werk gelungen ist. Um so merkwürdiger erscheint es, daß an einer anderen Stelle der Fabrik ein Teil der soeben gewonnenen Fäden in 25 bis 30 Zentimeter lange Stücke zerschnitten wird. Sie ähneln so den kurzen Fäden der Baumwolle und der Schafwolle. Da sie aus Zellstoff bestehen,

Zellwolle und Kunstseide aus Holz



nennt man sie Zellwolle. Sie wird noch chemisch veredelt und danach in Spinnmaschinen zu Garn versponnen. Meist verarbeitet man dieses Garn im Gemisch mit anderen Chemiefasern. Anzugstoffe, Herrenstrümpfe, Teppiche sowie Kleider- und Möbelstoffe werden daraus gemacht. Große Mengen Viskosefasern verwendet man auch zur Herstellung von Autoreifen. Insgesamt werden auf der Welt jährlich etwa 3,5 Millionen Tonnen Zellulosekunstfasern produziert. Mit dieser Menge könnte man 134mal das Gewicht des Berliner Fernsehturms aufwiegen. Auf die DDR würden etwa sechs von diesen „Fernsehturmgewichten“ entfallen.

## **Besser und billiger als Bretter**

Das bekannteste Produkt unserer Holzindustrie sind Bretter. Wir wissen, daß sie in den Sägewerken aus möglichst dicken Baumstämmen herausgeschnitten werden und als Baumaterial Verwendung finden. Auch zur Herstellung von Möbeln hat man sie früher benutzt. Heute nimmt man dazu Spanplatten.

Beim Tischler oder in der Holzhandlung können wir uns eine Spanplatte ansehen. Man sieht, daß sie aus pfenniggroßen Holzspänen zusammengeklebt ist. Etwa ein Zehntel des Plattengewichtes ist Leim, alles übrige Holz. Der Leim wird von den Chemikern zur Verfügung gestellt. Es ist ein Phenolharz, das man aus Kohle oder Erdöl gewinnt. Die fertigen Platten werden mit festen Papierfolien beklebt. Darauf ist das Muster der schönsten Hölzer so verblüffend ähnlich aufgedruckt, daß selbst Fachleute den Unterschied nicht gleich erkennen. Die für Küchenmöbel bestimmten Spanplatten sind mit einfarbigen Kunststoffolien beklebt.

Von hundert Platten werden in der DDR allein fünfundachtzig in der Möbelindustrie verarbeitet. Aus Spanplatten kann man aber auch Behälter, Gartenlauben, Wochenendhäuser und sogar Einfamilienhäuser herstellen. Das Aneinanderfügen der Platten geht natürlich viel schneller, als wenn man die Häuser aus schmalen Brettern oder aus Steinen bauen würde. Außerdem wird weniger Material gebraucht. Wollte man zum Beispiel ein Einfamilienhaus aus Baumstämmen errichten, so benötigte man fünfzig ausgewachsene Bäume. Aus derselben Holzmenge erhielte man jedoch Spanplatten für mindestens vier solcher Häuser. Außerdem kann man bei der Plattenerzeugung auch dünnes und sogar minderwertiges Holz einsetzen. Deshalb sind wir bestrebt, mehr und bessere Spanplatten zu erzeugen. In unserer Republik sollen im Jahre 2000 fast doppelt soviel wie im Jahre 1970 produziert werden.

## **Steine werden zu Metall**

Wer von Metall spricht, denkt meist an Eisen und Stahl. Das hat seinen guten Grund. Eisen ist nämlich das am häufigsten vom Menschen verwendete Metall. Es begegnet uns buchstäblich überall. Trotzdem wäre es falsch, wenn wir darüber die anderen Mitglieder der Metallfamilie vergessen wollten. Findet man doch nicht weniger als achtzig verschiedene Metalle auf unserer Erde! Darunter gibt es leichte und schwere, edle und unedle, häufige und seltene, bunte und schwarze. Viele von ihnen sind für uns unentbehrlich. Ohne sie gäbe es keine Autos und keine Flugzeuge. Es gäbe keinen elektrischen Strom und keine Maschinen. Was sollten wir ohne diese nützlichen Helfer anfangen?

Leider halten die Schatzkammern der Natur nur wenige Metalle in reiner Form für uns bereit. Die meisten sind mit anderen Elementen, insbesondere mit dem farblosen gasförmigen Sauerstoff und mit dem festen gelben Schwefel, zu chemischen Verbindungen vereinigt. Aber auch diese Metallverbindungen trifft man nicht als reine Substanzen an. Fast immer sind sie mit wertlosem „taubem“ Gestein vermischt, in dem das gesuchte Metall nicht enthalten ist. Das Gemisch von Metallverbindung und taubem Gestein heißt Erz.

Wer ein Metall gewinnen will, muß zuerst das Erz aus der Erde holen. Das besorgen die Bergleute. Danach müssen die Metallverbindungen vom tauben Gestein abgetrennt werden. Manche Erze enthalten nur sehr wenig Metall, dafür aber um so mehr nutzloses Gestein. Dann ist die Abtrennung kompliziert und teuer. Aber erst nach dieser Reinigung kann dem Metall der Sauerstoff oder der Schwefel entrissen werden. Das geschieht in den Hüttenwerken. Hier wird das reine Metall gewonnen. Es besitzt nicht nur eine andere Form als das Erz, sondern auch ganz neue Eigenschaften. Eisenerz zum Beispiel ist ein braunes oder graues sprödes Gestein, aus dem sich nicht einmal ein brauchbarer Amboß machen läßt. Eisen dagegen ist ein glänzendes zähes Metall, das man zu vielerlei Zwecken verwenden kann.

Schließlich wird das Metall zu Blechen, Rohren und Blöcken verformt. Aus diesen „Halbzeugen“ stellt man in den metallverarbeitenden Fabriken Werkzeuge, Maschinen und tausend andere Dinge her.

So lang ist der Weg vom Erz zum fertigen Metallgegenstand!

## Im Lande des Eisens

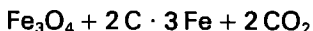
Man schrieb das Jahr 1785. In den dünn besiedelten Wäldern des Regierungsbezirkes Kursk in Rußland war ein Mann bei der Arbeit. Er hatte den Auftrag, das Gebiet zum ersten Male gründlich zu vermessen. Der russische Wissenschaftler Inochodzew war gewissenhaft und zuverlässig. Hier jedoch war alles wie verhext. Sosehr er sich auch plagte und mühte, es blieb dabei: Sein Kompaß wollte nicht mehr die Nord-Süd-Richtung anzeigen, obwohl das Gerät vollkommen in Ordnung war! Wo war der Fehler? Inochodzew fand die Lösung nicht.

Heute wissen wir, daß der Wissenschaftler ein Eisenland entdeckt hatte. Auf einer Fläche, die mehr als zweimal so groß ist wie unsere Republik, lagern hier über 30 Milliarden Tonnen gutes Eisenerz. Das ist fast ein Drittel aller Eisenerzvorkommen der Erde. Dabei sind einige Dutzend Billionen Tonnen eisenhaltiger Quarzitgesteine noch gar nicht mitgerechnet. Wir kennen diese größte Eisenerzlagerstätte der Welt unter dem Namen „Kursker Magnetanomalie“. Sie wird in der Zukunft von den sozialistischen Staaten gemeinsam ausgebeutet werden.

In den meisten Erzen ist das Eisen (Fe) mit Sauerstoff (O) verbunden. Am wertvollsten ist der Magneteisenstein, denn er besitzt den höchsten Metallgehalt. Jeweils drei Eisenatome sind darin mit vier Sauerstoffatomen vereinigt. Deshalb hat diese Verbindung die chemische Formel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Die DDR hat nur kleine Eisenvorkommen im Harz und im Thüringer Wald. Von hier aus wird die Maxhütte bei Unterwellenborn beliefert. Das Eisenhüttenkombinat Ost an der Oder dagegen erhält sein Erz aus der Sowjetunion.

## Ein Ofen, der Eisen spuckt

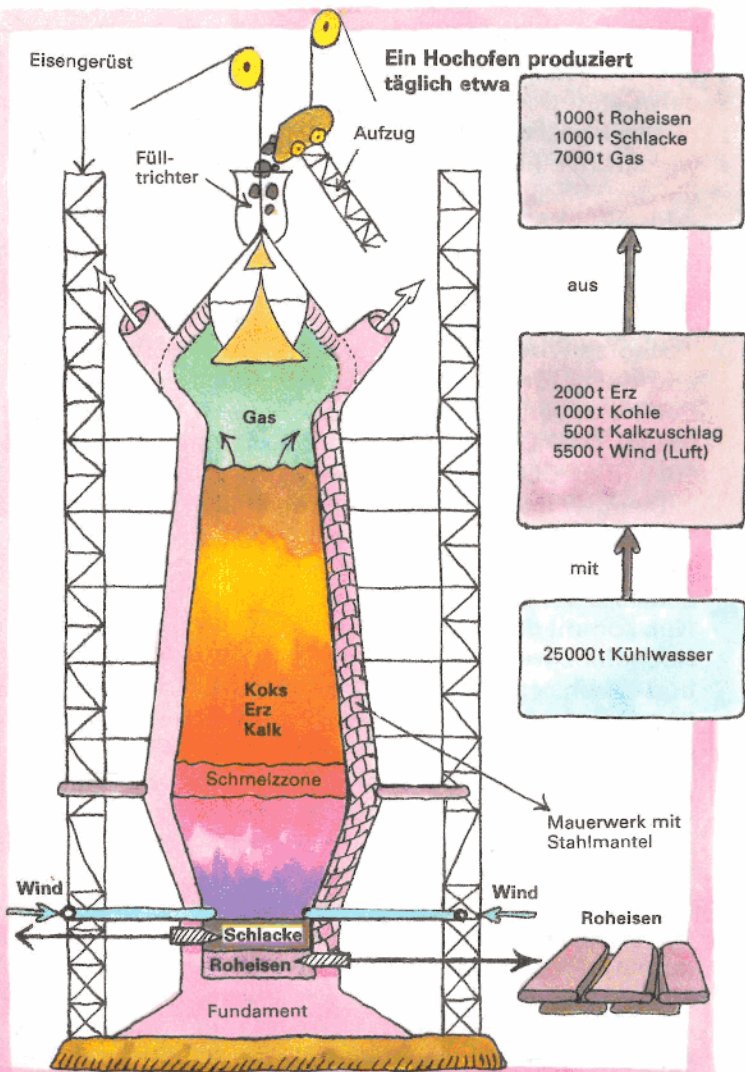
Um das Eisen in reiner Form zu gewinnen, muß man das Erz vom Sauerstoff befreien. Dies kann nur mit Hilfe eines Stoffes geschehen, der den Sauerstoff mit noch größerer Kraft an sich bindet, als es das Eisen selbst tut. Ein solches Material ist der Kohlenstoff (C). Jeder kennt ihn, denn er ist der Hauptbestandteil der Kohle und des Koks. Wird der Kohlenstoff verbrannt, so vereinigt er sich mit dem Sauerstoff der Luft, und es entsteht das gasförmige Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ). Mischt man aber den Koks mit Eisenerz und erhitzt auf über 1000 Grad Celsius, dann reißt der Kohlenstoff den Sauerstoff des Eisenoxids an sich. Es findet eine chemische Reaktion statt:



Dabei wird das Eisenmetall in Freiheit gesetzt. Man sagt, das Erz wird reduziert.

Diesen Prozeß führt man in riesigen Hochöfen durch. Einen solchen Ofen können wir mit zwei Blumentöpfen vergleichen, die wir mit den Öffnungen aufeinandergestülpt haben. Den unteren Blumentopf müssen wir uns dabei niedriger, den oberen jedoch höher denken. Stellt man sich nun noch das Ganze als einen riesigen Turm von 30 bis 40 Meter Höhe vor, dann weiß man etwa, wie ein Hochofen aussieht – wenn er nackt ist. Jeder Hochofen ist nämlich noch mit einem dicken Mantel aus Stahlgerüsten und Eisenleitern umgeben, so daß man seine wirkliche Gestalt kaum erkennen kann. Noch weit über den eigentlichen Ofen hinaus ragt diese Stahlkonstruktion. Sie ist erforderlich, um ihn von allen Seiten bedienen zu können.

Im Hochofen wird aus Eisenerz Roheisen hergestellt



Der Hochofen wird von oben beschickt. Zunächst poltert mit fürchterlichem Krachen eine Ladung Koks in den tiefen Schacht. Darauf wird eine Lage reines Erz mit Kalk geschüttet. Nun folgt wieder Koks und auf den wiederum eine Schicht Erz mit Kalk. So fährt man fort, bis der Schacht gefüllt ist. Jetzt kann die unterste Koks-schicht gezündet werden. Damit sie besser brennt, leitet man Luft hinein. Sie muß sehr heiß sein, sonst wird die zur Eisengewinnung notwendige hohe Temperatur nicht erreicht. Dann aber brennt das Feuer, und der Hochofen wird jetzt einige Jahre arbeiten – Tag für Tag und Nacht für Nacht, ohne jede Pause.

Der Koks verbrennt und entzieht dabei dem Erz den Sauerstoff. Die Temperatur steigt auf weit über 1000 Grad Celsius. Das Eisen schmilzt zu einer gelbglühenden Flüssigkeit. Sie sammelt sich im untersten Teil des Hochofens. Obenauf schwimmen die flüssig gewordenen Gesteine, die sich mit dem Kalk zu Schlacke verbinden.

Nun kommt der spannendste Augenblick: Am Fuße des Hochofens wird eine Klappe geöffnet, und mit Krachen und Tosen schießt das gelbglühende Roheisen heraus. Die Funken stieben, und die Hitze ist unerträglich. Nur aus der Ferne können die Kumpel den Ofen bedienen. Dieser Vorgang heißt Abstich. Er wird alle vier Stunden wiederholt. Etwas öfter wird eine höher gelegene Klappe geöffnet, damit die glühende Schlacke abfließen kann. Man verarbeitet sie später zu Steinen für den Gleis- und Straßenbau oder auch zu Zement. Das Roheisen aber wird in Sandformen aufgefangen, wo man es auch abkühlen läßt.

In der Hitze des Hochofens hat sich ein Teil des Kohlenstoffs im Eisen gelöst. Aus diesem Grunde ist das Roheisen sehr spröde. Zum Schmieden eignet es sich

nicht, denn es zerspringt schon bei einigen kräftigen Hammerschlägen. Es läßt sich aber auch nicht schweißen, denn beim Erhitzen erweicht es nicht allmählich, sondern urplötzlich. Deshalb kann man das Roheisen leider nicht überall einsetzen. Meist wird es in den Gießereien mit Schrott zusammengeschmolzen und in vorbereitete Formen gegossen. So entstehen Maschinenteile, Zentralheizungskörper, Öfen, Schlüssel und andere Gegenstände.

Die Hüttenwerke der Welt produzierten im Jahre 1970 440 Millionen Tonnen Roheisen. Damit könnte man über die Fläche des Berliner Müggelsees eine mehr als 7 Meter dicke Eisenschicht legen. Der Anteil unserer Republik an diesem Metallpanzer würde nur 3,5 Zentimeter betragen. Auf die Sowjetunion als dem größten Eisenerzeuger der Welt entfielen dagegen eine Schicht von immerhin 1,5 Meter Dicke.

## **Aus Eisen wird Stahl**

Die Eigenschaften des Eisens sind um so besser, je weniger Kohlenstoff es enthält. Wenn sich in 100 Gramm Eisen weniger als 1,7 Gramm, aber mindestens noch 0,02 Gramm Kohlenstoff befinden, wird es beim Erhitzen nicht mehr gleich flüssig, sondern es erweicht allmählich, etwa so wie der Asphalt auf unseren Straßen, wenn ihn die Sonne erwärmt. In diesem Zustand läßt sich das Eisen mit schweren Hämmern bearbeiten und verformen. Man kann es schweißen und schmieden. Aus dem Roheisen ist Stahl geworden.

100 g Roheisen enthalten 3 bis 4 Gramm Kohlenstoff. Wenn man Stahl gewinnen will, muß der Kohlenstoffgehalt verringert werden. Wie soll man das machen?

Nichts leichter als das! Der überschüssige Kohlenstoff wird einfach verbrannt. Dazu schmilzt man das Eisen und führt reichlich Luft zu. Bei den neuesten Verfahren bläst man sogar reinen Sauerstoff auf das geschmolzene Metall.

Die Eigenschaften des Stahls lassen sich noch weiter verbessern, wenn man ihn mit anderen Metallen zusammenschmilzt. Dabei entstehen die sogenannten Legierungen.

Vor vielen hundert Jahren waren Dolche und Schwerter aus Japan und Damaskus berühmt wegen ihrer Festigkeit und Härte. Man konnte damit sogar Eisen zerschlagen. Aber niemandem gelang es, das Geheimnis dieser Klingen zu erforschen. Heute wissen wir, daß sie aus einem besonderen Stahl bestanden, der die seltenen Elemente Wolfram und Molybdän enthielt. Auch in der Gegenwart verwendet man derartige Stähle zum Bearbeiten von harten Metallen.

Nichtrostende und sehr feste Stähle für Kanonenrohre, Panzer, Schiffe, U-Boote erhält man, wenn dem geschmolzenen Stahl geringe Mengen der Metalle Chrom, Nickel oder Mangan zugesetzt werden. Leider sind die nichtrostenden Stähle noch sehr teuer, so daß man sie nicht überall einsetzen kann. Das ist bedauerlich, weil der Rost großen Schaden anrichtet. Jahr für Jahr werden von 1000 Kilogramm neugeschmolzenem Eisen 120 Kilogramm durch den Rost vernichtet. Jeder achte Hochofen der Welt produziert also nur für den Rostteufel.

Federstahl muß besonders biegsam und elastisch sein. Diese Eigenschaften erhält er durch das seltene Element Vanadium. Deshalb stellt man Federn aller Art, zum Beispiel für Kraftfahrzeuge, aber auch für Uhren, aus Vanadinstahl her.

So kann man für jeden Verwendungszweck Stähle mit ganz bestimmten Eigenschaften produzieren. Das ist sehr vorteilhaft. Der Bedarf an „legierten“ Spezialstählen wird deshalb in der Zukunft immer größer werden.

## **Das Kupfermetall ist rot**

Wenn wir mit einem Messer die Isolierung an einem Stück Klingeldraht entfernen, so kommt ein braunrot glänzendes Metall zum Vorschein, das Kupfer. Es leitet hervorragend den elektrischen Strom und auch die Wärme. Deshalb dient es zur Herstellung von Drähten und Spulen für elektrische Geräte aller Art. Zwei Drittel unseres Kupfers verwenden wir in der Elektroindustrie. Darüber hinaus eignet sich das Kupfer als Werkstoff zur Herstellung von widerstandsfähigen Rohrleitungen, Kesseln, Pfannen und Behältern.

Genauso wichtig wie das reine Kupfer selbst sind seine Verbindungen mit anderen Metallen. Dazu gehört die Bronze. Sie besteht aus Kupfer und Zinn. In der Bronzezeit, vor etwa 3000 bis 4000 Jahren, wurden daraus Schwerter, Ackergeräte, Kochtöpfe, Schmuck und alle möglichen anderen Gegenstände gemacht. Später fand man, daß aus Bronze sogar Glocken und Kanonen hergestellt werden können. Die größte Kanone der Welt besteht ebenfalls aus Bronze. Sie wurde vor ungefähr vierhundert Jahren gegossen und steht im Moskauer Kreml. Dort befindet sich auch die größte Bronzeglocke der Welt. Sie wiegt soviel wie 150 Personenkraftwagen vom Typ Wolga, nämlich 200 Tonnen. Wie in alten Zeiten verwendet man die Bronze oft auch zur Herstellung von Statuen. Außerdem ist sie ein geeig-

netes Material für Schiffsschrauben und für die stark beanspruchten Oberleitungsdrähte unserer O-Bus-Linien.

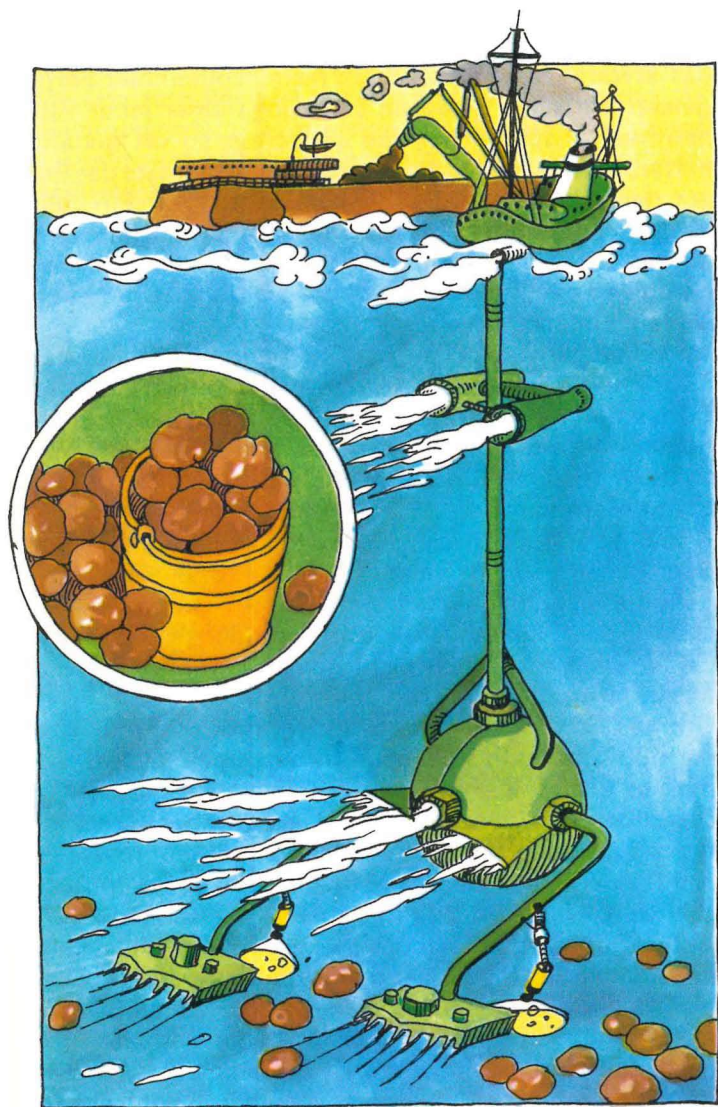
Beim Zusammenschmelzen von Kupfer und Zink entsteht das gelbe Messing. Diese Legierung hat fast ebenso gute oder sogar noch bessere Eigenschaften als das Kupfer, und obendrein ist sie bedeutend billiger. Heute werden Schrauben, Maschinenteile, Rohre und Bleche aus Messing hergestellt.

Das Land mit den größten Kupfervorkommen der Welt ist Chile. Seit dem Militärputsch in Chile leben die Kupferbergleute wieder in Not und Elend. Die Monopole der Vereinigten Staaten von Amerika ziehen den Nutzen daraus. In der DDR kommt sehr wenig Kupfererz vor. Es wird schon seit über 750 Jahren bei Mansfeld gefördert. Aber die Mansfelder Kumpel können nur ein Drittel unseres Bedarfes decken. Und auch das ist nur möglich, weil über die Hälfte des Kupfers aus Schrott zurückgewonnen wird. Deshalb müssen wir alle sehr sparsam mit diesem Metall umgehen. Kupferschrott – und auch jeder andere Metallschrott – gehört nicht auf den Müll, sondern in die Altstoffsammelstelle.

## **Der Nickel ist ein Bergkobold**

Kopfschüttelnd standen die Metallspezialisten des Freiburger Bergbauinstituts vor dem Schmelztiegel. Rötlich glänzendes Kupfererz vom Nordrand des Erzgebirges hatten sie mit Kohle vermischt und geschmolzen. Aber

So denkt man sich die Gewinnung der Erzknollen vom Tiefseeboden (10–15 kg Erzknollen je m<sup>2</sup> Tiefseeboden; 100 kg Erzknollen enthalten 25 kg Mangan, 20 kg Eisen, 1 kg Nickel, 1 kg Kupfer)



das erwartete Metall erschien nicht. Sollten hier Berggeister am Werk gewesen sein, etwa einer jener verdamnten Kupfernickel, die sie schon so oft genarrt hatten? Von kräftigen Flüchen begleitet, landete das Erz auf der Schutthalde. Das war im Jahre 1750. Ein Jahr später wußte man es besser: Im Kupfernickel hatte sich ein bis dahin unbekanntes Metall verborgen. Man benannte es nach dem Kobold, der sie genarrt zu haben schien, einfach Nickel.

An derselben Stelle, an der vor über 225 Jahren der Kupfernickel gefunden worden war, in der Nähe des Dörfchens Sankt Egidien bei Karl-Marx-Stadt, steht heute eine moderne Nickelhütte. Hier liegen die Erze so dicht unter der Erdoberfläche, daß man sie im Tagebau fördern kann.

Nickel ist überall knapp, aber auf dem Boden der großen Ozeane liegen neben Mangan und Eisen ungeheure Mengen davon. Damit könnte man den Nickelbedarf aller Länder für Jahrtausende sicherstellen. Leider weiß man noch nicht genau, wie man es vom Meeresgrund heraufholen soll.

Um das Nickelmetall zu gewinnen, reduziert man das Erz mit Kohle und Kalk etwa in derselben Weise, wie man es auch mit dem Eisenerz macht.

Das silberweiß glänzende Nickel ist ein naher Verwandter des Eisens. Aber im Gegensatz zu diesem rostet es nicht. Auch Eisen oder Stahl kann man vor dem Rost schützen, wenn man es mit einer Nickelschicht überzieht. Meist wird jedoch das Nickel dem noch flüssigen Eisen direkt zugesetzt. Dann entstehen sehr harte, zähe, nichtrostende Stahlsorten, denen sogar starke Säuren nichts anhaben können. Solche Stähle enthalten oft auch das Metall Chrom. Es ist äußerlich vom Nickel kaum zu unterscheiden, und es ähnelt ihm auch sonst.

Die Stoßstangen und Zierleisten an unseren Kraftfahrzeugen zum Beispiel haben einen Chromüberzug. Aus nichtrostendem Chrom-Nickel-Stahl stellt man Messer, Gabeln und Löffel sowie Apparate für die chemische Industrie her.

## **Das schwerste und das leichteste Metall**

Das schwerste aller Metalle heißt Osmium. 1 Kubikzentimeter davon wiegt 22,5 Gramm. Es ist also 22,5mal schwerer als Wasser, denn 1 Kubikzentimeter Wasser wiegt 1 Gramm. Dagegen beträgt das Gewicht eines Kubikzentimeters vom leichtesten Metall, dem Lithium, nur ein halbes Gramm. Demnach ist das Lithium noch um die Hälfte leichter als das Wasser.

Osmium gehört zu den Metallen, die selten auf unserer Erde vorkommen. Es hat deshalb keine große Bedeutung, obwohl es hervorragende Eigenschaften besitzt. An der Luft bleibt es immer blank und silberglänzend. Es gibt fast keinen Stoff, mit dem es chemisch reagiert. Metalle mit solchen Eigenschaften heißen Edelmetalle. Man findet sie in der Natur meist in reiner Form. Die wichtigsten Vertreter dieser Gruppe sind Gold, Silber und Platin.

Das ebenso silberglänzende Lithium ist in allen anderen Eigenschaften das Gegenteil vom Osmium. Als ein naher Verwandter des Natriums zeigt es ganz ähnliche Reaktionen wie dieses. Beispielsweise überzieht es sich an der Luft schon nach kurzer Zeit mit einer unansehnlichen Kruste. Solche Metalle bezeichnet man als unedel. Lithium ist das unedelste aller Metalle. Natürlich kann man ein Element mit derartigen Eigenschaften nicht zu Gebrauchswaren verarbeiten. Man hat aber

festgestellt, daß es schon in geringsten Mengen die Eigenschaften anderer Metalle, zum Beispiel die des Aluminiums, sehr verbessert. Deshalb verwendet man es zur Herstellung von Legierungen.

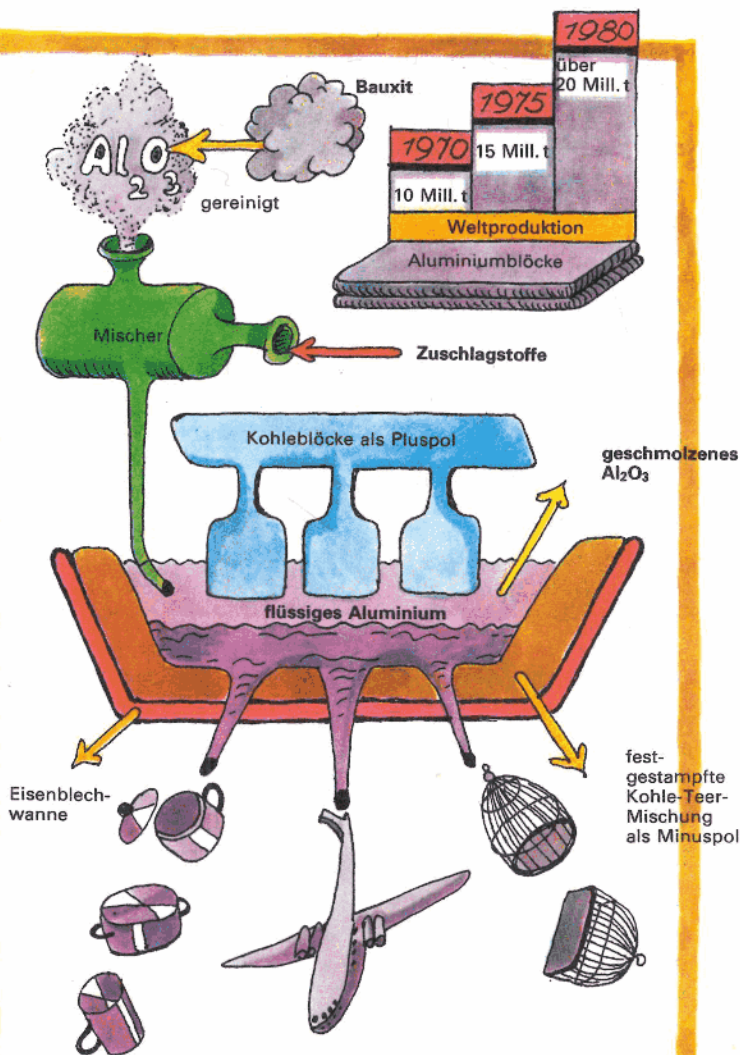
Unedle Metalle kann man in der Natur nirgendwo in reiner Form antreffen. Man gewinnt sie aus ihren Salzen, die oft dem Kochsalz ähneln, mit Hilfe des elektrischen Stromes. Der Vorgang heißt Elektrolyse.

Zwischen dem leichten Lithium und dem schweren Osmium ordnen sich alle anderen Metalle ein. Um die leichteren von den schweren besser unterscheiden zu können, hat man willkürlich eine Grenze zwischen diesen beiden Gruppen festgesetzt. Wiegt 1 Kubikzentimeter eines Metalls weniger als 5 Gramm, dann zählt es zu den Leichtmetallen, wiegt es mehr als 5 Gramm, so bezeichnet man es als Schwermetall. Zu den Schwermetallen gehören zum Beispiel Eisen, Nickel, Kupfer und das für die Herstellung von Akkumulatoren wichtige Blei. Die wichtigsten Leichtmetalle sind das Aluminium, das Magnesium und das hitzebeständige Titan.

## **Ein Kochtopf aus Lehm?**

Da stapft jemand über den schweren Lehm Boden und weiß nicht, daß er über Aluminium läuft! Dabei besteht fast ein Zehntel dieses Bodens aus Aluminium. Aber nicht nur im Lehm und Ton, sondern auch im Granit, Porphyr, Basalt und in vielen anderen Gesteinen ist es enthalten. Aluminium ist das häufigste Metall über-

Aluminiumgewinnung und mögliche Entwicklung der Aluminiumproduktion

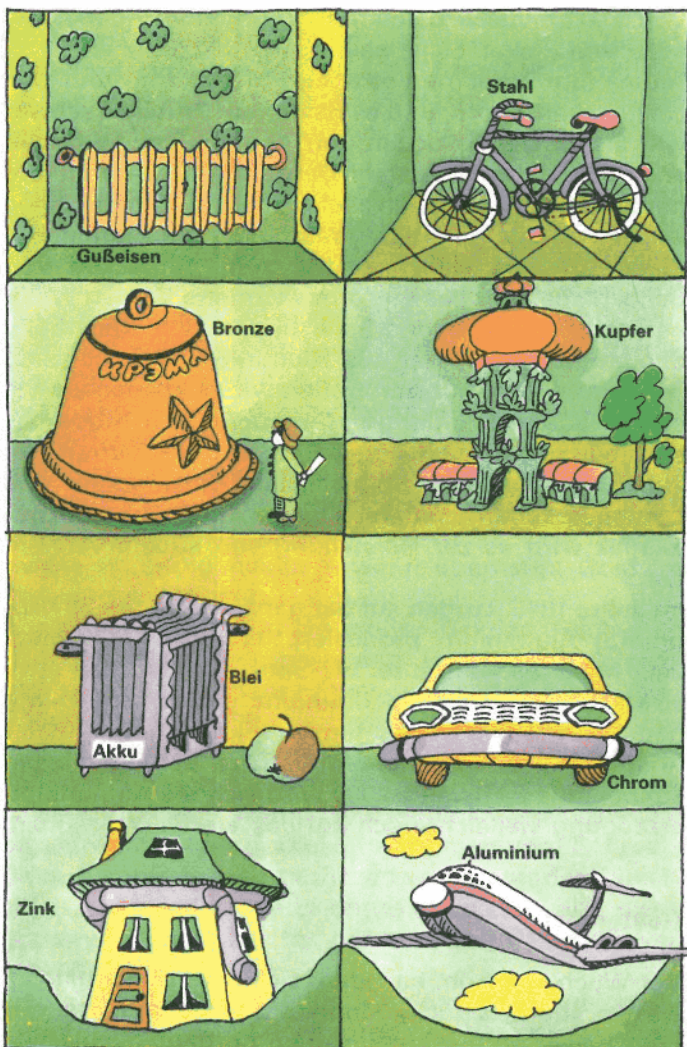


haupt. Es tritt niemals in reiner Form auf, sondern nur in Verbindung mit anderen Elementen.

Leider ist die Erzeugung von Aluminium aus Lehm oder Ton noch sehr teuer, weil zuwenig Metall darin enthalten ist. Ein Kochtopf würde so viel Geld kosten, als ob er aus purem Gold wäre. Deshalb kommen für die Aluminiumgewinnung vorläufig nur solche Rohstoffe in Frage, die mindestens ein Viertel bis ein Drittel Aluminium enthalten. Ein solcher Stoff ist der Bauxit. Nur wenige Länder haben große Mengen davon. Dazu gehören die Sowjetunion und die Ungarische Volksrepublik.

Aus dem Bauxit gewinnt man in einem langwierigen Prozeß zunächst reines Aluminiumoxid mit der chemischen Formel  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Dieses wird in einem Graphittiegel geschmolzen. Leitet man Starkstrom durch die Schmelze, so gelingt es, das Aluminium vom Sauerstoff abzutrennen. Zur Herstellung von 50 Gramm Aluminium – das ist etwa ein Draht von 1 Meter Länge und 5 Millimeter Durchmesser – wird 1 Kilowattstunde benötigt. Mit dieser Energiemenge könnten wir eine 100-Watt-Glühlampe 10 Stunden lang brennen lassen.

Aluminium vereinigt sich mit dem Sauerstoff der Luft schon bei Zimmertemperatur. Dabei entsteht an der Oberfläche eine dünne Oxidschicht. Sie schützt das Metall vor weiteren Veränderungen. Man kann diesen Vorgang gut beobachten, wenn man ein blankes Stück Aluminiumblech in die Gasflamme hält. Normalerweise bildet sich aber die Oxidschicht ziemlich langsam. Oft ist sie auch nicht fest genug. Deshalb hilft man mit elektrischem Strom etwas nach. Man spricht dann



von elektrolytisch oxidiertem Aluminium oder abgekürzt von Eloxal. Es ist besonders haltbar.

Aluminium leitet hervorragend die Wärme und den elektrischen Strom, und es ist nur ein Drittel so schwer wie Eisen. Die Festigkeit von Aluminiumlegierungen entspricht der von Baustahl. Deshalb gehört Aluminium heute zu den wichtigsten aller Metalle. Unzählige Dinge werden daraus gefertigt. Jeder kennt die Aluminiumfolien für den Haushalt und zum Verpacken von Schokolade oder das glitzernde Lametta für den Weihnachtsbaum. In jeder Küche finden sich Kochtöpfe, Schüsseln und Tiegel aus Aluminium. Als vielseitig verwendbares Wellblech treffen wir es ebenso an wie als Fassadenverkleidung an Gebäuden. Kein modernes Flugzeug und keine Rakete würde es ohne Aluminiumlegierungen geben. Sogar Eisenbahnwaggons und Container kann man daraus bauen, und in der Elektrotechnik wird es zur Herstellung von Kabeln verwendet.

Im Jahre 1845 wurden auf der ganzen Welt nur 20 Kilogramm Aluminium produziert. 1 Kilogramm kostete 2400 Mark. Es war teurer als Gold. 1970 wurden etwa 10 Millionen Tonnen Aluminium gewonnen. Damit hätte man einen 10 Zentimeter dicken und 1 Meter breiten Gürtel rings um die ganze Erdkugel legen können. Bis zum Jahre 2000 wird sich die Aluminiumerzeugung vielleicht noch auf das Vierfache erhöhen.

## **Goldgräber**

Vor Wochen schon, nachdem sich das Frühjahrshochwasser aus den Rocky Mountains verloren hatte, war Fred Parker an diesen einsamen nordamerikanischen

Gebirgsfluß gekommen, um sein Glück als Goldwäscher zu versuchen. Heute, an diesem unerträglich heißen Junitag des Jahres 1812, stand er schon das fünfzigste Tagewerk bis zu den Knien im eiskalten Bergwasser, während von oben die Sonne auf seinen breitrempigen Hut drückte.

Parkers Arbeit war ebenso einfach wie schwer. In eine handliche Schüssel mit trichterartig abfallendem spitzen Boden warf er zwei Schaufeln Flußsand. Dann packte er die Schüssel und begann sie unermüdlich unter Wasser zu schwenken. Waren in dem Sand Goldkörnchen enthalten, so mußten sie sich in der Vertiefung des primitiven Apparates sammeln. Der leichtere Sand aber wurde durch das strömende Flußwasser abgeschwemmt. Etwa 400 Kilogramm Flußsand bewegte er auf diese Weise Tag für Tag. Die Schinderei war fürchterlich, aber Fred Parker biß die Zähne zusammen. Gold ist schwerer als Sand. Und deshalb mußte er Erfolg haben – wenn überhaupt Gold im Fluß vorhanden war.

Auch heute noch wird ein großer Teil des Goldes aus Flußsanden und Berggestein im Prinzip nach demselben einfachen Verfahren gewonnen, das schon Fred Parker anwandte. Nur vermeidet man große Verluste, indem man das zerkleinerte Erz nicht bloß mit Wasser, sondern zugleich mit dem flüssigen Metall Quecksilber wäscht. Quecksilber und Gold vereinigen sich zu einer schweren Legierung. Diese trennt man vom Sand ab. Beim darauffolgenden Erhitzen verdampft das Quecksilber, und zurück bleibt reines Gold. Das alte Goldgräberwerkzeug aber hat der modernen Technik weichen müssen.

Gold findet man besonders in der Sowjetunion, in Südafrika sowie in Kanada und den Vereinigten Staa-

ten von Amerika. Rund zwei Millionen Kilogramm werden jährlich auf der Welt gewonnen. Wenn das Gold gefördert und mit großer Mühe gereinigt worden ist, wird vieles davon in die Keller der großen Bankhäuser geschafft und dort in dicken Panzerschränken aufbewahrt. Es dient als Vergleichsmaßstab für die Geldwährung. Fast zwei Drittel aller Goldvorräte werden auf diese Weise gehütet. Aus dem restlichen Drittel fertigt man Schmucksachen, denn Gold ist ein Edelmetall. Luft und Wasser vermögen ihm gar nichts anzuhaben. Ein Ring aus Gold bleibt deshalb immer blank, selbst wenn man ihn nur selten putzt. Reines Gold ist aber ziemlich weich und würde sich beim Gebrauch schnell abnutzen. Aus diesem Grunde vermengt man es vor der Verarbeitung mit Kupfer oder Silber.

### **Zum Fotografieren braucht man Silber**

Auch das Silber gehört zu den Edelmetallen. Es hat zwar eine andere Farbe, aber sonst ähnelt es dem Gold. Silber ist jedoch viel häufiger und deshalb auch billiger als Gold. Nur ein kleiner Teil dient zur Herstellung von Schmuckgegenständen, Münzen, Gabeln, Löffeln und Messern. Von allen Metallen leitet nämlich das Silber am besten den elektrischen Strom. Es wäre deshalb das geeignete Material für elektrische Leitungsdrähte aller Art. Aber so viel Silber, wie man dazu benötigen würde, hat kein Land der Welt. Außerdem ist es zu weich. Trotzdem wird ein Viertel allen Silbers nur in der Elektrotechnik verarbeitet. Man benutzt es unter anderem zum Versilbern von Kontakten und zur Herstellung von elektrischen Sicherungen. Noch mehr Silber wird in der Fotoindustrie gebraucht.

Man findet es in der lichtempfindlichen Schicht aller Filme und Fotopapiere. Die feste Unterlage der Filme besteht dagegen aus Zelluloseazetat, das wir schon als Rohstoff zur Gewinnung von besonders festen und glänzenden Kunstseidenfäden kennengelernt hatten.

Genausowenig wie bei der Fotografie möchten wir das Silber bei einem Gegenstand missen, in den wohl jeder von uns mindestens einmal am Tage hineinsieht: beim Spiegel! Jeder weiß, daß ein Spiegel aus Glas besteht. Auf der Rückseite trägt es eine hauchdünne Silberschicht. Sie wirft die auf das Glas auftreffenden Lichtstrahlen zurück. Deshalb sieht man im Spiegel die davorstehenden Gegenstände.

## **Die schwerste Flüssigkeit der Welt**

Kopfschüttelnd standen die Alten am Lager des todkranken Jägers. Sie wußten, daß er sterben würde. Keine Arzneien und kein noch so guter Arzt konnten ihm helfen, denn er hatte trotz ihrer Warnungen den See der Berggeister besucht. Jeder Mensch, der sich dort auch nur eine oder zwei Stunden aufhielt, war dem Tode geweiht. So wußte man es aus jahrhundertelanger Überlieferung, und so war es auch heute noch, obwohl man schon das Jahr 1907 schrieb.

Rund zwanzig Jahre später lüfteten zwei Leningrader Wissenschaftler das Geheimnis des Geistersees im Katungebirge. Sie fanden nicht etwa Gespenster oder Dämonen, sondern einen kleinen See aus flüssigem Silber. So jedenfalls schien es auf den ersten Blick.

Aber die Wissenschaftler erkannten den Stoff sofort. Sie hatten die schwerste Flüssigkeit der Welt vor sich, das Quecksilber. Ein Liter davon wiegt 13 Kilogramm, also dreizehnmal mehr als Wasser. Schnell verließen die Männer den ungastlichen Ort, denn sie wußten, daß über dem See und seiner Umgebung eine unsichtbare Wolke von giftigem Quecksilberdampf lag.

Quecksilber findet man jedoch in der Natur meist in Form von Zinnober. Dieser als leuchtend rote Farbe bekannte Stoff tritt auch in einer schwarzen Abart auf. Daraus gewinnt man das Metall, denn Quecksilbertümpel wie in der Sowjetunion oder in Spanien sind äußerst selten.

Das Quecksilbererz wird zunächst mit Sauerstoff verbrannt. Dabei entweicht das Metall als Dampf. Die Dämpfe läßt man in besonderen Apparaten abkühlen und erhält so das reine Quecksilber. Man verwendet es zum Bau von elektrischen Schaltern. Auch Pumpen, mit deren Hilfe man die Luft aus Gefäßen herausaugen kann, und Höhensonnen enthalten Quecksilber. Seine Legierungen mit anderen Metallen heißen Amalgame. Der Zahnarzt verwendet sie zur Herstellung von Zahnfüllungen.

Alle Stoffe dehnen sich beim Erwärmen aus und ziehen sich beim Abkühlen zusammen. Das Quecksilber zeigt diese Volumenänderung besonders deutlich. Deshalb füllt man Thermometer damit. Die Thermometerskale wurde von dem schwedischen Astronomen Celsius eingeführt. Ihm zu Ehren setzt man zur Zahl der abgelesenen Temperaturgrade seinen Namen. Man sagt also: „Heute sind zwanzig Grad Celsius“ und schreibt dafür 20°C.

## **Edelsteine aus Ton?**

Der Besitz von Edelsteinen erscheint vielen Menschen sehr erstrebenswert, denn Edelsteine sind nicht nur schön, sondern auch wertvoll. Wer heute einen roten Rubin, einen blauen Saphir oder einen honiggelben Topas erwerben möchte, der geht zum Juwelier. Früher suchten Abenteurer die bunten Steine in fremden Ländern. Andere betrogen und stahlen, um in ihren Besitz zu kommen, und mancher wurde ihretwegen sogar zum Mörder. Die Chemiker aber versuchten, der Natur ein Schnippchen zu schlagen. Sie wollten die wertvollen Steine in ihren Laboratorien erzeugen. Dazu mußten sie zuerst feststellen, woraus diese Steine bestehen. Das Ergebnis ihrer Analysen war verblüffend. Alle Edelsteine erwiesen sich als reine Tonerde. Tonerde aber ist nichts anderes als Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Die schönen Farben werden durch winzige Spuren verschiedener Schwermetalle verursacht.

Wie aber können aus der unansehnlichen Tonerde so schöne Steine entstehen? Dieses Rätsel wurde gelöst: Durch Glühen von Ammoniakalaun erzeugt man zunächst reinste Tonerde. Das ist ein weißes lockeres Pulver. Will man rote Rubine herstellen, so wird es mit etwas Chromoxid gemischt. Sollen aber kornblumenblaue Saphire entstehen, so gibt man ein wenig Eisenoxid dazu. Das Gemisch wird in einem Ofen auf 2000 Grad Celsius erhitzt. Dabei entsteht auf einem feuerfesten Stein ein Tonerdetropfen, der sich in drei bis vier Stunden zu einem birnen- oder flaschenförmigen Kristall von 4 bis 5 Zentimeter Länge und 2 Zentimeter Dicke auswachsen kann. Die so gewonnenen Edelsteine werden vom Juwelier zu Schmuck verarbeitet. Den größeren Teil verwendet man aber in der Indu-

strie, denn die Steine sind außerordentlich hart. Sie werden darin nur vom Diamanten übertroffen. Deshalb benutzt man sie als Lagersteine für Uhren, Kompassse, Elektrizitätszähler und Präzisionsmeßgeräte. Auch der Tonabnehmer unseres Plattenspielers trägt einen Edelstein. Es ist ein Saphir.

## **Ein Diamant wird untersucht**

Sir Humphry Davy war ein eigenwilliger Herr. Kaum daß er im Sommer des Jahres 1813 mit seinem Schüler Michael Faraday in Florenz eingetroffen war, begab er sich schon ins Archiv der Wissenschaftlichen Akademie. Er wollte jenen berühmten Versuch wiederholen, den 119 Jahre vorher die Florentiner Averani und Targioni zum ersten Male durchgeführt hatten. In den verstaubten Winkeln und brüchigen Schränken der Akademie stöberte er die alten Gerätschaften auf: das Brenngerät – ein Vergrößerungsglas, so groß wie ein Kuchenteller –, die wertvollen Kolben aus festem Glas, die Dreifüße, Holzständer und Hilfsgeräte.

Genau an derselben Stelle vor dem Palast, an dem das Experiment zum ersten Male durchgeführt worden war, ließ er alles bereitstellen. Nun konnte der Versuch beginnen. Auf Davys Wink brachte Michael Faraday eine starke Metallkassette herbei. Davy öffnete sie und holte feierlich einen kristallklaren Diamanten heraus. Diesen wertvollen Stein befestigte er auf einem Platinuntersatz, den er sodann in das Glasgefäß hineinstellte. Darauf wurde der chemische Sauerstoffentwickler in Gang gesetzt, und bald schon war der Experimentierkolben mit dem Gas gefüllt.

Florenz lag in mittäglicher Sonnenglut. Davy stellte das

Brennglas ein. Es bündelte die heißen Sonnenstrahlen auf einen einzigen Punkt. An jener Stelle herrschte eine Hitze von mehr als 3000 Grad Celsius. Diesen Feuerpfail richtete Davy genau auf den im Sauerstoffbad liegenden Diamanten.

Und dann geschah es! Plötzlich zuckte eine heil leuchtende Flamme auf, und – der Diamant verschwand. Die Zuschauer waren entsetzt. Aber Davy schmunzelte zufrieden. Alles war planmäßig verlaufen, genau wie es die alten Florentiner beschrieben hatten. Nun würde er dem Verschwinden des Diamanten endgültig auf den Grund gehen. Der Diamant hatte sich zwar verwandelt, aber die daraus entstandenen Stoffe mußten im Kolben sein. Noch am gleichen Tage führte Davy eine chemische Analyse des Gefäßinhalts durch. Er fand Sauerstoff. Den hatte er vor dem Versuch selbst in den Kolben gefüllt. Außerdem war nur noch Kohlendioxid darin enthalten. Dieses Gas kannte er, denn es entstand bei jeder Verbrennung von Kohlenstoff. Wie aber kam es in das dicht verschlossene Gefäß? Es gab nur eine Möglichkeit: Das Kohlendioxid mußte aus dem Diamanten und dem Sauerstoff entstanden sein. Davy zögerte nun nicht mehr länger. Entschlossen setzte er sich an einen Tisch und schrieb in sein Laborheft: „Der Diamant ist reiner Kohlenstoff.“

Diese Tatsache ist so überraschend, daß wir sogar heute noch darüber staunen: Der wertvollste und schönste aller Edelsteine, der Diamant, besteht aus demselben Material wie die allbekannten schwarzen Kohlen und der in jeder Bleistiftmine enthaltene graue Graphit!

Wer aber glaubt, daß damit die Herstellung von künstlichen Diamanten nur noch ein Kinderspiel gewesen wäre, der irrt sich sehr. Jahrzehntelang bemühte man

sich vergeblich, den weichen, blättrigen Graphit in harte, wasserklare Diamanten umzuwandeln. Erst im Jahre 1954 gelang die Diamantsynthese. Eine Temperatur von 2000 Grad Celsius und ein Druck von 53000 Atmosphären waren erforderlich, bevor ein winziger Diamantensplitter im Labor geschaffen werden konnte! Heute wendet man dafür noch viel höhere Drücke und Temperaturen an.

Die meist nur sehr kleinen künstlichen Diamanten kosteten anfangs noch dreißigmal soviel wie die natürlichen Steine. Jetzt aber sind sie billiger. Jedes Jahr stellt man einige Tonnen Diamanten auf der Welt her. Wir finden sie aber nicht in den Juweliergeschäften wieder, sondern in Werkhallen. Das mag manchen überraschen, denn die meisten Leute kennen den Diamanten nur als einen wertvollen Schmuckstein. Für diesen Zweck verwendet man jedoch lediglich die schönsten und größten Stücke. Aber der Diamant ist nicht nur schön, sondern er ist vor allem hart. Wegen dieser Eigenschaft benutzt man ihn als Pulver zum Schleifen sehr harter Stähle und zur Herstellung von Spezialwerkzeugen. Mit einer Säge, deren Zähne Diamanten tragen, kann man Eisen oder dicke Betonrohre wie Holz zerschneiden. Das bekannteste Diamantwerkzeug ist der Glasschneider.

In der Natur findet man kein härteres Material als den Diamanten. Nur die Chemiker können solche Stoffe herstellen. Aus einer Bor-Stickstoff-Verbindung, dem Bornitrid, gewinnen sie bei über 100 000 Atmosphären

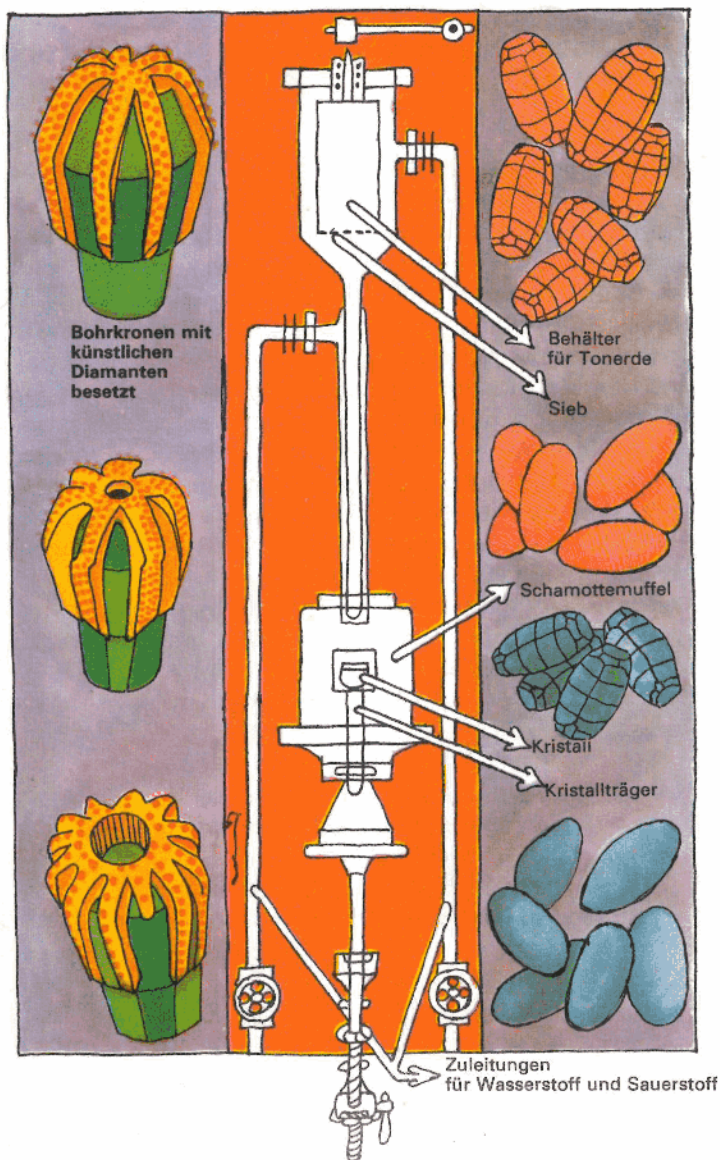
Künstliche Edelsteine

links: Bohrkronen

Mitte: Apparat zur Herstellung künstlicher Rubine und Saphire

rechts: geschliffene und ungeschliffene Edelsteine

**künstliche Rubine  
und Saphire**



Druck und 2000 Grad Celsius das Borazon. Es ist so hart, daß man damit sogar die glatte Fläche eines Diamanten ritzen kann!

## **Ist Sand ein wertvoller Stoff?**

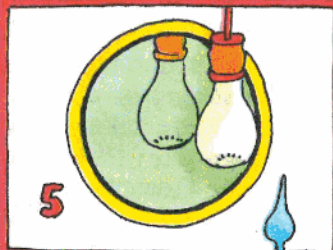
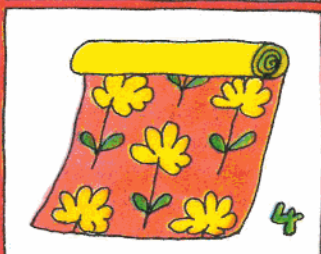
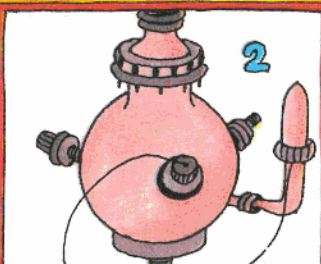
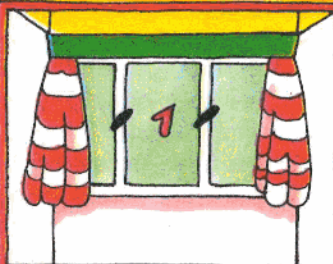
Wer das behaupten wollte, der würde sich wohl nur dem Gespött seiner Klassenkameraden aussetzen. Weder Bauholz noch Ziegelsteine läßt man einfach auf der Straße herumliegen, Sand aber findet man überall. Besonders im Norden unserer Republik besteht der Boden meist aus Sand. Reine Sandböden halten weder Nährstoffe noch Wasser, ohne die selbst eine anspruchslose Kiefer nicht gedeihen kann. In manchen Gebieten unserer Erde ist der Sand so sauber, daß auch nicht das kleinste Hälmchen mehr auf ihm wächst. Kommen dazu noch Hitze und Trockenheit, dann werden die weißen Sandkörnchen zu einem Spielzeug des Windes. Es entstehen die lebensfeindlichen Wüsten. Wenn man das alles bedenkt, so kann man die Frage, ob Sand ein wertvoller Stoff sei, nur verneinen. Trotzdem ist diese Meinung falsch. Es gibt nämlich ein altes Rezept, und das heißt:

## **Sand plus Soda plus Kalk plus Hitze ergibt Glas!**

Das ist so unwahrscheinlich, daß man es zweimal lesen muß, um es zu verstehen. Die Fensterscheiben in unse-

Erzeugnisse aus Glas

1 Fensterglas, 2 Geräteglas, 3 optisches Glas, 4 Glasfasergewebe, 5 Spiegelglas, 6 Behälterglas, 7 Haushaltsglas



rer Wohnung, die schönen Gläser im Schrank – das alles soll aus Sand gemacht worden sein? Jawohl, der verachtete Sand verwandelt sich gehorsam in kristallklares Glas – wenn man weiß, wie es gemacht wird. Freilich benötigt man dazu noch einige andere Stoffe, aber nahezu drei Viertel des Glases bestehen tatsächlich aus Sand. Reinster Quarzsand ist eine Verbindung zwischen dem graubraunen, pulverförmigen Element Silizium mit dem Zeichen Si und dem farblosen Sauerstoffgas (O). Seine chemische Formel lautet  $\text{SiO}_2$ .

Der wichtigste Glasrohstoff ist also reiner, feinkörniger Sand. Er steht in unserem Lande in großen Mengen zur Verfügung. Zum zweiten benötigt man den ebenfalls reichlich vorhandenen Kalk. Der dritte Glasrohstoff war früher die Holzasche. Wenn man eine ausgewachsene Kiefer mit allen Ästen, Zweigen und Nadeln verbrennt, so bleibt nur ein Kilogramm Asche übrig. Das reicht für zwei große Fensterscheiben, also für etwa 10 Kilogramm Glas. Danach kann man sich vorstellen, welche Holzmengen früher schon von einer kleinen Glasfabrik verbraucht worden sind. Die Glasindustrie war der größte Holzverbraucher, den man sich denken konnte! Zwar hätte man anstelle von Holzasche auch Soda nehmen können, aber davon gab es noch weniger, weil sie mühsam aus spanischem Seetang gewonnen werden mußte. Im Jahre 1791 jedoch gelang es dem Franzosen Leblanc, Soda aus Kochsalz, Schwefelsäure, Kalk und Kohle herzustellen. Die erste Fabrik begann 1822 zu arbeiten. Nun erst konnte man das Glas auch in großen Mengen erzeugen.

Sand, Kalk und Soda werden fein zermahlen und in einer Wanne miteinander gemischt. Auch Flaschen und Gläser, die wir in den Altstoffsammelstellen abliefern, werden zu Pulver verrieben und nach Bedarf da-

zugegeben. Nun erhitzt man das Gemisch, bis es zu einer hellglühenden Flüssigkeit geschmolzen ist. Dazu wird eine Temperatur benötigt, die 15mal so hoch ist wie die, bei der das Wasser siedet, also 1500°C. Die Moleküle bewegen sich jetzt mit einer unvorstellbaren Geschwindigkeit. Hart prallen sie aufeinander. Dabei kommt es zu einer chemischen Reaktion: Es entsteht das Glas. Aber noch ist es flüssig und glühend heiß. So kann es niemand gebrauchen. Deshalb muß es abgekühlt werden. Jedoch nur wenn langsam und vorsichtig gekühlt wird, entsteht das durchsichtige Glas. Kühlt man zu schnell, so bilden sich kleine Kristalle, und die Glasschmelze verwandelt sich in ein undurchsichtiges Material.

Flüssiges Glas läßt sich gießen, blasen, pressen und ziehen, deshalb bringt man es noch vor dem Abkühlen in seine endgültige Form. Fensterscheiben zum Beispiel werden gezogen. Mit Hilfe einer Düse wird aus der Schmelze eine 2 Meter breite Glasbahn senkrecht nach oben geführt und das entstehende Band durch Walzen weitertransportiert. Gleichzeitig erfolgt die Abkühlung. Schließlich zerschneidet man das Glasband in Tafeln. In der DDR wird jährlich so viel Fensterglas produziert, daß man damit den Berliner Müggelsee dreimal zudecken könnte. Außerdem werden bei uns jedes Jahr etwa 1,5 Milliarden Gläser und Flaschen hergestellt. Das sind pro Kopf unserer Bevölkerung 90 Glasgefäße!

## **Stark wie Metall – und doch nur Glas!**

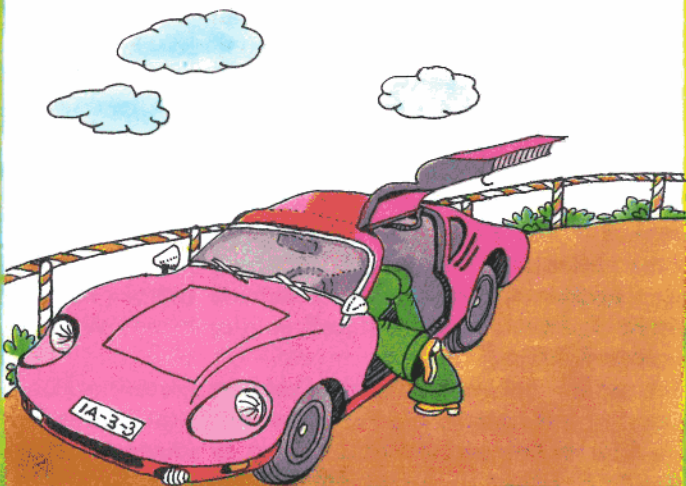
Lange Zeit diente das Glas nur zur Herstellung von Schmuckgegenständen, zum Beispiel für Vasen aller

Art und als Ersatz für Edelsteine. Für andere Zwecke war es viel zu spröde. Heute gibt es über achthundert verschiedene Glassorten, aus denen man mehr als dreiundvierzigtausend Produkte herstellen kann. Darunter befinden sich Glastypen, die so fest sind, daß man sie nicht einmal mit einem Hammer zerschlagen kann. Wie ist so etwas möglich?

Wird normales Glas rasch erhitzt und dann ebenso schnell wieder abgekühlt, so steigt seine Festigkeit auf das Sechsfache. Mit einer chemischen Nachbehandlung kann man es sogar um das Zehnfache verfestigen! Hohe Festigkeiten lassen sich auch erreichen, wenn man zwei vorbehandelte Glasscheiben mit einer dünnen Zwischenschicht aus durchsichtigem Plast verbindet. Einer solchen Scheibe kann selbst ein Steinwurf nichts mehr anhaben!

Aber die modernen Glassorten sind nicht nur fest, sie widerstehen sogar großer Hitze und dem Angriff der meisten Chemikalien. Liegt da nicht der Gedanke nahe, auch Apparate für die Industrie aus Glas zu bauen? Eisen und Stahl werden von Rost und von Säuren zerfressen, Edelmehle sind teuer. Glas dagegen hält stand – und es ist billig. Außerdem kann man sehen, was in dem Behälter geschieht. Das ist besonders in der chemischen Industrie ein großer Vorteil. Heute gibt es Glasbauteile, die man wie die Bausteine eines Steckbalkens zu den verschiedensten Apparaten zusammensetzen kann. Auch Rohrleitungen für die chemischen Fabriken baut man schon aus Glas. Sie werden aus demselben Material gefertigt wie gläserne Bratpfannen, die man im Laden kaufen kann. Es heißt

Boot und Karosserie (Rennsportwagen Wartburg-Merkur) aus glasfaserverstärktem Polyester



bei uns Rasothermglas und wird in Jena produziert.

In den letzten Jahren wurden Glassorten entwickelt, die beinahe so fest sind wie Metalle. Diese „Vitrokerame“ kann man auch wie Metalle bearbeiten, also fräsen, drehen, sägen und bohren. Sie sind durchsichtig oder porzellanartig trübe. In der Zukunft werden sie uns noch gute Dienste leisten. Man kann äußerst haltbares Haushaltgeschirr daraus machen und widerstandsfähige Apparaturen für die chemische Industrie.

### **Kleider aus Glas?**

Alle unsere Kleidungsstücke werden aus Fasern hergestellt. Die Fasern bestehen aus Wolle, Seide, Zellulose oder Kunststoffen. Man kann sie aber auch aus der Glasschmelze ziehen. 10 Gramm Glas ergeben einen fünftausendstel Millimeter starken Faden von 160 Kilometer Länge! Das reicht aus, um das Berliner Centrum-Warenhaus fünfhundertmal damit zu umwickeln.

Heute werden auf der Erde viele tausend Tonnen Glasfasern produziert. Der größte Teil davon dient zur Erhöhung der Festigkeit von Kunststoffen. Zuerst verfilzt man die Glasfasern zu regelrechten Matten. Diese Vliese werden mit flüssigen Kunststoffen getränkt, die man sodann erhärten läßt. Vor dem Aushärten können sie in eine beliebige Form gebracht und nach Wunsch auch eingefärbt werden.

Besonders bekannt ist der glasfaserverstärkte Polyester. Er hat nahezu die Festigkeit von Stahl, aber nur ein Viertel seines Gewichtes. Man produziert daraus stabile Behälter in verschiedenen Größen, Badewan-

nen, Schutzhelme, Bootskörper, elastische Angelruten, Leichtbauplatten und versuchsweise auch Autokarosserien. Das Material wirkt isolierend, das heißt, es schützt vor Kälte, Hitze und vor elektrischem Strom. Es rostet nicht und läßt sich leicht reparieren. Schadhafte Teile werden einfach herausgeschnitten und neue dafür eingeklebt.

Glasfasern in Watteform sind ein gutes Isoliermaterial für die Kühlwagen der Eisenbahn. Auch die Kuppel des Berliner Fernsehturms ist damit isoliert worden. Die über 5000 Kilometer lange Erdölleitung „Freundschaft“ wurde mit Glasfaservliesen umwickelt. Sogar in feuerfesten Spezialpapieren haben sich die vielseitig verwendbaren Glasfasern bewährt.

Seit 1974 stellt man in unserer Republik auch abwaschbare Glasseidentapeten her. Schon daran kann man erkennen, daß die feinen Glasfasern nicht etwa spröde und leicht zerbrechlich, sondern elastisch sind. Deshalb liegt der Gedanke nahe, auch Textilien daraus zu weben. Heute werden bereits ein- und mehrfarbige Glasfaserdekorationstoffe, also Vorhänge und Tuche, hergestellt. Auf den ersten Blick sind sie von anderen Stoffen nicht zu unterscheiden. Sie sind aber um ein Vielfaches haltbarer als diese, außerdem knitterfest und gegen Wasser unempfindlich. Sie faulen nicht und können leicht gereinigt werden, weil der Schmutz nur sehr schlecht an den Glasfasern haftet. Das sind Eigenschaften, die wir uns bei allen Textilien wünschen. Ist also Kleidung aus Glas nur eine Utopie? Nein, in einigen Jahren vielleicht schon werden Glasfaser-textilien etwas ganz Alltägliches sein.

## **Licht wird um die Ecke geleitet!**

Jeder weiß, daß sich das Licht nur geradlinig ausbreiten kann. Ein Lichtstrahl vermag nicht um die Ecke zu wandern! Das begreift sogar ein dreijähriger Knirps. Aber mit Hilfe eines Kabels, das aus Glasfasern besteht, läßt sich das Licht trotzdem um alle möglichen Winkel und Ecken herumführen. Verborgene Stellen in komplizierten Maschinen oder in unserem Körperinnern können mit solchen Lichtleitkabeln ohne Schwierigkeiten ausgeleuchtet werden. Sogar zur Übertragung von Bildern sind sie geeignet. So kann man Fernsehbilder aus dem Mageninneren damit übertragen.

Andere Eigenschaften des Glases werden in einer neuartigen Brille genutzt. Ihre Gläser verdunkeln sich bei starker Sonneneinstrahlung von allein. Wenn aber die Sonne durch Wolken verdeckt wird, hellt sich das Glas wieder auf. Solche „fototropen“ Gläser wird man in einigen Jahren sicherlich in größeren Mengen herstellen, so daß man sie vielleicht auch für Fahrzeuge und im Bauwesen einsetzen kann. In den Fabrikhallen und Verwaltungsgebäuden der Zukunft werden große Fensterfronten aus fototropem Glas bei trübem und bei sonnigem Wetter stets so viel Licht durchlassen, wie es für die Menschen gerade angenehm ist.

## **Gold gesucht und Porzellan gefunden!**

Daß man mit Hilfe chemischer Reaktionen die verschiedenartigsten Stoffe herstellen kann, wußten die Men-

Mit dem Glasfaser-Lichtleitkabel kann das Licht um die Ecke geleitet werden !

# Anwendungen



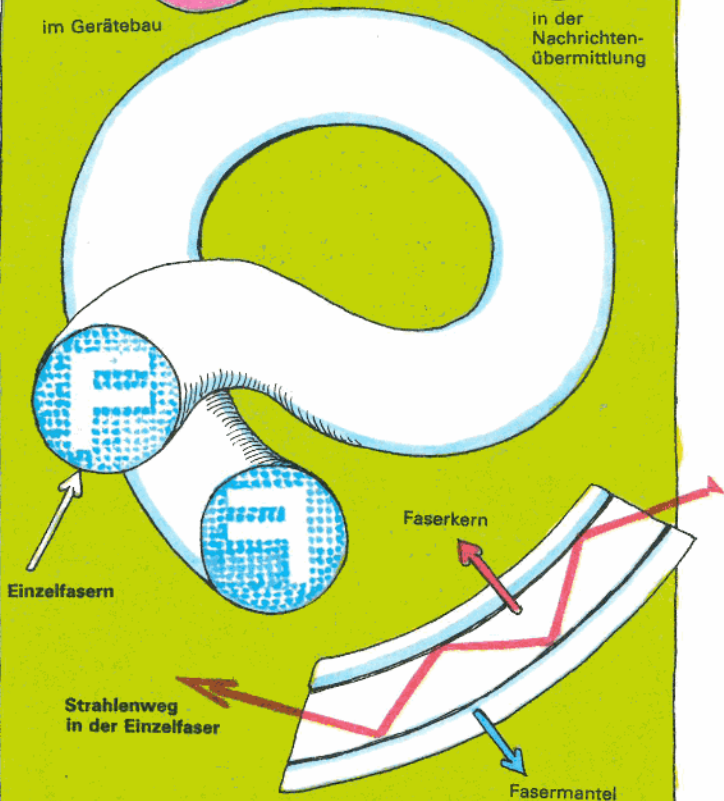
im Gerätebau



in der Medizin



in der  
Nachrichten-  
übermittlung



schen schon, als die Chemie noch gar keine richtige Wissenschaft war. Was lag da näher, als zu versuchen, auch das von allen so begehrte Gold zu machen? Immer wieder wurde es probiert, und immer wieder mißlang es. Heute lächeln wir über diese Bemühungen, denn wir wissen: Gold ist ein chemischer Grundstoff, ein Element. Chemische Elemente aber können selbst die besten Chemiker nicht herstellen.

Ein ganz besonders eifriger Goldsucher lebte vor 275 Jahren in Berlin. Er hieß Friedrich Böttger und war Lehrling bei einem Apotheker. Dieser Böttger verblüffte seinen Lehrherrn eines Tages sehr. Vor dessen Augen verwandelte er dreizehn preußische Zweigroschenstücke aus Silber mit einer geheimnisvollen dunkelroten Flüssigkeit in blankes Gold. Es blieb nicht bei diesem einen Versuch, und so wurde Böttger allmählich stadtbekannt. Auch der Preußenkönig Friedrich hörte davon. Da er ständig Kriege führte, hatte er nie genug Geld. Aus diesem Grunde schickte er dem „Tausendkünstler“ Böttger nicht etwa eine höfliche Einladung, sondern die Polizei ins Haus! Sie sollte ihn einsperren, damit er fortan nur für den König Gold herstellen könne. Aber Böttger erfuhr davon und entfloh nach Sachsen. Dort herrschte damals August der Starke. Der führte zwar nicht so viele Kriege wie Friedrich, aber dafür war er ein um so größerer Verschwender. Auf rauschenden Festen verpraßte er das Geld seiner Untertanen. Und ausgerechnet im Lande dieses Königs glaubte sich Böttger sicher! Aber die Heldentaten des Apothekerlehrlings hatten sich auch bis nach Dresden herumgesprochen. Kaum war er in der Elbestadt angekommen, wurde er eingesperrt. Böttger erhielt den Befehl, sofort und ohne Widerrede Gold zu produzieren!

Jetzt war guter Rat teuer, denn der Apothekerlehrling

konnte doch gar kein Gold herstellen! Die Rettung kam von einem klugen Mann, der Böttger bald durchschaut hatte. Er hieß Tschirnhaus. Seit Jahren hatte er schon vergeblich versucht, das feine chinesische Porzellan zu erzeugen. Nun schlug er Böttger vor, ihm dabei zu helfen. Dankbar nahm dieser den Vorschlag an. Vielleicht konnte er so der Strafe des starken Königs entgehen!

Das chinesische Porzellan war damals das beste und teuerste der Welt. Viele versuchten es nachzumachen, aber niemandem wollte es gelingen. Das hatte seinen Grund. Im fernen China gab es einen Berg mit Namen Kao-Ling. Dort fand man einen besonders feinen weißen Ton, den Kaolin. Daraus stellten die Chinesen ihr Porzellan her. Tschirnhaus und Böttger entdeckten denselben Ton in der Nähe der alten Bergarbeiterstadt Aue. Das war im Jahre 1708, in dem auch Tschirnhaus starb. Schon ein Jahr später war es geschafft: Aus einem Gemisch von Kaolin, Quarzsand und feingemahlenem Feldspatgestein stellte Böttger bei einer Temperatur von über 1000 Grad Celsius das langgesuchte Porzellan her. Auf die gleiche Weise produziert man es bis auf den heutigen Tag.

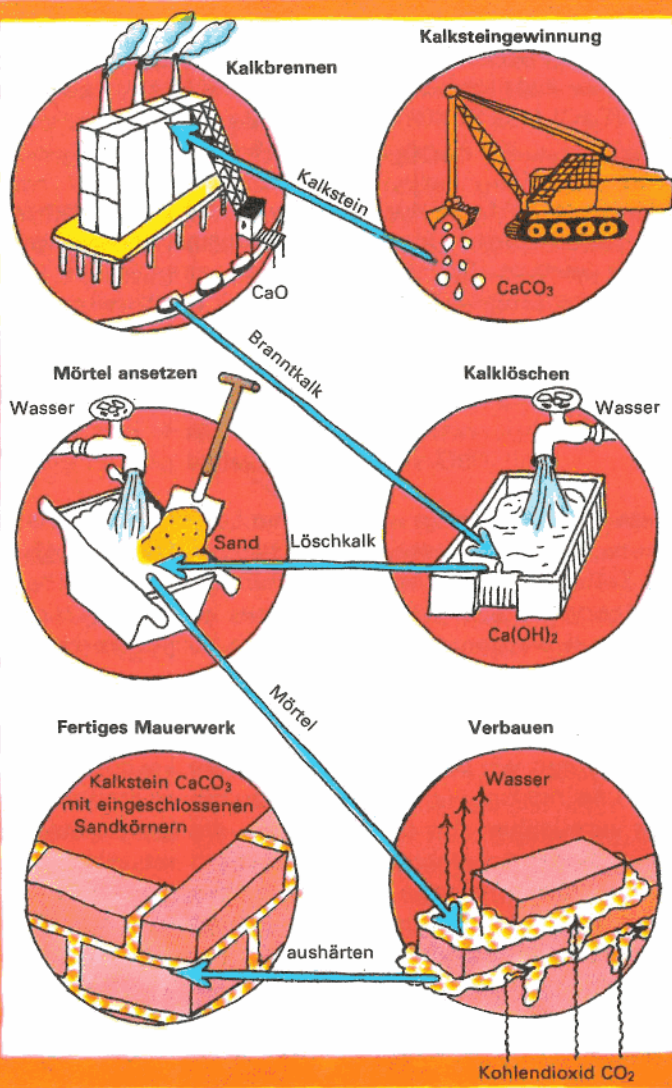
Steingut wird in ähnlicher Weise wie das Porzellan gewonnen, nur verwendet man dazu weniger reine und deshalb auch billigere Rohstoffe. Steingut und Porzellan benötigt man zur Herstellung von Geschirr aller Art. Sie werden jetzt auch als Werkstoffe für den Bau von Chemieapparaten verwendet, denn sie sind ausreichend fest und ebenso widerstandsfähig gegen Chemikalien wie das Glas.

## Kein Haus wächst ohne Mörtel

Wir alle kennen die Kreide. Mit ihr lassen sich herrliche Malereien auf Wandtafeln und Steinplatten ausführen. Wer dasselbe mit einem Stück Marmor versuchen wollte, würde wohl nur verlacht werden. „Kunststück“, könnte man sagen, „Marmor ist ja auch etwas ganz anderes als Kreide! Das sieht doch jeder!“ In Wirklichkeit handelt es sich in beiden Fällen um dieselbe chemische Substanz, nämlich um Kalziumkarbonat. In diesem Stoff haben sich die Elemente Kalzium (Ca), Kohlenstoff (C) und Sauerstoff (O) miteinander zu  $\text{CaCO}_3$  verbunden. Auch der weitverbreitete Kalkstein besteht aus Kalziumkarbonat. Kalkstein, Marmor und Kreide sind also ganz nahe miteinander verwandt.

Unter der Aufsicht unseres Chemielehrers können wir den folgenden Versuch durchführen: Ein Stück Kalkstein, auch Marmor oder Kreide, wird auf ein Tondreieck und dieses wiederum auf einen Dreifuß gelegt. Dann erhitzt man den Kalkstein eine Viertelstunde lang mit dem Bunsenbrenner bis zur Weißglut. Hinterher dreht man die Flamme aus und läßt alles abkühlen. Auf den ersten Blick könnte man denken, daß sich der Kalkstein nicht verändert hat. Aber das ist ein großer Irrtum, der sich bei unvorsichtigem Arbeiten sehr gefährlich auswirken kann. Legt man nämlich den gebrannten Kalkstein in eine Porzellanschale und tröpfelt vorsichtig etwas Wasser darauf, so braust der Kalk auf. Gibt man nach und nach immer mehr Wasser zu, so bleibt zuletzt ein weißes Pulver übrig. Das ist der gelöschte Kalk. Er hat die chemische Formel  $\text{Ca(OH)}_2$ . Wie sind diese merkwürdigen Vorgänge zu erklären?

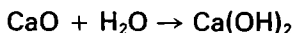
Vom Kalk zum Mörtel und zum Mauerwerk



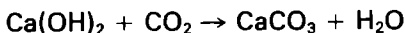
Wenn das Kalziumkarbonat gebrannt wird, findet unsichtbar für unser Auge eine chemische Reaktion statt. Aus dem Kalziumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) entsteht Kalziumoxid ( $\text{CaO}$ ) und Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ):



Das  $\text{CO}_2$  ist ein farbloses Gas, das wir von den Bläschen, die beim Öffnen einer Brauseflasche hochsteigen, schon kennen. Da es beim Kalkbrennen in die Luft entweicht, bleibt auf dem Tondreieck nur Kalziumoxid ( $\text{CaO}$ ) zurück. Man bezeichnet es als gebrannten Kalk oder Branntkalk. Gibt man zum Kalziumoxid vorsichtig Wasser hinzu, so entsteht Kalziumhydroxid ( $\text{Ca(OH)}_2$ ):



Dieser Löschkalk zeigt weder an der Luft noch mit einem Überschuß von Wasser eine sichtbare Reaktion. Aber der Schein täuscht. Langsam verbindet er sich mit dem Kohlendioxid aus der Luft. Aus dem weißen pulvrigen Löschkalk werden dabei wieder feste Kalziumkarbonatkristalle. Daneben entsteht Wasser:



Das können wir selbst überprüfen: Wir verdünnen etwas Löschkalkpulver mit Wasser zu einem steifen Brei und vermischen das Ganze mit der dreifachen Menge Sand. Dabei entsteht der Mörtel. Er dient schon seit vielen Jahrhunderten dazu, Ziegelsteine dauerhaft miteinander zu verbinden. Wir formen aus der Mörtelmasse kleine Steinchen, die wir zum Trocknen auf den Ofen legen. Das entstehende Kalziumkarbonat verkittet den Sand zu einer steinharten Masse. Dabei wird Wasser frei. Deshalb „schwitzen“ neuerrichtete

Ziegelmauern. Aber erst nach 100 Jahren etwa ist alles Wasser ausgeschieden. Dann ist der Mörtel so hart geworden, daß er nur noch mit der größten Anstrengung zerschlagen werden kann.

Überall in unserer Republik werden Häuser gebaut. Dazu wird Kalk in riesigen Mengen gebraucht. Man brennt den Kalk in großen Schachtöfen. Das sind aufrecht stehende eiserne Türme mit feuerfestem Steinfutter. Oben wird eine Mischung von Kalkstein und Kohle eingefüllt. Durch Verbrennen der Kohle entsteht die erforderliche Temperatur. Das Kohlendioxid entweicht nach oben. Der fertig gebrannte Kalk wird unten gleich auf Güterwagen geschüttet, mit denen er zu den Baustellen rollt. Hier wird er mit Wasser und Sand zu Mörtel vermischt und verbraucht.

## **Künstliche Steine**

Der englische Maurer Joseph Aspdin aus Leeds verrichtete Tag für Tag seine schwere Arbeit: Steine herbeischleppen, Kalk brennen, Kalk löschen, Mörtel ansetzen und die Steine mit dem Mörtel vermauern. Eines Tages im Jahre 1824 brannte er einen Kalk, der etwas stärker als gewöhnlich mit Ton verunreinigt war. Dabei erhielt er ein hartes Material, das sich viel schwerer zerkleinern ließ als normaler Branntkalk. Mit etwas Wasser zu einem steifen Brei verrührt, erstarrte dieser Kalk zu einem grauen harten Stein. Dieser glich in Farbe und Festigkeit dem englischen Portlandstein. Deshalb nannte man den neuen Mörtel Portlandzement. Auch heute noch ist das unsere wichtigste Zementsorte. Sie besteht aus einem Gemisch von Siliziumverbindungen, das in Berührung mit Wasser

auch ohne die Mitwirkung von Kohlendioxid erhärtet. Deshalb verfestigt sich der Zement sogar unter Wasser. Im Gegensatz zum gewöhnlichen Mörtel kann man mit Zement nicht nur Mauersteine verbinden, sondern auch Rohre, Platten und andere Bauelemente daraus herstellen.

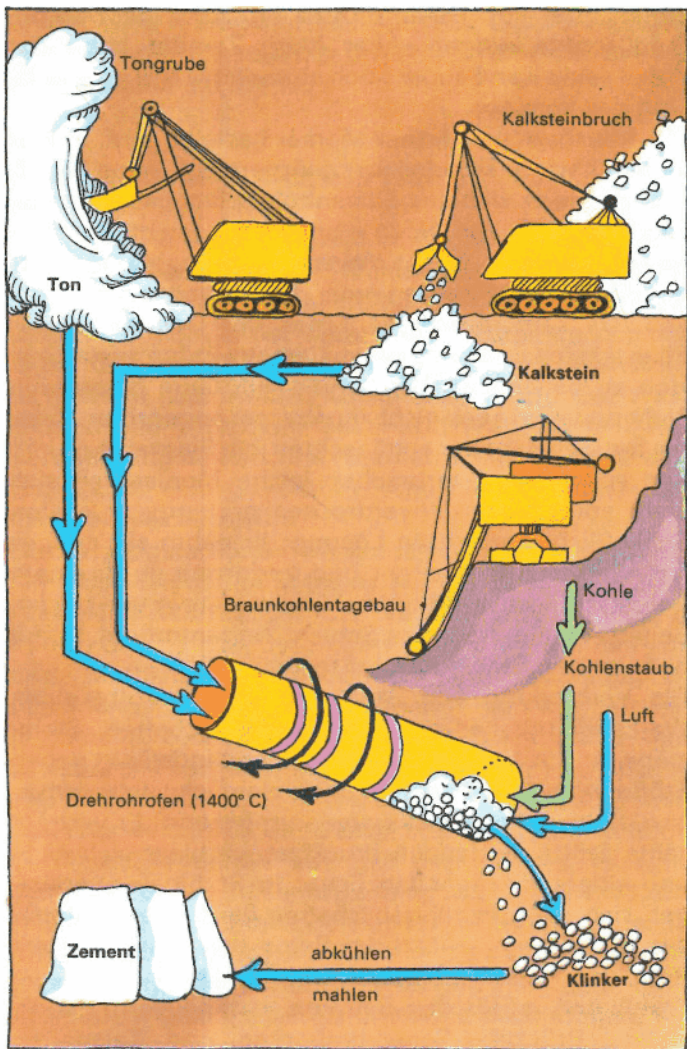
In unserer Republik werden jährlich etwa 11 Millionen Tonnen Zement produziert. Damit könnte man alle Straßen unseres Landes neu belegen oder den größten See der DDR, die Müritz, dreimal mit einer 10 Zentimeter dicken Betondecke überziehen.

Zement wird in gewaltigen Drehrohröfen erzeugt. Das sind leicht schräg liegende Eisenrohre von der Länge eines Fußballfeldes und mit einem Durchmesser von etwa drei Metern. Am oberen Ende des Rohres füllt man eine Mischung von drei Vierteln Kalkstein und einem Viertel Ton ein. Am unteren Ende wird Luft mit Kohlenstaub eingeblasen und verbrannt. Das Rohr dreht sich, so daß die Masse langsam nach unten rutscht. Die dort entnommenen haselnußgroßen „Klinker“ werden gemahlen und in Säcke gefüllt. Auf der Baustelle verrührt man den Zement mit der dreifachen Menge Sand und Wasser zu Zementmörtel und verbaut ihn danach. Oft setzt man dem Zementmörtel noch Kies, Schotter oder Ziegelstückchen hinzu. Dieses Gemisch heißt Beton.

## **Ein Gärtner entdeckt den Stahlbeton**

Obwohl der Zement ein chemisches Produkt ist, verdankt er seine Entdeckung nicht der wissenschaftlichen Forschung, sondern einem Zufall. Das kam in früheren

Aus Ton und Kalk entsteht Zement



Zeiten öfter vor. Heute gibt es nur noch ganz selten Zufallsentdeckungen. Aber beim Zement hatte der Zufall seine Hand sogar noch ein zweites Mal im Spiele. Und das kam so:

Der französische Gärtner Monier bastelte gern. Immer wieder hatte er sich darüber geärgert, daß seine Pflanzkästen, die er sich aus Eichenholz selbst gebaut hatte, so rasch verfaulten. Noch schneller gingen die Behälter kaputt, in denen er das Wasser zum Begießen seiner empfindlichen Pflanzen von der Sonne vorwärmen ließ. Da kam ihm eines Tages der Gedanke, seine Pflanzkästen und Wasserbehälter aus Beton anstatt aus Holz zu bauen. Die Idee schien gut, denn Beton fault nicht und wird auch nicht von Wasser angegriffen. Aber die fertigen Behälter enttäuschten ihn. Sie waren plump und schwer und zerbrachen leicht. Monier ließ sich nicht entmutigen. Unverdrossen probierte er weiter. Schließlich fand er die Lösung: Er nahm ein dünnes Netzwerk aus Eisendraht und verformte es zu einem Behälter. Dieses Drahtgestell umkleidete er von beiden Seiten mit einer dünnen Schicht Zementmörtel. Damit hatte er den Stahlbeton erfunden.

Die Verbindung von Stahl mit Beton ergibt einen Werkstoff mit hervorragenden Eigenschaften. Stahlstäbe sind zäh, elastisch und widerstandsfähig gegen Stöße. Aber leider kann man sie ziemlich leicht verbiegen. Beim Beton ist es gerade umgekehrt. Er verträgt keine Stöße, ist jedoch druckfest, verbiegt sich nicht und widersteht sogar dem Feuer. Im Stahlbeton vereinigen sich die guten Eigenschaften der beiden Materialien. Außerdem schützt der Beton den Stahl vor dem Rost, denn Beton ist wasserundurchlässig.

Stahlbeton ist für den Bau von Hochhäusern, Fabrikhallen, Brücken, Schwimmbecken und Talsperren

unentbehrlich, aber man stellt auch Gartenzaunpfosten, Lichtmasten, Eisenbahnschwellen und viele andere Gegenstände daraus her.

## **Woher kommen Wärme und Licht?**

Wir heizen unsere Öfen mit Holz und Kohle, Öl oder Gas. Alle diese Stoffe enthalten nur drei chemische Elemente, nämlich Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O). Bei der Verbrennung vereinigt sich der in der Luft enthaltene Sauerstoff mit dem Kohlenstoff. Es entsteht gasförmiges Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ). Der Wasserstoff bildet mit dem Sauerstoff Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Die Verbrennung ist also eine chemische Reaktion mit dem Sauerstoff, eine Oxydation. Was nicht brennbar ist, bleibt als Asche zurück.

Das Wichtigste hätten wir jedoch beinahe vergessen: Bei jeder Oxydation entsteht Wärme. Also entwickelt sich auch Wärme bei der Verbrennung von Holz, Kohle, Öl und Gas, und ebendeshalb verwenden wir diese Stoffe, um unsere Wohnungen zu heizen. Gewaltige Mengen davon werden auch in den Kraftwerken gebraucht. Hier wird die in den Brennstoffen gespeicherte Energie wie in unseren Öfen zunächst in Wärme umgewandelt. Mit dieser Wärme erzeugt man aus Wasser Dampf. Der Dampf strömt durch mächtige Turbinen, in denen aus der Energie des Wasserdampfes Bewegungsenergie entsteht. Diese wird mit Hilfe von Generatoren zu elektrischem Strom gemacht. Im Gegensatz zur Wärme lässt sich die elektrische Energie leicht transportieren. In Leitungen aus Kupfer oder Aluminium gelangt sie bis in unsere Wohnungen, wo sie sich ohne große Schwierigkeiten in andere Ener-

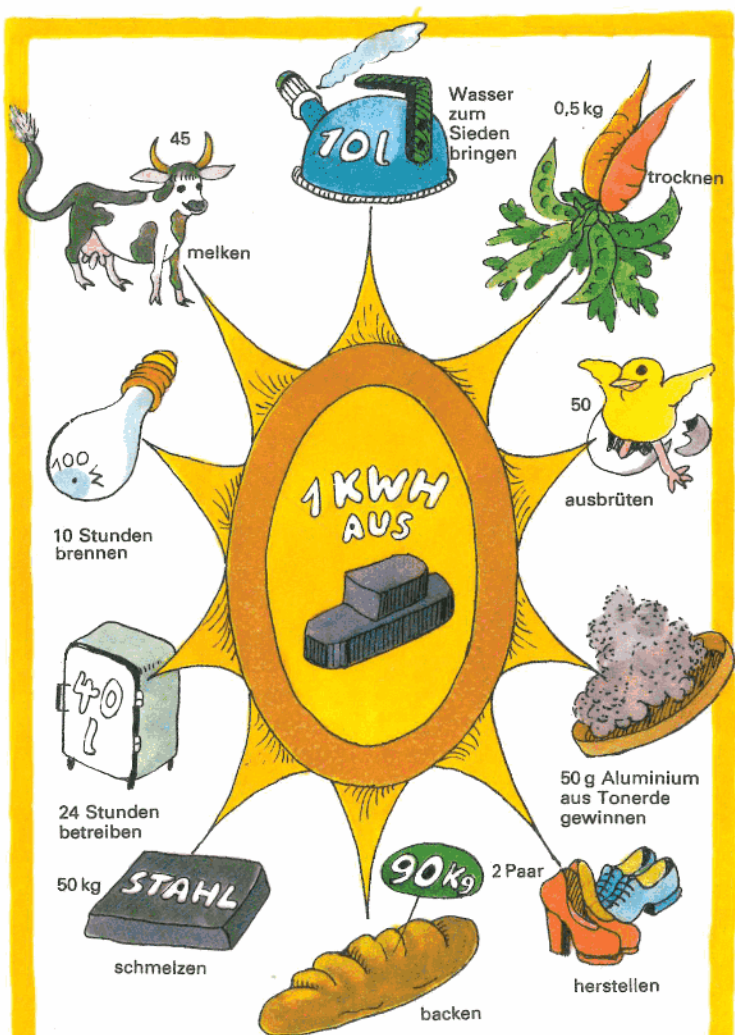
gieformen, zum Beispiel in Licht, Wärme oder Bewegung, umwandeln läßt. Es ist zu dunkel? Ein Griff zum Lichtschalter, und schon fließt Strom durch die feinen Drahtwendeln in der Glühlampe und bringt sie zum Glühen. Es ist im Winter zu kalt? Ein Griff zum Schalter, und die elektrische Heizsonne spendet wohlige Wärme. Es ist im Sommer zu heiß? Ein Griff zum Schalter, gleich dreht sich der Ventilator und fächelt uns Luft zu.

Alle Energieformen, besonders aber Licht, Wärme, Bewegung und Elektrizität, werden in riesigen Mengen in der Industrie benötigt. Allein die chemische Industrie verbraucht mehr als ein Viertel der in unserer Republik erzeugten elektrischen Energie.

Kohle, Erdöl und Erdgas sind aus lebender Materie entstanden: Kohle aus Holz, Erdöl und Erdgas aus Meeresorganismen. Jedes Lebewesen muß aber zuerst einmal selbst wachsen, und dazu braucht es auch Energie. Die Pflanzen erhalten sie von der Sonne. Menschen und Tiere erzeugen diese Energie, indem sie pflanzliche Nahrung oder das Fleisch pflanzenfressender Tiere zu sich nehmen.

Kohle, Erdgas und Erdöl sind also gespeicherte Sonnenenergie. Wenn wir sie verbrennen, gewinnen wir Energie zurück. Außerdem sind sie auch die wichtigsten Rohstoffe der chemischen Industrie. Über drei Viertel aller Chemieprodukte, zum Beispiel Chemiefasern, Plaste, Arzneimittel und Farben, werden daraus hergestellt.

Was man mit einer Kilowattstunde anfangen kann



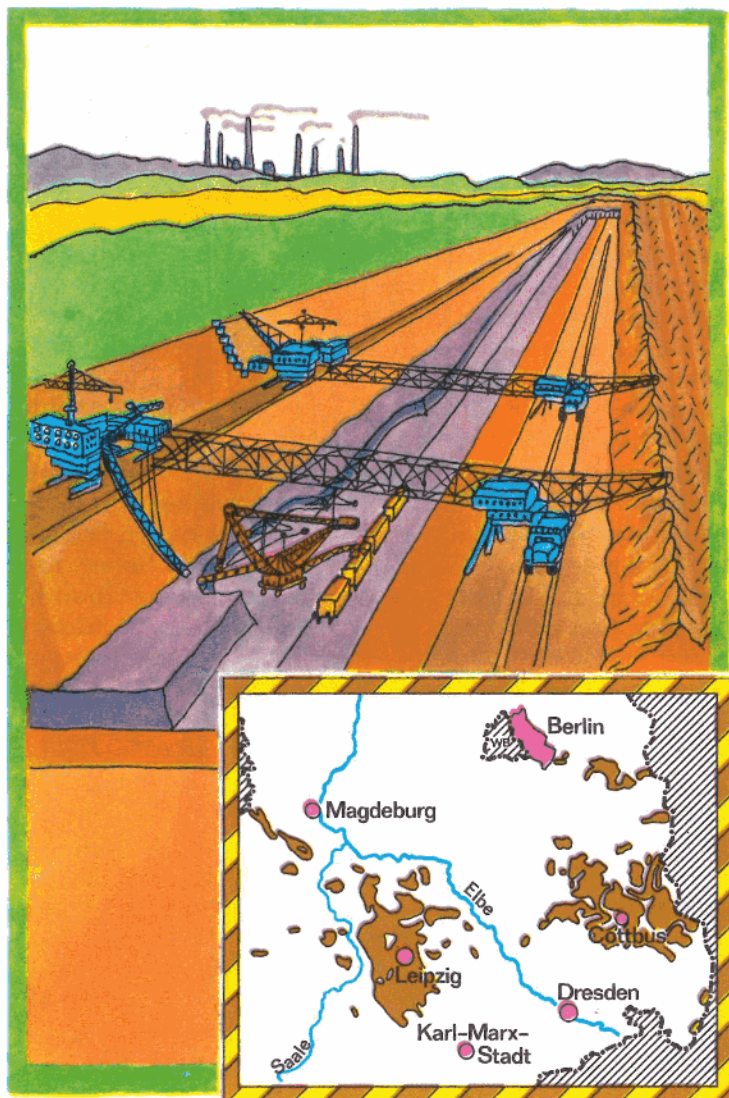
## **Wie lange noch reichen Erdöl und Kohle?**

Der Bedarf an Kohle, Erdöl und Erdgas für die Erzeugung von Energie und chemischen Produkten nimmt in allen Ländern ständig zu. Gleichzeitig verringern sich aber die Vorräte. In den Vereinigten Staaten von Amerika reicht das Erdöl wahrscheinlich nur noch für 50 Jahre. Andere Länder besitzen noch ziemlich viel davon. Bestimmte Teile der Sowjetunion und einige arabische Staaten schwimmen geradezu auf Erdöl. Gegenwärtig sind auf unserem Planeten etwa 100 Milliarden Tonnen Erdöl gewinnbar. Diese Menge würde in ein Loch passen, das 10 Kilometer lang, 10 Kilometer breit und 1 Kilometer tief sein müßte. Aber allein im Jahre 1970 wurden auf der Erde über 2 Milliarden Tonnen Erdöl gefördert. Damit hätte man zehnmal die größte Talsperre der DDR, die Bleilochtalsperre, füllen können. 1980 sollen schon 4 Milliarden Tonnen und um das Jahr 2000 sogar 6 Milliarden Tonnen Erdöl gewonnen werden.

Man kann sich ausrechnen, daß bei einem so großen Verbrauch die Erdölvorräte in wenigen Jahrzehnten zu Ende gehen müssen. Die Fachleute erwarten aber, daß in der Zukunft weitere Erdölvorkommen erschlossen werden können, so daß dieser wichtige Rohstoff den Menschen noch bis in die Mitte des nächsten Jahrhunderts zur Verfügung stehen wird.

Die Kohlevorkommen der Erde sind bedeutend größer als die Erdölvorräte. Aber – ehe die heute an einem einzigen Tag von den Menschen verbrauchte Kohlenmenge entstehen konnte, waren mehr als 1000 Jahre

Ein Braunkohlentagebau und die wichtigsten Braunkohlenreviere der DDR



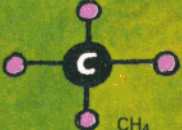
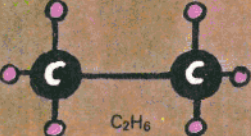
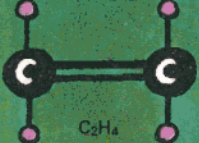
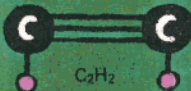
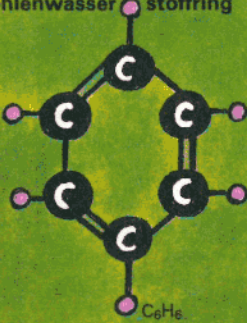
erforderlich! Trotzdem wird die Kohle auf der Erde insgesamt noch einige hundert Jahre reichen. In unserer Republik, besonders in den Bezirken Cottbus, Leipzig und Halle, liegen etwa 25 Milliarden Tonnen Braunkohle. Jedes Jahr werden rund 250 Millionen Tonnen davon abgebaut. Wollte man damit einen Güterzug beladen, so würde dieser dreimal um die ganze Erdkugel herumreichen. Unsere Republik ist der größte Braunkohlenproduzent der Welt. Jeder kann sich ausrechnen, daß unsere Vorräte höchstens noch 100 Jahre vorhalten werden, wenn wir auch weiterhin so viel abbauen wie bisher.

In allen Ländern schaut man sich schon nach anderen Energiequellen um, damit Kohle, Öl und Gas für den Bedarf der chemischen Industrie aufgespart werden können. Man baut Kernkraftwerke, in denen Uranatome gespalten werden. Dabei entstehen riesige Wärmemengen. 1 Tonne spaltbares Uran liefert soviel Wärme wie sieben lange Güterzüge voller Braunkohle. Aber jeder dieser Züge müßte 500 Kilometer lang sein, also ungefähr von der Ostseeküste bis zum Erzgebirge reichen. Sie könnten insgesamt 7 Millionen Tonnen Braunkohle transportieren.

## **Wie viele Stoffe gibt es auf der Erde?**

Ein einzelnes Kohlenstoffatom (C) kann man sich als ein winziges, selbst mit den besten Mikroskopen nicht mehr sichtbares Teilchen vorstellen, das nur „aus einem Körper und vier Armen“ besteht. Es ist das kleinste Stückchen Kohlenstoff, das es gibt. Aber noch viel

Die wichtigsten Kohlenwasserstoffe

<p><b>Einfachster Kohlenwasserstoff</b></p> <p>Methan oder Sumpfgas</p>	 <p>CH<sub>4</sub></p>	<p>aus Erdgas für Heizzwecke Wasserstoffgewinnung</p>
<p><b>Kürzeste Kohlenwasserstoffkette</b></p> <p>Äthan</p>	 <p>C<sub>2</sub>H<sub>6</sub></p>	<p>aus Erdgas für Heizzwecke</p>
<p><b>Einfachste ungesättigte Kohlenwasserstoffkette</b></p> <p>Äthen oder Äthylen</p> <p>Äthin oder Azetylen</p>	 <p>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub></p>  <p>C<sub>2</sub>H<sub>2</sub></p>	<p>aus Erdöl oder Kohle für Kunststoffe Chemiefasern Gummi Waschmittel Arzneimittel Essigsäure</p>
<p><b>Wichtigster Kohlenwasserstoff</b></p> <p>Benzol</p>	 <p>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></p>	<p>aus Kohle oder Erdöl für Kunststoffe Farbstoffe Arzneimittel</p>



Kohlenstoff



Wasserstoff

kleiner ist das Wasserstoffatom (H). An seinem „Körper“ hat nur noch ein einziger „Arm“ Platz. Ein Kohlenstoffatom kann also mit jedem seiner „vier Arme“ ein Wasserstoffatom festhalten.

Eine chemische Verbindung, die nur aus den Elementen Kohlenstoff und Wasserstoff besteht, nennt man Kohlenwasserstoff. Das kleinste Teilchen einer solchen Verbindung ist ein Molekül. Jedes Molekül der einfachsten Kohlenwasserstoffverbindung besteht aus einem Kohlenstoffatom und aus vier Wasserstoffatomen. Der Stoff hat demnach die chemische Formel  $\text{CH}_4$ . Man nennt ihn Methan. Es ist das Sumpfgas, das manchmal in dicken Blasen aufsteigt, wenn wir im Teichmodder herumstochern. Aber es ist auch der Hauptbestandteil des Erdgases.

Natürlich können sich die Kohlenstoffatome auch gegenseitig „bei den Armen“ fassen. Genau wie Kinder beim Spiel bilden sie lange Ketten. Oft entstehen auch Ringe, meistens solche mit fünf oder sechs Atomen. Dadurch wächst die Anzahl der Kohlenwasserstoffe noch weiter an. Wenn jemand versuchen wollte, alle Möglichkeiten aufzuzeichnen, dann würde er wohl einige Monate dazu benötigen. Schon mit einer Kette von fünf Kohlenstoffatomen – das ist der Kohlenwasserstoff Pentan ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ) – lassen sich drei verschiedene Figuren bilden. Bei einem Molekül mit zwanzig Kohlenstoffatomen gibt es dagegen bereits dreihundertundsechszehntausend Möglichkeiten. Jede dieser Verbindungen hat dieselbe Formel, nämlich  $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$ . Trotzdem sind es verschiedene Stoffe, denn ihre Atome sind in unterschiedlicher Weise miteinander verknüpft.

Wer einen Holzbaukasten hat, kann mit denselben Klötzchen eine Garage, einen Turm oder ein Haus

bauen, indem er die Teile immer wieder anders aneinanderlegt. So ist es auch in der Chemie, wo man diese Erscheinung Isomerie nennt. Sie ist die eigentliche Ursache dafür, daß es so viele Kohlenstoffverbindungen gibt. Insgesamt sind es weit über 1,5 Millionen. Außer dem Kohlenstoff und Wasserstoff sind daran nur noch die Elemente Sauerstoff und in viel geringerem Maße Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Chlor, Brom und Jod beteiligt. Die meisten Kohlenstoffverbindungen werden von Lebewesen, also von Organismen, gebildet. Man bezeichnet sie deshalb als organische Verbindungen. Etwa zehntausend von ihnen werden in chemischen Fabriken erzeugt.

Zählt man alle Verbindungen zusammen, die keinen Kohlenstoff oder zumindest keine Kohlenstoffketten und -ringe enthalten, so kommt man nur auf ungefähr dreihunderttausend. Man bezeichnet sie als anorganische Verbindungen. Daran sind über neunzig verschiedene chemische Elemente beteiligt. Etwa zweihundert-undfünfzig anorganische Stoffe werden in größeren Mengen hergestellt.

Insgesamt verfügt also die Menschheit heute über rund 2 Millionen verschiedene chemische Verbindungen. Aber noch immer werden in den Chemielaboratorien der Welt täglich etwa zehn neue Substanzen gefunden.

## **Was ist das – Benzin?**

Auch das schönste und schnittigste Auto wäre nur eine nutzlose Hülle, wenn man es nicht zum Fahren bringen könnte. Aber da füllt jemand eine merkwürdige Flüssigkeit in den Tank. Der Fahrer betätigt den Zünd-

schlüssel und tritt auf das Gaspedal – und schon fährt das Auto davon. Unermüdlich, langsam oder schnell, ganz wie es der Kraftfahrer will, rollt das Fahrzeug über die Straßen. Die Kraft von fünfzig Pferden entwickelt der Motor, wenn er das richtige Futter bekommt. Und dieses richtige Futter heißt Benzin.

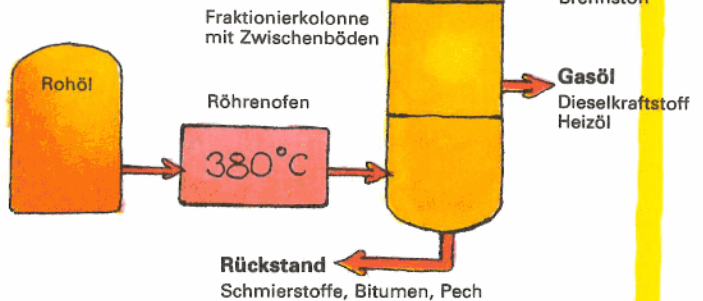
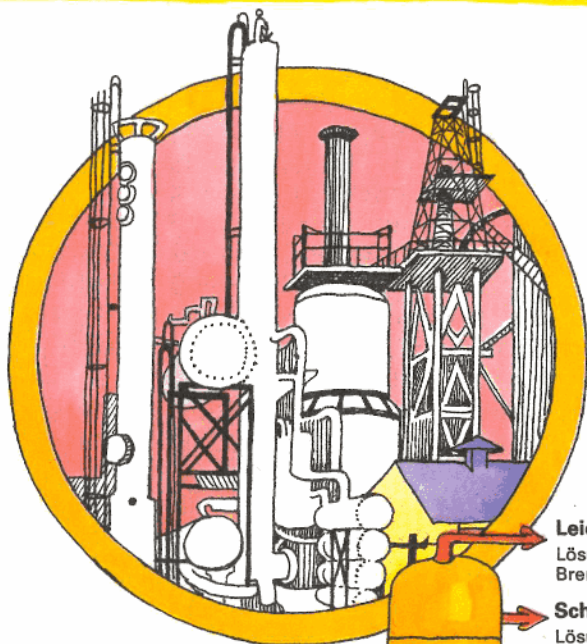
Benzin muß eine ganz außergewöhnliche Flüssigkeit sein, wenn solche Kräfte in ihm schlummern. Dabei ist äußerlich gar nichts Besonderes an ihm: Wir sehen eine wasserhelle, eigentümlich riechende und schnell verdunstende Flüssigkeit, die manchmal durch Nebenbestandteile leicht gefärbt ist. Was mag das für ein Stoff sein? Die Chemiker sagen: „Benzin besteht aus einem Gemisch von kettenförmigen Kohlenwasserstoffen. Die einzelnen Moleküle enthalten fünf bis zehn Kohlenstoffatome.“

Schwere Traktoren, Lastkraftwagen und Schiffe werden nicht mit Benzin, sondern mit Dieselkraftstoff angetrieben. Er besteht ebenfalls aus Kohlenwasserstoffen. Aber seine Moleküle enthalten viel mehr Kohlenstoffatome als die des Benzins, und außer kettenförmigen findet man auch ringförmige Verbindungen darin.

## **Wie macht man Benzin und Dieselöl?**

Viele wichtige Stoffe entstehen nur dank der Schöpferkraft unserer Chemiker. In der Natur kommen sie nicht vor. Als Beispiele wollen wir Plaste, Chemiefasern sowie einen großen Teil der Arzneimittel und Farbstoffe

Fraktionierkolonne zur Trennung der im Erdöl enthaltenen Kohlenwasserstoffe



nennen. Das Benzin aber gehört nicht dazu. Man findet es im Erdöl. Darin ist es vermischt mit vielen anderen Kohlenwasserstoffen, solchen mit längeren und kürzeren Ketten und solchen mit Ringen. Wer das Benzin gewinnen will, muß es von fremden Kohlenwasserstoffen abtrennen. Das ist möglich, weil die Kohlenwasserstoffe bei verschiedenen Temperaturen in den gasförmigen Zustand übergehen. Die kleinsten Moleküle des Benzins werden schon bei 70 Grad Celsius gasförmig, die größten erst bei 180 Grad Celsius. Man brauchte also nur das zwischen 70 und 180 Grad Celsius entweichende gasförmige Benzin durch einen Kühler zu leiten und damit wieder zu verflüssigen. Auf diese Weise hätte man es von den anderen Bestandteilen des Erdöls abgetrennt. Ein solcher Trennvorgang heißt Destillation.

Im Erdölwerk verfährt man noch etwas anders. Man erhitzt nämlich das Öl auf 380 Grad Celsius. Dabei verdampft es zum größten Teil. Die Dämpfe werden von unten in einen 30 bis 40 Meter hohen schlanken Turm geleitet, der durch viele dampfdurchlässige Zwischenböden unterteilt ist. Wenn die Dämpfe durch den Turm streichen, kühlen sie sich ab. Dabei verflüssigen sich zuerst die höhersiedenden Bestandteile, wie das Petroleum, dann diejenigen mit einem niedrigen Siedepunkt, zum Beispiel das Benzin. Diese verschiedenen Anteile heißen Fraktionen. Sie sammeln sich auf den Zwischenböden und können von hier abgezogen werden. Der Trennvorgang wird als fraktionierte Destillation bezeichnet. Die Türme nennt man Fraktionierkolonnen. Das Benzin findet sich am oberen Ende der

**produziert  $\frac{1}{6}$  aller Chemieerzeugnisse der DDR**  
darunter: Treibstoffe, Petrolchemikalien für Kunststoffe,  
Bitumen, Schmierstoffe, Wachse, Stickstoffdüngemittel,  
Lösungsmittel, Plastermöbel

**verarbeitet  $\frac{4}{5}$  des Erdöls der DDR**

**beschäftigt 28000 Mitarbeiter**

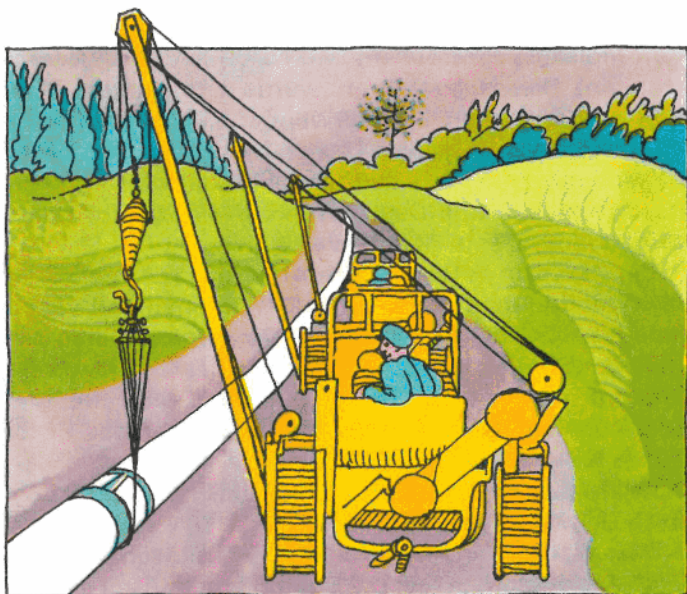


Kolonne. Dort wird es entnommen und ins Tanklager gebracht. Von hier geht es auf die Reise zu den Tankstellen.

Fängt man bei der Erdöldestillation die Kohlenwasserstoffe auf, die zwischen 200 Grad Celsius und 350 Grad Celsius entweichen, so erhält man den Dieselmotorkraftstoff.

Etwa ein Zehntel des Kraftstoffbedarfs der Welt muß durch den Dieselmotorkraftstoff abgedeckt werden, neun Zehntel entfallen auf das Benzin, denn die Anzahl der benzinverbrauchenden Fahrzeuge ist in allen Ländern sehr groß. Aber selbst die benzinreichsten Erdöle könnten heute den Bedarf der Personenkraftwagen und Motorräder nicht mehr decken. Deshalb suchten die Wissenschaftler nach einer Lösung, wie man aus Erdöl noch mehr Benzin gewinnen kann, als schon in ihm enthalten ist. Das schien eine unlösbare Aufgabe zu sein, denn auch aus einem Steinhäufen kann man nur so viel handliche Stücke, die sich recht gut zum Werfen eignen, herausuchen, wie vorhanden sind. Sollte es beim Erdöl anders sein? Nein, es ist nicht anders. Aber könnte man nicht die größeren Steine mit einem Hammer auf die passende Größe zerkleinern? Das ist zwar umständlich, aber es geht. Genauso machen es die Chemiker. Sie zerschlagen die großen Kohlenwasserstoffmoleküle, die beim Abdestillieren des Benzins zurückbleiben. Dabei entstehen viele kleine Bruchstücke, in der Hauptsache aber Benzin. Als Hammer benutzen die Chemiker eine hohe Temperatur (nämlich 400–600 Grad Celsius) und Druck (etwa 70 Atmosphären). Nach fünfzehn bis zwanzig Minuten sind die gro-

Erdölleitungen in den sozialistischen Ländern (Entfernungen:  
Schwedt-Almetjewsk 2980 km, Almetjewsk-Samotlor 2186 km)



 Erdölleitung „Freundschaft“  
 Erweiterungsabschnitte

ßen Moleküle zerbrochen, und weiteres Benzin ist entstanden. Dieses Verfahren wurde zum ersten Male von den Amerikanern angewendet. Zerkleinern heißt in ihrer Sprache Cracken (sprich Kräcken). Alle Länder haben später diesen Ausdruck übernommen.

Durch Cracken und Destillieren von Erdöl wird heute fast alles Benzin in der Welt gewonnen.

In der DDR gibt es leider nur sehr wenig Erdöl. Es würde nicht einmal ausreichen, um die Personenkraftwagen einer Großstadt mit Benzin zu versorgen. Durch die Hilfe der Sowjetunion, die im Innern des Landes große Erdölvorräte besitzt, verfügen auch wir heute über diesen Rohstoff. Seit dem Jahre 1963 fließt das Erdöl durch eine lange Rohrleitung von der Tatarischen Sowjetrepublik über die Volksrepublik Polen direkt bis nach Schwedt.

Früher war das anders. Weil man in Deutschland kein Erdöl fand, suchten hier die Chemiker schon vor siebzig Jahren nach einer anderen Möglichkeit, um Benzin zu erzeugen. Am 9. August 1913 war die Lösung gefunden. Professor Bergius meldete an diesem Tage ein Patent zur Gewinnung von Benzin aus Kohle an. Viele Jahre lag es ungenutzt in einem Aktenschrank. Dann aber war es soweit. Im April 1927 wurden die ersten Hydrieröfen in Leuna angefahren. Aus 4 Tonnen Braunkohle entstand 1 Tonne Leunabenzin. Auch nach dem zweiten Weltkrieg wurde auf diese Weise noch Benzin erzeugt. Heute haben die Verfahren zur Herstellung von Benzin aus Kohle keine Bedeutung mehr, denn Erdöl ist billiger, und es läßt sich auch leichter verarbeiten.

## **Kohle liefert Leuchtgas, Koks und Teer**

Vor 200 Jahren muß es nach unseren heutigen Auffassungen noch ziemlich ungemütlich auf dieser Welt gewesen sein. Wer abends arbeiten mußte, zündete sich eine qualmende Ölfunzel oder eine Kerze an, oder er nutzte gar nur das spärliche Licht des flackern-den Herdfeuers. Wir können uns deshalb vorstellen, was es für die Menschen bedeutete, als etwa in der Mitte des vorigen Jahrhunderts die ersten Gaslampen in den Häusern brannten. Eine Voraussetzung dafür war die Erzeugung von Leuchtgas.

Der Engländer Murdock hatte in London schon um das Jahr 1800 eine kleine Gasfabrik errichtet. Als er mit seiner Anlage fertig war, verboten ihm die Stadtväter, das Werk in Betrieb zu nehmen. Sie fürchteten, daß Murdock mit seinem neuartigen Gas die ganze Stadt in die Luft sprengen würde. Aber Murdock war ein energischer Mann. Kurz entschlossen lud er die Stadtväter ein, seinen Betrieb zu besichtigen. Die Braven waren nicht nur ängstlich, sondern auch neugierig. Sie kamen, und Murdock führte sie durch das Werk. Er erklärte, wie in großen eisernen Öfen die Kohle auf eine Temperatur von 1000 Grad Celsius erhitzt wird. Dabei entweicht das Gas. Es wird in einem großen Behälter aufgefangen, den man Gasometer nennt.

Als die Besucher ins Gasometerhaus traten, schloß Murdock plötzlich die Tür ab. Noch ehe sie protestieren konnten, nahm er eine Hacke und schlug ein Loch in die Behälterwand. Zischend strömte das Gas aus der Öffnung. Die Stadtväter riefen um Hilfe, denn sie glaubten, daß Murdock wahnsinnig geworden sei. Aber ihre Angst steigerte sich noch, als sie sahen, daß Murdock den Gasstrahl entzündete. Jetzt schoß mit un-

heimlichem Prasseln eine gelbrote Flamme aus der Gasometerwand hervor. Die Ratsherren waren der Verzweiflung nahe, denn ob sie wollten oder nicht, sie mußten mit ansehen, wie der Gasometer allmählich leerbrannte. Mit zitternden Knien verließen sie das Gaswerk. Aber der Beweis, den Murdock mit seinem gewagten Experiment antreten wollte, hatte sie überzeugt. Gas schien tatsächlich nicht zu explodieren. Murdock erhielt die Erlaubnis, seine Fabrik in Betrieb zu nehmen. Bald darauf konnte die Gaslampe in London ihren Einzug halten.

Murdock aber hatte sich mit seinem Experiment auf ein großes Wagnis eingelassen. Nur in völlig reiner Form explodiert das Leuchtgas nicht. Es verbrennt mit einer scharfen blauen Flamme, wie wir sie vom Gaskocher her kennen. Wird es jedoch mit Luft gemischt, so genügt schon ein Funke, um eine verheerende Explosion auszulösen. Wenn irgendwo in unseren Häusern eine Gasleitung undicht geworden ist, so riecht es in den Wohnungen oder im Haus nach Gas. Dann heißt es: Hände weg von Streichhölzern oder Lichtschaltern und sofort die Energieversorgung oder die Feuerwehr benachrichtigen! Der kleinste Funke kann jetzt eine Explosion auslösen. Sie kann so heftig sein, daß das ganze Haus zusammenbricht!

Früher gab es in jeder größeren Stadt ein oder mehrere Gaswerke. Heute sind nur noch ganz wenige in Betrieb. Im Jahre 1975 produzierten sie in der DDR noch etwa 5 Milliarden Kubikmeter Stadtgas vorwiegend aus Braunkohle.

Neuerdings wird das Leuchtgas immer mehr durch Erdgas ersetzt, von dem man riesige Lager entdeckt hat. In unserer Republik wurden 1975 etwa 9 Milliarden Kubikmeter vor allem in der Nähe der Stadt

Stendal gefördert. Um aber den Bedarf unseres Landes zu decken, importieren wir noch über 4 Milliarden Kubikmeter Erdgas aus der Sowjetunion. Sie gelangen zu uns über die 5000 Kilometer lange Ferngasleitung „Nordlicht“, die 1973 in Betrieb genommen wurde. Um das Erdgas zu gewinnen, muß man keine großen Fabriken bauen, zu denen die Rohstoffe manchmal über Hunderte von Kilometern herangeschafft werden müssen. Statt dessen schließt man das Bohrloch, aus dem das Erdgas entströmt, über eine Trocknungsanlage einfach an das Gasleitungsnetz an, das sowieso schon vorhanden ist. Deshalb ist Erdgas billiger als das Gas aus der Kohle.

Vielleicht könnte man sogar ganz auf die Entgasung der Kohle verzichten, wenn dabei nicht der wichtige Koks zurückbleiben würde. Man verwendet ihn zur Reduktion von Eisenerz. Früher war dazu nur der Steinkohlenkoks geeignet. In der DDR wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem auch aus Braunkohle ein hochwertiger Koks erzeugt werden kann. Er heißt **Braunkohlen-Hochtemperatur-Koks** oder **BHT-Koks** und wird in Lauchhammer produziert.

Bei der Verkokung entsteht auch ein schwarzer, zähflüssiger Teer. Vor 120 Jahren war das noch ein äußerst lästiges Nebenprodukt. Niemand wußte damit etwas anzufangen.

## **Der Kampf um den ersten Teerfarbstoff**

Man schreibt das Jahr 1868. An dem altmodischen hölzernen Experimentiertisch im Laboratorium des Berliner Gewerbeinstituts sitzt ein Mann im weißen Chemikerkittel. Seit Wochen schon müht er sich von

früh bis spät, um das Geheimnis des roten Farbstoffes Alizarin zu ergründen, den man in großen Mengen aus der Wurzel der Krappppflanze gewann. Viele komplizierte Experimente hatte er angestellt. Nun liegt das Ergebnis vor ihm auf dem Tisch. Aus dem unscheinbaren gelbroten Alizarinpulver hat er jenes winzige Häufchen farbloser Blättchen gewonnen, die im letzten Sonnenstrahl der untergehenden Sonne violett schimmern. Kein Zweifel, das war Anthrazen, ein Bestandteil des Steinkohlenteers. Wenn aber Anthrazen zugleich auch ein Verwandter des Alizarins ist, dann müßte es doch möglich sein...

Der 27jährige Karl Graebe schüttelt mißmutig den Kopf, aber dann greift er den Gedanken, der ihm da so plötzlich gekommen war, wieder auf: ... dann müßte es doch möglich sein, Alizarin aus Steinkohlenteer zu gewinnen! Die Idee schien absurd, aber die Versuchsergebnisse waren eindeutig. Sogleich veröffentlichte Graebe das Ergebnis seiner Arbeit in einer Fachzeitschrift. Der englische Chemiker Perkin las diesen Beitrag und erkannte die neue Möglichkeit der Farbstoffherstellung sofort. Graebe hatte, ohne daß er es ahnte, einen Konkurrenten erhalten. Aber er besaß noch einen kleinen Zeitvorsprung, und bald schon hatte er auch eine für die industrielle Produktion geeignete Arbeitsweise gefunden. In größter Eile meldete er seine Erfindung im Patentamt an. So hoffte er, sein Verfahren vor unbefugter Benutzung schützen zu können. Das war am 25. Juli 1869. Nur einen Tag später, am 26. Juli, lag dieselbe Anmeldung von Perkin vor. Aber damit war der Wettlauf noch immer nicht entschieden. Durch ein Versehen wurde nämlich die später eingegangene Perkinsche Erfindung noch vor der Graebeschen bestätigt. Damit waren Perkin die

Nutzungsrechte für das Verfahren zugesprochen. Aber Perkin war ein ehrlicher Mann. Graebe besuchte ihn in England, und die beiden Forscher einigten sich. Mit der Synthese des Alizarins begann die Zeit der künstlichen Farbstoffe. Früher war es noch so: Um 1 Kilogramm Safrangelb zu erzeugen, mußten einhundertunddreißigtausend Blüten der Safranpflanze verarbeitet werden. Aus einhundertundvierzigtausend Schildlausweibchen erhielt man 1 Kilogramm Karminrot. Wer Purpurrot erzeugen wollte, der mußte zehntausend Purpurschnecken sammeln, nur um 1 Gramm des Farbstoffes zu erhalten. Das Färben eines einzigen Kleides mit Purpurrot kostete 50000 Mark. Heute dagegen werden fast alle Farbstoffe aus Kohlenteer oder Erdöl hergestellt. Auf komplizierte Weise gewinnt man daraus zunächst sechs wichtige Produkte, nämlich das Benzol und seine Verwandten Toluol, Xylol, Kresol, Naphthalin und Anthrazen. Das Benzol ist eine farblose, eigenartig riechende Flüssigkeit, die mit stark rußender Flamme verbrennt. Sie ähnelt entfernt dem reinen Benzin. Auch Toluol, Xylol und Kresol sind Flüssigkeiten. Sie unterscheiden sich nur wenig vom Benzol. Naphthalin und Anthrazen dagegen sind weiße, stark riechende, kleine Kristalle. Mit diesen Stoffen führt man verschiedene chemische Reaktionen durch. Dabei entstehen sogenannte Zwischenprodukte. Sie müssen noch ein weiteres Mal zur Reaktion gebracht werden. Erst dann erhält man die künstlichen Farbstoffe. Man kann sie schnell, billig und in großen Mengen erzeugen. In den chemischen Fabriken der Welt werden heute etwa dreitausend verschiedene Farbstoffe hergestellt, aber nur fünfhundert davon sind von größerer Bedeutung.

Sehr vorteilhaft ist, daß sich aus denselben Zwischen-

produkten nicht nur Farbstoffe, sondern oft auch Arzneimittel und Schädlingsbekämpfungsmittel gewinnen lassen.

## **Eiweiß aus Erdöl und Erdgas?**

Noch vor zwanzig Jahren hätten wohl die meisten Chemiker über eine solche Frage gelacht, und viele Leute lachen heute noch darüber. Und doch vermag die Chemie gemeinsam mit der Biologie auch diese Umwandlung fertigzubringen. Wir haben bereits erfahren, daß mikroskopisch kleine Hefepilze mit dem Namen *Candida* Zucker fressen. Dabei wachsen sie und vermehren sich sehr gut. Ihr Körper besteht zur Hälfte aus Eiweiß. Also können diese kleinen Lebewesen Zucker in Eiweiß umwandeln.

Vor einigen Jahren hat sich nun gezeigt, daß die Hefepilze unter bestimmten Bedingungen auch Dieselöl verdauen können. Dieselöl wird aber aus dem Erdöl gewonnen. Wenn man also die *Candida*-Pilze mit Erdöl füttert, dann fressen sie die hochmolekularen Kohlenwasserstoffe auf. Die kleineren Moleküle des Erdöls bleiben unverdaut zurück. Deshalb kann man mit Hefepilzen nicht nur Eiweiß erzeugen, sondern das Erdöl auch von langkettigen Molekülen befreien. Man spart damit eine chemische Reinigung ein. Das ist aber noch nicht alles. Die Pilzzellen haben einen ungeheuren Appetit! Sie fressen nicht nur Kohlenwasserstoffe und Zucker, sondern auch billigen Methylalkohol und organische Säuren (zum Beispiel Essigsäure, die uns vom Essig her bekannt ist).

Man hat die Hefepilze auch mit Erdgas füttern wollen. Aber siehe da: Die Hefe verdaut zwar mancherlei, aber

doch nicht alles. Erdgas jedenfalls behagt ihr nicht. Das ist deswegen bedauerlich, weil Erdgas in riesigen Mengen vorhanden ist. Aber die Wissenschaftler gaben sich nicht zufrieden. Irgendein Lebewesen mußte doch zu finden sein, das sich mit Erdgas füttern ließ. Und wenn es nicht Hefepilze sind, dann eben vielleicht Bakterien? Vor einigen Jahren erst hat man sie unter Tausenden von Bakterienvölkern endlich herausgefunden, die Erdgasfresser; *Methylococcus*, *Pseudomonas* und noch anders heißen sie. Aus Erdgas machen sie Bakterieneiweiß, das von Rindern und Schweinen gefressen wird.

Aus 100 Tonnen Diesel-Rohöl können 10 Tonnen Hefemasse und 90 Tonnen gereinigtes Öl hergestellt werden. 10 Tonnen Hefemasse entsprechen 5 Tonnen reinem Eiweiß. Dieselbe Hefemenge läßt sich auch aus 100 Kubikmeter Holz oder 30000 Kubikmeter Erdgas gewinnen. Wollte man 5 Tonnen Eiweiß in Form von Milch an einem Tage produzieren, so brauchte man dazu 10000 Kühe. Eine Kuh ist etwa eine halbe Tonne schwer. 10000 Kühe wiegen also 5000 Tonnen. Nähme man aber 5000 Tonnen Hefepilze und fütterte sie mit Zucker oder Öl, so könnte man damit 2500 Tonnen Eiweiß am Tage erzeugen, denn Hefezellen wachsen bis zu zehntausendmal schneller als Rinder.

### **Wer macht die beste künstliche Butter?**

Im Jahre 1970 wurden auf der Erde 40 Millionen Tonnen Fette und Öle erzeugt. Damit hätte man auf der Fläche eines Fußballfeldes einen Turm von 6000 Meter Höhe bauen können. 4800 Meter von diesem Fett- und Ölturm haben die Menschen noch in demselben Jahre

aufgegessen. Die restlichen 1200 Meter Fett wurden in der chemischen Industrie zu allen möglichen Produkten weiterverarbeitet.

Fett und Chemie gehören zusammen. Das wird besonders deutlich am Beispiel der Margarine. In den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts hatte die französische Regierung ziemliche Sorgen mit ihren Soldaten. Nicht genug, daß man die Kerle einkleiden mußte, obendrein wollten sie auch noch essen! Geld aber war knapp in der Staatskasse. Deshalb wurde im ganzen Land ein Aufruf erlassen: „Wer ein billiges Ersatzfett findet, das man anstelle von Butter verwenden kann, der erhält einen Preis!“

Das Problem wurde von einem Chemiker gelöst. Mege-Mouries verknetete den preiswerten Rindertalg mit der billigen Milch und dem noch billigeren Wasser. Diese Masse, behauptete er, sei hervorragend, einmalig, das Beste vom Besten, überhaupt die Perle aller Brotaufstriche. Da er ein gelehrter Mann sein wollte, sagte er nicht einfach Perle, sondern margaron. Das heißt zwar auch bloß Perle, aber es ist Griechisch und klingt viel vornehmer. Seitdem heißt die Margarine Margarine.

Wer aufgepaßt hat, wird bemerkt haben, daß Mege-Mouries seinen Brotaufstrich durch einfaches Zusammenmischen mehrerer Stoffe erhalten hatte. Chemische Reaktionen waren dazu nicht erforderlich. Die Margarine von heute aber ist ein echtes Produkt der Chemie. Neben Milch und Wasser werden Pflanzenfette verwendet. Diese Pflanzenöle, zum Beispiel Sonnenblumenöl oder Leinöl, sind flüssig. Man konnte sie so lange nicht aufs Brot streichen, bis es den Chemikern gelang, sie durch Anlagerung von Wasserstoff in Gegenwart von fein verstäubtem Nickelmetall in feste

Fette umzuwandeln. Seitdem können auch aus Ölen feste Nahrungsfette erzeugt und zu Margarine verarbeitet werden. Dazu vermischt man die Fette mit Lezithin, Vitaminen, Geschmacksstoffen, Salz und dem Farbstoff der Möhren und knetet sie dann mit Milch oder Wasser durch. Danach werden die einzelnen Margarineportionen abgepackt.

In der DDR werden von jedem Bürger jährlich mehr als 32 Kilogramm Nahrungsfette, darunter etwa 14 Kilogramm Butter und 11 Kilogramm Margarine verbraucht.

Bei der Margarine wandeln die Chemiker zwar flüssige, darunter auch minderwertige Öle in gute Nahrungsfette um, aber die Fette sind jedenfalls schon vorher da. Man kann jedoch Fette auch künstlich herstellen. Dazu wird Glyzerin gebraucht. Einen großen Teil davon erzeugt man aus Fetten. Aber es hätte ja keinen Sinn, Glyzerin aus Fetten herzustellen, um es hinterher wieder in Fett umzuwandeln. Deshalb geht man zur Gewinnung von Glyzerin noch einen anderen Weg. Er beginnt beim Erdöl. Unter den Gasen, die beim Cracken entstehen, befindet sich nämlich in großen Mengen der Kohlenwasserstoff Propen. Das ist ein farbloses, geruchloses, geschmackloses und außerdem brennbares Gas. Aus diesem Gas erzeugt man die süße Flüssigkeit Glyzerin. Die außerdem benötigten Fettsäuren erhält man bei der Reaktion von kettenförmigen Kohlenwasserstoffen mit dem Sauerstoff. Schließlich werden Glyzerin und Fettsäuren miteinander vereinigt, und das Fett ist fertig.

Es gibt aber noch eine zweite Möglichkeit, um künstliches Fett zu erzeugen. Bestimmte Hefepilze können nämlich außer Eiweiß auch Fett produzieren. So kann man aus 100 Kilogramm Abfallzucker neben Futterhefe

8 Kilogramm Fett gewinnen. Bevor dieses Verfahren in großen Fabriken durchgeführt werden kann, muß von den Biologen und Chemikern noch eine große Arbeit geleistet werden.

## **Der älteste Chemiker der Welt und die Seife**

Wer lange leben will, so sagt man, der muß sich viel an der frischen Luft bewegen. Die ältesten Menschen unserer Erde leben im Kaukasus. Es sind meist Hirten, und viele von ihnen werden über 100 Jahre alt. Es gab jedoch auch einen Chemiker, der über 100 Jahre alt geworden ist. Das war der Franzose Chevreul. Als junger Wissenschaftler hatte er sich besonders mit dem Handwerk der Seifenmacher beschäftigt. Bis ins 19. Jahrhundert hinein wußte niemand, was bei der Seifenherstellung eigentlich passierte. Erst Chevreul klärte das Geheimnis auf: Damals wie heute braucht man zur Seifengewinnung Fett. Fette sind chemische Verbindungen aus Fettsäuren und Glycerin. Beim Kochen mit Kali- oder Natronlauge werden sie aufgespalten. Die leimige Masse, die dabei entsteht, der Seifenleim, wird mit Kochsalz versetzt und eingedampft. Wenn man das entstehende Glycerin abtrennt, so erhält man Seife. Mit Natronlauge entstehen harte Seifen, wie wir sie zum Gesicht- und Händewaschen benutzen. Kalilauge ergibt weiche Schmierseifen für das Wäschewaschen.

In der Gegenwart brauchen wir die Fette dringender für unsere Ernährung. Deshalb nimmt man zur Seifenherstellung künstliche Fettsäuren. Sie werden einfach mit Natronlauge neutralisiert, und fertig ist die Seife.

Seifensiedekessel



Alle Seifen sind gut in Wasser löslich. Sie schäumen und benetzen unsere Haut oder das Stoffgewebe. Dadurch ziehen sie die Schmutzteilchen an sich und wirken reinigend.

Heute werden in allen Haushalten auch moderne Waschmittel verwendet. Sie enthalten zahlreiche verschiedene Substanzen. Dazu gehören Seife, Bleichmittel und andere Produkte. Am wichtigsten sind aber die Tenside. Sie bestehen aus langen Kettenmolekülen, die an dem einen Ende das Wasser, am anderen Teil jedoch fettige Stoffe anziehen. Die Tensidmoleküle lagern sich mit dem fettfreundlichen Ende an die fettigen Schmutzteilchen an, der wasserfreundliche Teil ragt in die Waschflüssigkeit hinein. Auf diese Weise umgeben sie das Schmutztröpfchen wie die Stacheln den Igel. Jetzt kann der Schmutz vom Waschwasser abgeschwemmt und entfernt werden.

## **Wie man aus Öl oder Kohle Kleidungsstücke herstellt**

Unsere Kleidung besteht aus Fasern. Früher verwendete man dafür nur Wolle, Baumwolle und Seide. Heute leben etwa 4 Milliarden Menschen auf der Erde. Um sie zu kleiden, brauchte man so viele Schafe, daß alle Weiden der Welt nicht dafür ausreichen würden. Man müßte so viel Maulbeersträucher (als Futter für die Seidenraupen) und Baumwollpflanzen anbauen, daß in den warmen Ländern kaum Ackerland zur Erzeugung von Nahrungsmitteln übrigbleiben würde. Wir müßten hungern und könnten uns trotzdem nur mangelhaft kleiden. Aber soweit kam es nicht, denn die Chemiker brachten rechtzeitig Hilfe in der Not. Sie schenken der Welt die Chemiefasern.

Die Familie der Chemiefasern ist schon recht groß geworden, aber einige von ihnen sind wichtiger als alle anderen. Die Textilchemiker nennen sie „die Großen Vier“. Eine von diesen bedeutenden vier Chemiefasern haben wir schon kennengelernt: die Viskosefaser (s. Kap. „Kleidung aus Baumwolle und Holz“). Sie wird aus den kurzen Fäserchen des Holzes gewonnen. Die übrigen drei stammen nicht von Fasern ab, sondern von Kohle, Kalk und Erdöl. Am bekanntesten ist unser Dederon.

## **So entsteht das Dederon**

Natürlich genügt es nicht, Kohle und Kalk einfach zusammenzuwerfen und zu erhitzen, damit daraus Fasern entstehen. Der Vorgang ist komplizierter.

Aus Kohle oder Öl gewinnt man zunächst das vielseitig verwendbare Phenol. Es bildet in reinem Zustand stark riechende Nadeln. Aus Phenol werden unter anderem Riechstoffe, Arzneimittel und verschiedene Kunstharze hergestellt. Vor allem aber wandelt man diese Substanz in einen Stoff um, der beinahe wie Zucker aussieht. Er hat den etwas umständlichen Namen Aminocaprolaktam erhalten. Die Chemiker vom Fach sagen aber bloß Laktam dazu.

Jedes Molekül dieses Stoffes muß man sich als eine Kette mit sieben Gliedern vorstellen. Das erste Glied der Kette ist ein Haken, das letzte ein Ring. Haken und Ring sind miteinander zu einem Gürtel verbunden. Wenn man das Laktam in einem dicht verschlossenen Metallgefäß auf 300 Grad Celsius erhitzt, so öffnet sich der Laktamgürtel. Die frei gewordenen Haken verbinden sich mit den freien Ringen der benachbarten Mole-

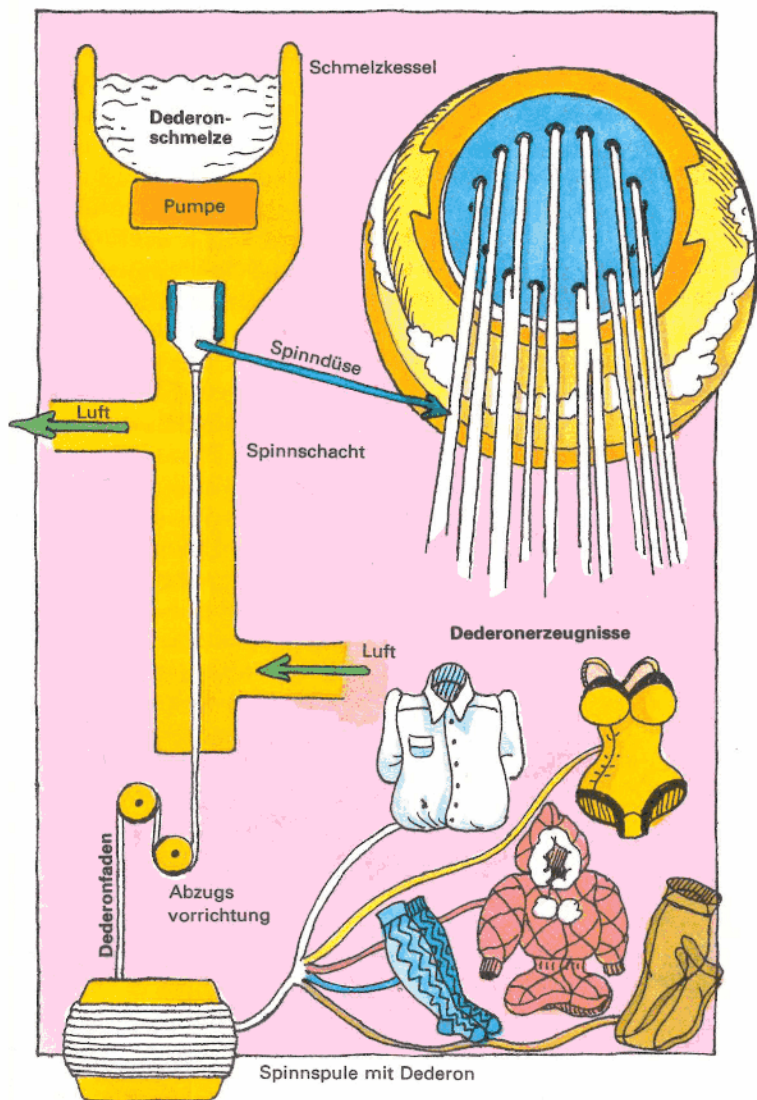
küle, so daß eine überlange Kette entsteht. Eine solche Kette kann tausend oder gar zweitausend Laktammoleküle enthalten. Es ist ein Riesenmolekül entstanden. Dieser Vorgang heißt Polymerisation.

Das polymerisierte Laktam ist ein zäher, durchsichtiger, honigartiger Sirup. Er wird mit Hilfe einer Pumpe durch eine Düse mit vielen Löchern gedrückt. Die Löcher haben nur einen Durchmesser von 0,2 Millimetern. Wenn wir die Gießkanne nehmen und berieseln unsere Gartenbeete mit Wasser, so zerfallen die austretenden Wasserstrahlen in einzelne Tropfen. Der Dederonstrahl aber wird an der Luft fest. Es entsteht ein Faden, der sofort auf eine Spule gewickelt werden kann.

Die so gewonnenen Fäden haben eine merkwürdige Eigenschaft. Man kann sie nämlich auf das Vier- bis Fünffache auseinanderziehen, ohne daß sie etwa wie Gummi wieder zurückfedern würden. Aber das Seltsamste kommt erst noch: Durch die Streckung werden die Fäden zwar etwas dünner, aber schwächer werden sie nicht. Im Gegenteil, die Streckung erhöht sogar ihre Festigkeit!

Schließlich werden die feinen Einzelfäden noch dicht miteinander verdreht, man sagt verzwirnt, und die Dederonseide ist endgültig fertig. Jetzt kann sie in die Textilfabriken gebracht werden. Dort entstehen Damenstrümpfe, Herrensocken, Unterwäsche, Anoraks und Mäntel. Auch Fischnetze, Abschleppseile für Kraftfahrzeuge, Treibriemen und Transportbänder werden daraus gefertigt.

Dederonseide ist leicht, mottensicher und fäulnisbeständig. Der Faden kann mehr als hunderttausend-



mal an derselben Stelle geknickt werden, bevor er bricht. Ein Paar zusammengeknöteter Dederonstrümpfe reicht aus, um ein Auto abzuschleppen!

### **Stoffe, die nicht knittern**

Der Dritte im Bunde der „Großen Vier“ heißt Wolpryla. Es wird oft auch als PAN (sprich Pe-a-enn) bezeichnet. PAN bedeutet Polyacrylnitril. Es entsteht durch Polymerisation von flüssigem Acrylnitril. Um diese Flüssigkeit zu erhalten, muß man das gasförmige Äthin mit Blausäure zur Reaktion bringen. Ebenso wie Äthin ist auch Blausäure ein Gas. Es riecht nach bitteren Mandeln und ist ein starkes Gift. Blausäure und Äthin haben ihren Ursprung in der Kohle oder im Erdöl.

Wolpryla wird bei uns vor allem zu Pullovern und Strickjacken verarbeitet, die nicht nur wärmen, sondern vor allem auch leichter sind als solche aus Wolle.

Diese Eigenschaft zeichnet auch die vierte wichtige Kunstfaser aus, die Polyesterfaser. Auch sie entsteht aus Kohle und Erdöl. Stoffe aus Polyester knittern nicht. Hat man aber eine Polyesterhose erst einmal gebügelt, so dauert es sehr lange, bis die Falte wieder heraus ist. Sogar dem Waschen hält sie stand. Das hängt mit dem chemischen Bau der Polyesterfaser zusammen. Zwar besteht sie wie alle Fasern aus Kettenmolekülen, aber ihre Ketten sind steifer. Dies bewirken sechsgliedrige Kohlenstoffringe, die von den Chemikern in regelmäßigen Abständen in das fadenförmige Riesenmolekül eingebaut worden sind.

## **Überall Plaste!**

Wohin wir auch blicken, überall begegnen uns diese Kunststoffe! Eimer, Teller, Skier, Tische, Stühle, Gartenmöbel, Bootskörper, Dachrinnen, Radiogehäuse, Zahnbürsten, Rohre, Wasserhähne, Tischdecken, Angelruten, Spielzeug – das sind nur einige der bekanntesten Anwendungsmöglichkeiten. Dabei ist die Plastfamilie erst etwas über hundert Jahre alt. Ihre eigentliche Blütezeit beginnt in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts. Im Jahre 1900 wurden auf der ganzen Welt nur 20 000 Tonnen Plaste hergestellt. 1970 aber verließen schon 38 Millionen Tonnen Plaste die Chemiefabriken. Das war fast 2000mal soviel wie im Jahre 1900. Damit hätte man eine 100 Zentimeter dicke Plasteschlange einmal um die ganze Erdkugel herumlegen können. Manche Wissenschaftler nehmen an, daß die jährliche Plastproduktion etwa um 1990 bis auf über 100 Millionen Tonnen gestiegen sein wird!

Plaste sind fünf- bis zehnmal leichter als Stahl und Buntmetalle. Sie rosten nicht, und sie isolieren gegen Wärme, Schall und gegen den elektrischen Strom. Plaste lassen sich leicht zu beliebig geformten Gegenständen verarbeiten. Will man zum Beispiel eine Türklinke aus Holz oder aus Eisen herstellen, so muß man schneiden, gießen, feilen und polieren, bis das Werkstück die gewünschte Gestalt hat. Plastpulver dagegen wird einfach in eine Form gegossen, bei erhöhten Temperaturen gepreßt, und fertig ist die Klinke. Jedes Stück hat dieselben Abmessungen. In der gleichen Zeit, in der aus dem alten Werkstoff eine Türklinke hergestellt wurde, können jetzt vielleicht einhundert oder mehr gefertigt werden.

Viele Bedürfnisse der Menschen lassen sich mit Kunststoffen besser befriedigen als mit anderen Materialien.

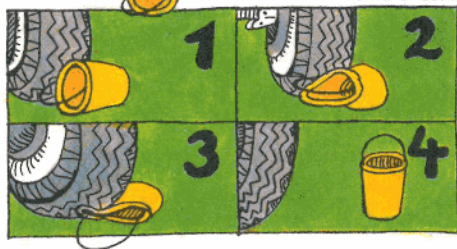
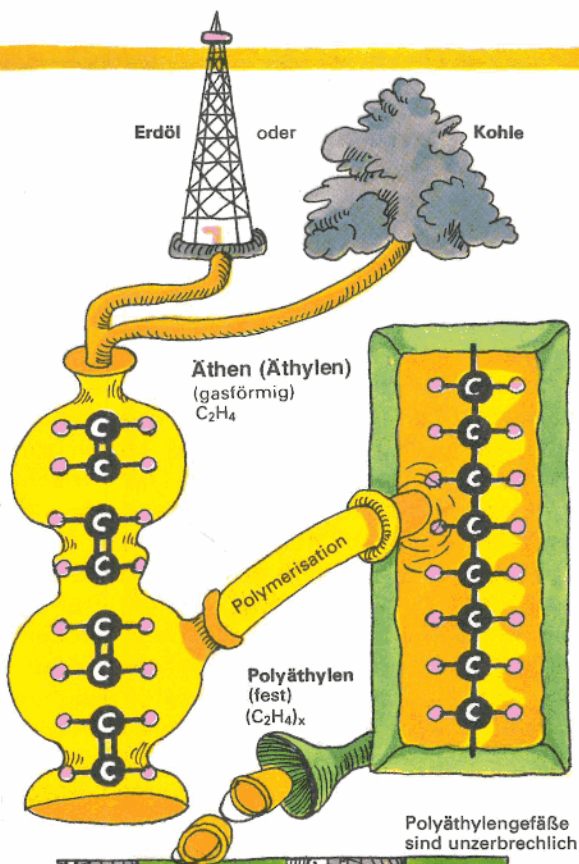
## **Wir lernen einige Plastwerkstoffe kennen**

Wer schon einmal eine rotbraune Dachrinne oder einen gummiartigen Fußbodenbelag gesehen hat, der hat auch schon die Bekanntschaft mit dem billigsten und häufigsten aller Plaste, mit dem PVC, gemacht. Hinter diesen drei Buchstaben verbirgt sich die Abkürzung für den Namen Polyvinylchlorid. Der Stoff ist auch als Igelit und Vinidur bekannt.

Die Bezeichnung Polyvinylchlorid sagt aus, daß dieser Stoff durch Polymerisation von Vinylchlorid entstanden ist. Vinylchlorid ist das Produkt aus der Vereinigung der Gase Äthin und Chlorwasserstoff. Leitet man Chlorwasserstoffgas in Wasser ein, so erhält man die bekannte Salzsäure. Die Polymerisation des gasförmigen Vinylchlorids führt zu einem weißen Pulver, dem PVC. Dieses Pulver wird in eine Form geschüttet, dann auf 140 Grad Celsius erwärmt und zusammengedrückt. So entstehen Dachrinnen, Lampenschirme, Wasserleitungsrohre, aber auch Platten und Behälter für die chemische Industrie, denn PVC ist gegen alle möglichen Chemikalien äußerst beständig.

PVC-Gegenstände sind besonders in der Kälte ziemlich spröde. Ein Regenrohr zum Beispiel geht im Winter schon bei einem schwachen Schlag entzwei. Trotzdem kann man aus diesem Material sogar Folien herstellen.

Aus Erdöl oder Kohle entsteht gasförmiges Äthen, das zu widerstandsfähigen Gebrauchsartikeln verarbeitet wird



Aber Folien müssen biegsam und weich sein. Deshalb verrührt man das PVC-Pulver vor seiner Verarbeitung mit Weichmachern. Dazu kommen noch Farbstoffe. Aus dieser Mischung können Fußbodenbeläge, Folien, Tischdecken und Regenmäntel hergestellt werden. Auch das Kunstleder für die Sitze in den Eisenbahnwagen sowie für Hand- und Aktentaschen wird daraus gemacht.

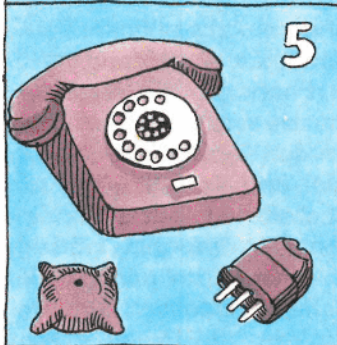
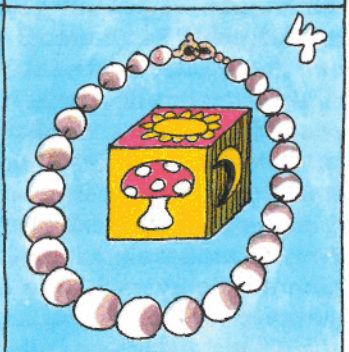
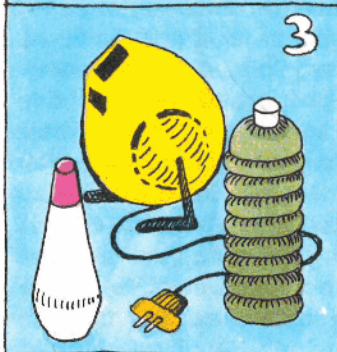
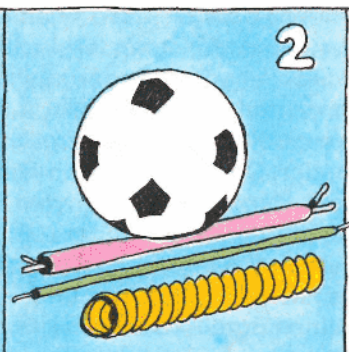
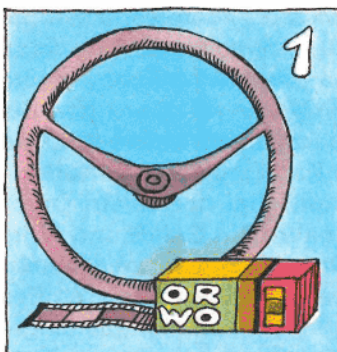
In den Gärtnereien verwendet man für Gewächshäuser oft nicht mehr Glas, sondern durchscheinende PVC-Folien. Derartige Folien gibt es auch aus dem Werkstoff Polyäthylen. Äußerlich sind sie nicht voneinander zu unterscheiden. Aber es gibt eine Möglichkeit, den Unterschied herauszubekommen. Dazu machen wir den folgenden Versuch. Er ist sehr einfach:

Wir erhitzen ein Stück Kupferdraht in der Gasflamme und drücken das heiße Ende des Drahtstückes in die Folie. Dabei schmilzt sie. Ein winziger Teil der Folie bleibt am Draht haften. Nun halten wir den Draht wieder in die Flamme. Jetzt färbt sie sich schön grün, wenn die Folie aus PVC bestand. Mit Polyäthylenfolie dagegen bleibt die Flamme farblos oder schwach gelb. Diesen Versuch stellte vor etwa hundert Jahren zum ersten Male der Wissenschaftler Beilstein an. Deshalb sagen die Chemiker: „Ich mache eine Beilsteinprobe.“ Sie gelingt immer, wenn die betreffende Verbindung chlorhaltig ist.

Das Ergebnis unseres Versuches zeigt uns, daß das PVC Chlor enthält, Polyäthylen aber nicht. Der Name sagt schon, daß Polyäthylen durch Polymerisation von

Gegenstände aus Kunststoffen

1 Zelluloseazetat, 2 Polyvinylchlorid (PVC), 3 Polyäthylen, 4 Polystyrol, 5 Phenolharze, 6 Harnstoffharze



Äthylen entsteht. Äthylen wird oft auch als Äthen bezeichnet. Es ist ein farb- und geruchloses Gas, das man direkt aus Erdöl oder aus Äthin gewinnt. Zuerst stellte man nur eine weiche Abart des Polyäthylens her. Sie entsteht bei sehr hohem Druck. Das war aufwendig und teuer. Da fand der Chemiker Karl Ziegler ein Verfahren, mit dem das Polyäthylen auch bei normalem Druck erzeugt werden konnte. Er nahm ein Gefäß und füllte es zur Hälfte mit Benzin, dem er winzige Spuren eines ganz bestimmten, reaktionsfördernden Stoffes hinzufügte. Nun wurde langsam das Äthengas eingeleitet und alles gut umgerührt. Der Beobachter sah zunächst nichts Besonderes. Aber dann stieg plötzlich die Temperatur: 30 – 50 – 70 Grad Celsius wurden gemessen! Jetzt mußte unbedingt gekühlt werden, denn schon fielen weiße Flocken aus. Das war Niederdruckpolyäthylen! Es ist fester und härter als sein bei hohem Druck gewonnener Bruder. Deshalb stellt man Rohre, Behälter und unzerbrechliche Flaschen daraus her. Weit verbreitet sind auch Gegenstände aus Polystyrol. Käämme, Reißverschlüsse und die bunten Verkleidungen der Hecklichter an allen Kraftfahrzeugen bestehen aus diesem Material.

Einen Kunststoff von ganz anderer Art stellte der flämische Chemiker Baekeland her. Schon am Anfang dieses Jahrhunderts gelang es ihm, Phenol und Formaldehyd zu einem braunen Kunstharz zu verbinden. Die beiden Ausgangsstoffe entstammen der Kohle. Jetzt gewinnt man Phenol auch aus Erdöl und Formaldehyd aus Erdgas. Das Phenol ist uns bereits bekannt. Aber viele kennen auch den Formaldehyd. Er kommt als wäßrige Lösung unter dem Namen Formalin in den Handel. Formaldehyd vernichtet Kleinstlebewesen, zum Beispiel Bakterien. Deshalb benutzt man ihn als Desin-

fektionsmittel. Viele Phenol- und Formaldehydmoleküle vereinigen sich miteinander zum Phenol-Formaldehyd-Harz. Man gewinnt daraus den schon erwähnten Spanplattenklebstoff. Außerdem bestehen auch alle dunklen Steckdosen und Telefonapparate aus diesem Kunstharz.

## **Besuch in der Karbidfabrik**

Wir haben uns vor dem breiten Tor des Chemiekombinates versammelt. Erwartungsfroh folgen wir unserem Begleiter durch die langen Straßen des Werkgeländes. Links und rechts und sogar über unseren Köpfen ziehen sich kilometerlange Rohrleitungen entlang. Endlich sind wir am Ziel. Am Fuße eines kirchturmhohen Schornsteins liegt die Karbidfabrik. Hier wird aus Kohle und Kalk jener übelriechende graubraune Stoff produziert, von dem die Fachleute behaupten, daß er der Schlüssel für Werkstoffe, Kleidung und viele andere nützliche Dinge sei.

Wir treten in eine staubige Halle. Hier stehen die Karbidöfen. Im Erdgeschoß sieht man nur ihren Fuß. Der Kopf ragt bis in das oberste Stockwerk hinein. Ein kreischender Aufzug bringt ein Gemisch von Kalk und Kohle hinauf. Damit werden die Öfen gefüllt. In ihrem Inneren herrscht eine Temperatur von 2500 bis 3000 Grad Celsius. Hier lodert ein wahres Höllenfeuer. Es wird benötigt, um den Kalk mit der Kohle zum Kalziumkarbid zusammenzuzwingen. Das neue Material hat die chemische Formel  $\text{CaC}_2$ .

Inzwischen bereiten sich die Kumpel auf einen Abstich vor. Jetzt ist es soweit. Ein gelb und rot glühender Strom von flüssigem Karbid schießt wie Lava aus dem

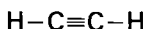
Abstichloch hervor und verbreitet eine unerträgliche Hitze. Erst nachdem er sich in der langen Kühltrommel auf 500 Grad Celsius abgekühlt hat, wird er fest. Schließlich wird das harte Karbid unter ohrenbetäubendem Lärm gebrochen und zu grauem Staub zermahlen.

Unter allen Erzeugnissen der chemischen Industrie verbraucht das Karbid bei seiner Entstehung die meiste elektrische Energie. Für jede einzelne Tonne werden 3500 Kilowattstunden benötigt. Mit dieser Energiemenge könnte man alle Wohnungen einer kleinen Stadt eine ganze Nacht hindurch hell erleuchten.

Wirft man etwas Kalziumkarbid ins Wasser, so entwickelt sich ein unangenehm riechendes Gas. Es ist das Äthin. In reinem Zustand ist es farblos und geruchlos. Im Gemisch mit Luft explodiert es, sobald ein Funke hinzutritt. Trotzdem wurde es in früheren Jahren sogar zur Fahrradbeleuchtung benutzt.

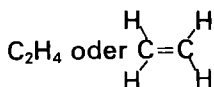
Äthin ist ein Kohlenwasserstoff. Seine Moleküle bestehen aus zwei Kohlenstoff- und zwei Wasserstoffatomen. Es hat also die Formel  $C_2H_2$ .

Die Atome sind in der folgenden Weise miteinander verbunden:



Alle Verbindungen, in denen zwei Kohlenstoffatome durch zwei oder drei Bindungen miteinander verknüpft sind, heißen ungesättigt. Sie sind besonders reaktionsfreudig.

Ein naher Verwandter des Äthins ist das schon erwähnte Äthen. Es hat die chemische Formel



In der Zukunft wird man durch Spaltvorgänge, die dem Crackprozeß ähnlich sind, immer mehr ungesättigte gasförmige Stoffe wie Äthen, Propen und Buten aus Erdöl erzeugen. Diese leichtflüchtigen Substanzen bezeichnet man als Petrolchemikalien. Wer nicht genug Erdöl hat, muß sie aus dem teuren Äthin herstellen. Auf den beiden gasförmigen Kohlenwasserstoffen Äthin und Äthen beruht die gesamte Kunststoffchemie.

### **Kohle und Kalk – verwandelt in Gummi**

Da schmunzelte der Wirtschaftsminister. In seinem Haus gaben sich Kaufleute aus aller Herren Ländern die Türklinke in die Hand. Sie alle kamen, um jenen merkwürdigen Baumsaft zu kaufen, den die Indianer caa-o-chu, das heißt „tränenendes Holz“, nennen. Nur mit Mühe konnten die Ausländer dieses schwere Wort richtig aussprechen. Aber wozu auch sollten sie sich damit abplagen? Schon seit Jahren sagten sie einfach Kautschuk anstatt caa-o-chu, und die Eingeborenen verstanden sie trotzdem.

Nur hier in Brasilien wuchs jener merkwürdige Baum, der den milchigen Kautschuksaft lieferte, sonst nirgendwo auf der Welt. Im Jahre 1867 war der Ertrag besonders hoch. So hatten sie gut lachen, die reichen Grundbesitzer und Kaufleute. Wenn sie aber in das Gepäck jenes unbekannten Engländers hätten schauen können, der um die gleiche Zeit mit einem altmodischen Dampfer der britischen Schifffahrtsgesellschaft mitten auf dem Ozean schwamm, dann wäre ihnen das Lachen vergangen. Mister Henry Wickham hatte gefährliche Abenteuer bestanden – aber jetzt war er

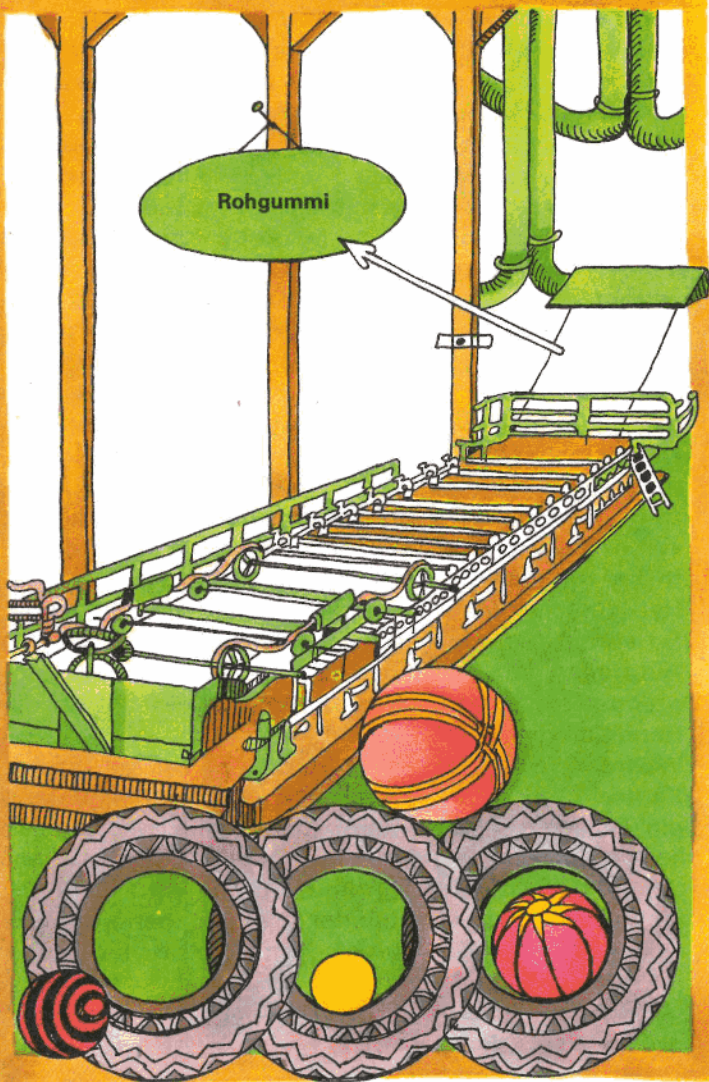
fast schon am Ziel. In seinem Gepäck befand sich ein Schatz, der nicht mit Gold aufzuwiegen war: Hunderte von Samen und Stecklingen des Kautschukbaumes. Wäre er mit dieser Fracht von der brasilianischen Polizei erwischt worden, so hätte man ihn unverzüglich gehängt. Nun aber hatte er es beinahe geschafft. In wenigen Jahren schon würden in Indien und in anderen tropischen Ländern riesige Kautschukplantagen entstehen.

Die Engländer, die diese Länder unterdrückten, hatten nun ihren eigenen Kautschuk. Je mehr sie daran verdienten, desto elender erging es den einheimischen Arbeitern auf den großen Plantagen. Sie wurden erbarmungslos ausgebeutet.

Roher Kautschuk ist in der Wärme klebrig, in der Kälte spröde und deshalb nur wenig elastisch. Er löst sich in Benzin und Öl. Wenn man ihn aber mit feingemahlenem gelbem Schwefel durchknetet, wenn man ihn „vulkanisiert“, dann verschwinden alle diese unangenehmen Eigenschaften. Er wird fester und viel elastischer. Der Kautschuk verwandelt sich in Gummi, den wir alle kennen.

Der Bedarf an Naturkautschuk stieg immer schneller. Die Erträge der Plantagen in Ostasien und der Urwälder in Brasilien reichten schon bald nicht mehr aus. Deutschland und Rußland besaßen keine Kautschukplantagen. Sie waren auf die Engländer angewiesen, die damals mit ihren Schiffen die Weltmeere beherrschten. Während des ersten Weltkrieges sperrten die Engländer den Kautschuktransport nach Mitteleuropa voll-

Gummimaschine. Der Rohstoff für unsere Autoreifen ist zuerst weiß wie Schnee, später wird Ruß zugesetzt



ständig. Deshalb mußte man im damaligen Deutschland viele Lastkraftwagen auf Stahlreifen laufen lassen. Man kann sich vorstellen, was das für ein Gerumpel und Geholper gewesen sein mag! Da konnte nur eines helfen: Der Kautschuk mußte in chemischen Fabriken hergestellt werden. Dieser abenteuerliche Plan gelang. Zwar gab es viele Hindernisse zu überwinden, aber im Jahre 1935 konnte die erste große Kautschukfabrik der Welt, das Bunawerk in Schkopau bei Halle, errichtet werden. Seit der Befreiung durch die Sowjetarmee im Jahre 1945 gehört dieser Betrieb unserem Volke, und seine Erzeugnisse kommen uns allen zugute.

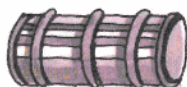
Der Name Buna ist eine Abkürzung für **Butadien-Natrium**. Butadien ist ein gasförmiger ungesättigter Kohlenwasserstoff, der entweder aus Kalk und Kohle über Äthin oder aus Erdöl gewonnen werden kann. Durch Vereinigung vieler Butadienmoleküle erhält man synthetischen Kautschuk. Das Natriummetall diente früher zur Beschleunigung der Reaktion.

Heute mischt man das Butadien oft noch mit Styrol. So erhält man einen besonders guten Kautschuk für Autoreifen. Aus 1 Tonne Karbid lassen sich 140 Kilogramm Bunakautschuk gewinnen. Das reicht für die Herstellung von etwa 50 Autoreifen!

Während die Plantagen immer nur eine einzige Kautschuksorte erzeugen, kann die Chemieindustrie ein Dutzend verschiedener Kautschuktypen zugleich liefern. Jede Sorte hat ihre besonderen Eigenschaften. Das ist auch notwendig, denn Gummi wird für Autoreifen und Transportbänder ebenso benötigt wie zum Auskleiden von chemischen Apparaten und zum Isolieren.

Was ist besser, Kohle oder Erdöl?

1000 t Erdöl

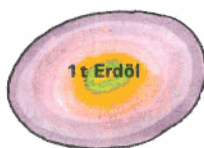
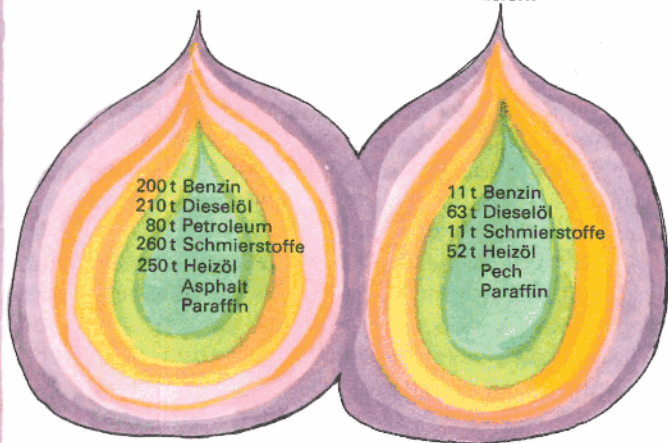


liefern

1000 t Briketts

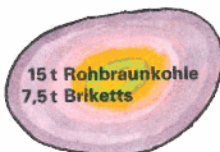


liefern



1 t Erdöl

entspricht



15 t Rohbraunkohle  
7,5 t Briketts

Chemische Zwischenstationen auf dem Weg zum Gummi



Über drei Viertel aller in der Welt hergestellten Schuhe werden mit Gummi besohlt, und mehr als die Hälfte von diesem Gummi besteht aus synthetischem Kautschuk. Auf einer Ledersohle kann man ungefähr 800 Kilometer laufen. Eine Gummisohle hält dagegen über 2000 Kilometer, und auf einer gummiartigen Plastsohle kann man sogar 3000 Kilometer zurücklegen.

Gummiartige Plaste stellt man aus Polyäthylen oder Polyurethan durch eine zusätzliche chemische Behandlung her. Derartige Kunststoffe lassen sich auch für Dichtungen, Schläuche und Kabelisolierungen verwenden. Polyurethane eignen sich besonders gut zur Erzeugung von Schaumgummi für Polstermöbel und Autositze.

Jeder weiß, daß die Chemiker für ihre Stoffe oft sehr komplizierte Bezeichnungen wählen. Aber für die elastischen Stoffe wurde nicht nur ein sehr leichter, sondern auch ein passender Name gefunden. Man nennt sie nämlich einfach Elastel

### **Ohne Wasser, merkt euch das, wäre die Welt ein leeres Faß!**

Mehr als drei Viertel der Erdoberfläche sind von Meeren, Seen, Flüssen und Eis bedeckt. Auf unserem Planeten gibt es 1370 Millionen Kubikkilometer Wasser. Würde man diese Wassermenge gleichmäßig um unsere Erdkugel verteilen, so erhielte sie einen Wassermantel, der 2600 Meter dick wäre. Trotzdem ist in vielen Ländern das Wasser knapp! Aber dafür gibt es Gründe. Die beiden wichtigsten wollen wir nennen: Das Wasser ist auf der Erde sehr ungleichmäßig ver-

teilt. Manche Gebiete ertrinken förmlich, an anderen Orten dagegen gibt es wasserlose Wüsten. Zum zweiten sind große Wassermengen stark verunreinigt. Nehmen wir nur das Meerwasser. Das in ihm enthaltene Salz macht es für Tiere und Pflanzen ungenießbar. In der Industrie würde das Salzwasser bald alle Apparate zerstören. Unsere Flüsse enthalten zwar nicht soviel Salz, aber sie sind dafür um so stärker durch Abwässer aus der Industrie, den Haushalten und auch aus der Landwirtschaft verunreinigt. Die Zeiten, als das saubere Grund- und Quellwasser den Bedarf der Menschen befriedigen konnte, sind längst vorbei. Es reicht heute nicht einmal mehr, um daraus unser Trinkwasser zu gewinnen. Deshalb muß jetzt überall das Oberflächenwasser mitverwendet werden – aber das ist schmutzig oder versalzen. Was soll man da machen? Jeder kann es erraten, obwohl es merkwürdig ist:

### **Das Wasser muß gewaschen werden!**

Die Reinigung des Wassers beginnt damit, daß die festen Schmutzteilchen abfiltriert werden. Danach zerstört man die gelösten organischen Stoffe und alle Krankheitskeime. Diese wichtige Aufgabe übernimmt das Chlorgas. Man bläst es einfach in das Wasser hinein. Dabei löst es sich und tötet die Mikroorganismen ab. Nach dieser Behandlung kann das Wasser genutzt werden. Zwar schmeckt es jetzt nicht mehr so gut wie frisches Quellwasser, aber es ist genießbar, und wir müssen nicht befürchten, davon krank zu werden.

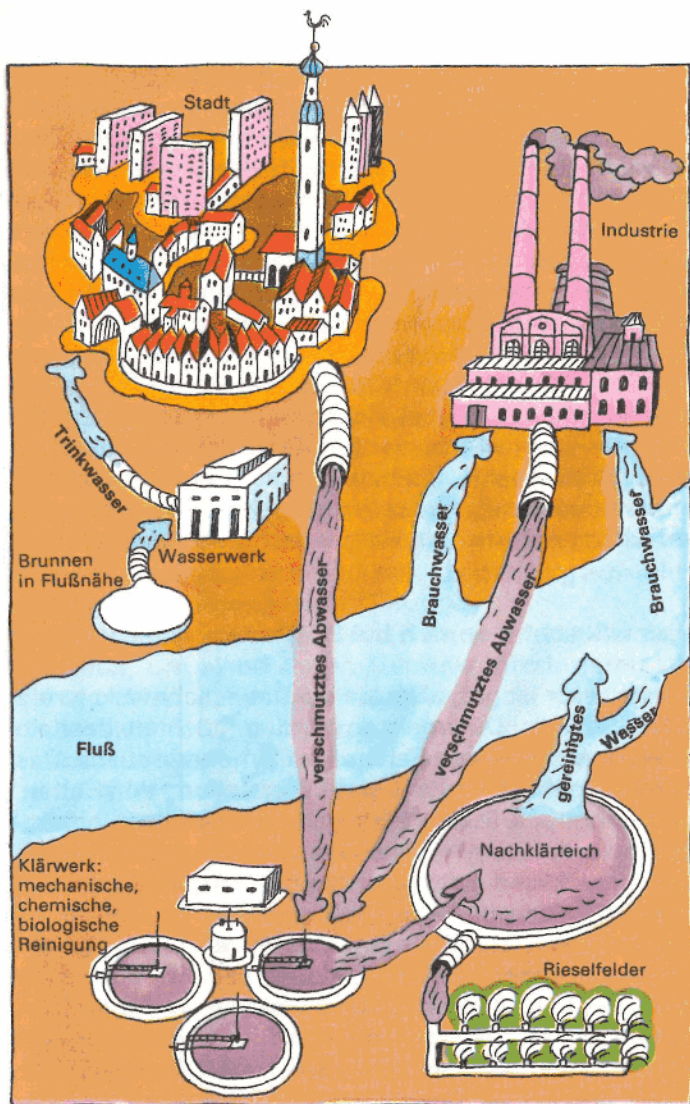
In einigen Ländern bemüht man sich um die Entsal-

zung des reichlich vorhandenen Meerwassers. Man kann es zum Beispiel verdampfen. Dabei bleiben die Salze zurück. Wenn man den Dampf wieder abkühlt, entsteht sauberes Wasser.

Für die Industrie ist sogar der geringe Salzgehalt im Süßwasser der Flüsse und Seen noch zu hoch. Die Salze der Metalle Kalzium und Magnesium bilden nämlich beim Kochen des Wassers eine harte Kruste auf der Innenwand der Gefäße. Diesen Kesselstein kann man an jedem häufig benutzten Kochtopf sehen. Er leitet die Wärme schlecht. Um das Wasser in einem solchen Gefäß zum Kochen zu bringen, braucht man viel mehr Energie als in einem Behälter ohne Kesselstein. Ein Dampfkessel, zum Beispiel in einem Kraftwerk oder in einer Dampflokomotive, kann sogar explodieren, wenn sich zuviel Kesselstein in seinem Innern abgesetzt hat. Deshalb müssen diese Salze entfernt werden. Dazu wird dem Wasser gelöschter Kalk und Soda zugesetzt. Die Kesselsteinbildner fallen jetzt als unlöslicher Niederschlag aus. Nun kann das enthärtete Wasser verwendet werden.

Das in den Haushalten verbrauchte und verschmutzte Wasser fließt durch ein weitverzweigtes, unter der Erde liegendes Rohrsystem zur Kläranlage. Dort wird es von den groben Verunreinigungen befreit. Danach leitet man das Wasser wieder in die Flüsse. Hier werden die restlichen Schmutzstoffe unter der Mitwirkung zahlreicher Kleinstlebewesen und Sauerstoff zerstört. Das Wasser reinigt sich sozusagen selbst.

In den großen Industriegebieten und Städten entsteht besonders viel Abwasser. Es wird oft direkt in die Flüsse geleitet. Dadurch verschmutzt das Wasser so stark,



daß die Selbstreinigung sehr lange dauert. Noch bevor alle Schadstoffe zerstört worden sind, muß es schon wieder von den Menschen entnommen und im Wasserwerk gereinigt werden. Dann wird es erneut als Trinkwasser oder als Industrierwasser verwendet. Auf diese Weise benutzt man im Ruhrgebiet das Wasser achtmal hintereinander. Erst dann fließt es weiter stromab in die Nordsee. In unserer Republik wird das Wasser in einem trockenen Sommer im Durchschnitt dreimal genutzt. In zwanzig Jahren aber werden wir das mit Flüssen und Niederschlägen einströmende Wasser sogar fünf- bis siebenmal verwenden, bevor es unser Land wieder verläßt. Ein solcher Zustand ist nicht befriedigend. Deshalb gilt es, überall sorgfältig und sparsam mit Wasser umzugehen. Es darf weder verschwendet noch unnötig verschmutzt werden.

### **Was wünscht man sich bei 30 Grad im Schatten?**

Trinkwasser ist gut, aber auf die Dauer schmeckt es ein bißchen fade. Die meisten Kinder möchten deshalb ihren Durst lieber mit Selters und Limonade stillen. Das Kohlendioxid, das man bei der Herstellung von Selters und Limonade in das kühl gehaltene Wasser hinein-geblasen hat, hinterläßt einen angenehm säuerlichen Geschmack und ruft die prickelnde Frische dieser Getränke hervor.

Kohlendioxid könnte man durch Verbrennung von Kohle gewinnen. Das wäre zwar einfach, aber man kann es noch bequemer und vor allem sauberer erhalten. Bei der Herstellung von Bier fällt es nämlich als Nebenprodukt an. Deshalb verarbeitet man es gleich an Ort und Stelle. Limonade enthält außer Koh-

lendioxid noch Fruchtsaft oder einen chemischen Stoff mit Fruchtgeschmack.

Viele Erwachsene trinken lieber Bier und zu besonderen Anlässen Wein, Likör, Wodka oder Weinbrand. Alle diese Getränke enthalten Äthylalkohol ( $C_2H_5OH$ ), den man aus Traubenzucker, einem süß schmeckenden weißen Pulver, erzeugt. Alkohol ist eine farblose, eigenartig riechende Flüssigkeit. Er schmeckt brennend scharf. Als Spiritus oder Weingeist dient er zur Herstellung vieler wichtiger Chemikalien.

Bei der Umwandlung von Traubenzucker in Alkohol läßt man sich von kleinen Lebewesen helfen, die nur ein hundertstel Millimeter groß sind. Es sind Hefepilze ähnlich denjenigen, die wir bei der Eiweißerzeugung kennengelernt haben. Sie verdauen den Traubenzucker und gewinnen dabei Energie, mit der sie ihre Lebensprozesse aufrechterhalten. Gleichzeitig entsteht Alkohol. Der Vorgang heißt Gärung.

Natürlich muß man nicht erst reinen Traubenzucker herstellen, um alkoholische Getränke produzieren zu können. Man kann die Hefepilze auch mit Weintraubensaft füttern. Darin befindet sich ebenfalls Traubenzucker. Auf diese Weise entstehen alle echten Weine. Aber auch andere Fruchtsäfte, zum Beispiel von Äpfeln und Johannisbeeren, lassen sich vergären. Viele Kleingärtner machen das, und sie freuen sich, wenn sie einen wohlschmeckenden Hauswein erhalten.

Die für die Herstellung von gewöhnlichem Spiritus erforderlichen Zuckerlösungen erhält man aus stärkehaltigen Stoffen, zum Beispiel aus Kartoffeln und Getreide. 100 Kilogramm Kartoffeln liefern 10 bis 14 Liter Alkohol.

Mit Hilfe der Gärung von wäßrigen Zuckerlösungen wird heute noch der meiste Alkohol gewonnen. Eine

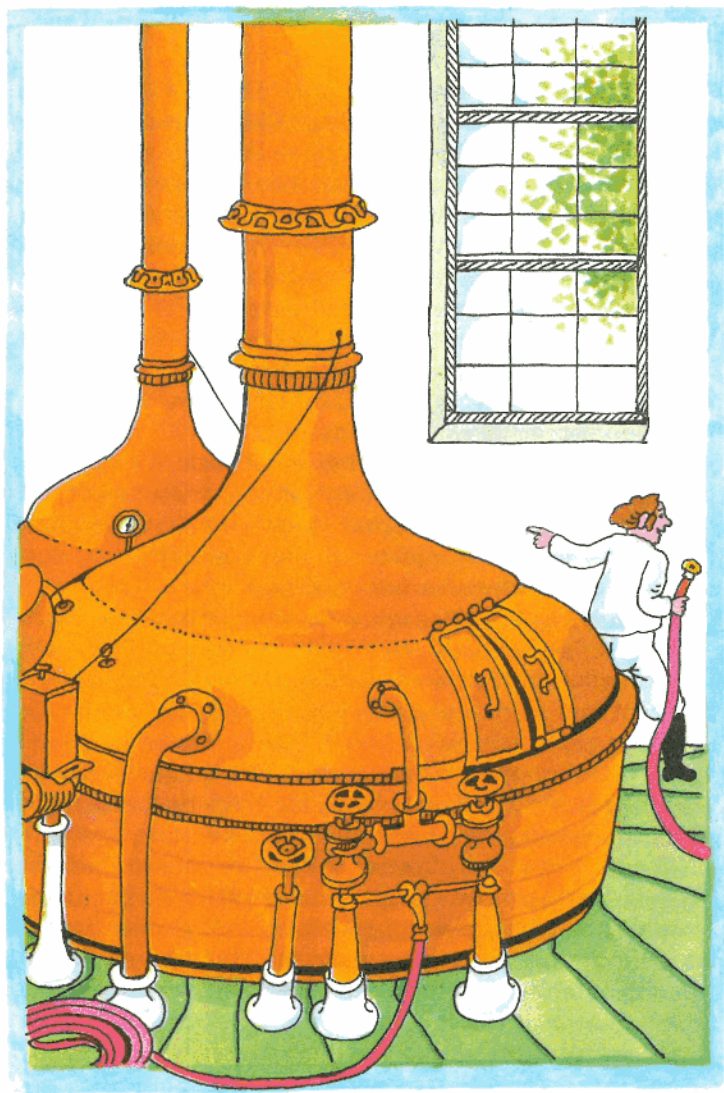
bestimmte Menge stellt man aber auch aus Äthin oder Äthen und damit aus Kohle oder Erdöl her.

## **So gewinnt man Bier**

Der größte Teil des Bieres besteht natürlich aus Wasser. Zur Herstellung von Bier kann man aber nicht jedes beliebige Wasser nehmen. Es muß vielmehr eine ganz bestimmte Qualität haben. Solches Wasser gibt es nicht überall. Die berühmtesten Brauereien stehen deshalb an Orten mit sehr gutem Wasser.

Außer dem Wasser benötigt der Brauer noch die Körner der Gerste. Diese werden zunächst eingeweicht und dann eine bestimmte Zeit gelagert. Wie jedes Getreide enthält die Gerste viel Stärke. Diese Stärke wandelt sich bei der Lagerung in Traubenzucker um. Die so behandelte Gerste heißt Malz. Das Malz wird in großen Kesseln mit Hopfenblüten und Wasser gekocht. Dadurch erhält das Bier seinen leicht bitteren Geschmack. In der entstehenden Würze befindet sich auch der Traubenzucker der Gerste, denn er ist wasserlöslich. Der Würze setzt man Bierhefe zu, und die Gärung beginnt. Sie dauert bis zu zehn Tagen. Danach muß das Bier noch einige Wochen in riesigen Fässern bei einer Temperatur um 0 Grad Celsius lagern. In dieser Zeit reichert es sich mit Kohlendioxid an. Es klärt sich und gewinnt seinen endgültigen Geschmack. Nun kann es in kleinere Fässer oder Flaschen abgefüllt und auf die Reise geschickt werden.

Hier wird Bier hergestellt: In dem großen Kupferkessel entsteht aus Gerstenmalz und Hopfen eine Würze, die später mit Hefe zu Bier vergoren wird



## **Wer hat den größten Durst?**

In unserer Republik werden Jahr für Jahr 6,5 Milliarden Kubikmeter Wasser benötigt. Das Centrum-Warenhaus in Berlin ist 34 Meter hoch, 80 Meter breit und 80 Meter tief. Es hat also einen Rauminhalt von ungefähr 218 000 Kubikmetern. Könnten wir das Warenhaus wie ein Gefäß mit Wasser füllen, brauchten wir dreißigtausend solcher Behälter voll Wasser im Jahr. Würde man sie alle nebeneinanderstellen, so entstünde eine Kette, die von Berlin bis nach Moskau reichen würde. In zwanzig Jahren müßte diese Kette sogar zweimal so lang sein, denn bis dahin wird sich unser Wasserverbrauch verdoppeln.

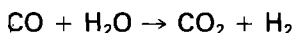
Nur ein Fünftel dieser ungeheuren Wassermenge verbrauchen die Menschen zum Kochen, Waschen, Trinken und in der Landwirtschaft. Vier Fünftel benötigt die Industrie. Davon wieder wird fast die Hälfte für den Betrieb der Kraftwerke bereitgestellt.

Der zweite große Wasserverbraucher nach der Energiewirtschaft ist die chemische Industrie. Etwa ein Viertel allen Industriewassers wird von ihr verwendet. Es gibt fast keinen chemischen Prozeß, bei dem kein Wasser gebraucht wird. Um 1 Tonne Papier zu erzeugen, benötigt man zum Beispiel 400 Kubikmeter, für 1 Tonne Stahl 250 Kubikmeter, für 1 Tonne Kunstseide 500 Kubikmeter, für 1 Tonne Benzin 100 Liter und für 1 Tonne Koks 18 Kubikmeter Wasser. In allen diesen Fällen dient es meist nur zum Kühlen oder als Lösungsmittel. Aber die chemische Industrie nutzt das Wasser auch immer mehr als Rohmaterial. Das hängt mit der wachsenden Bedeutung des Wasserstoffes zusammen.

## Klein, aber oho!

In einem einzigen Körnchen Zucker sind sechsmillionenmal soviel Zuckermoleküle enthalten, wie auf der Erde Menschen leben! Ein aus zwei Atomen bestehendes Wasserstoffmolekül ist aber noch viel kleiner als ein Zuckermolekül. Der Wasserstoff ist von allen Elementen das leichteste. Er wurde vor über 200 Jahren von dem Engländer Cavendish entdeckt, als er auf ein paar Eisennägel Schwefelsäure einwirken ließ.

Heute wissen wir, daß der Wasserstoff das häufigste Element im Weltraum ist. Besondere Bedeutung hat er als Hauptbestandteil der Sterne, also auch der Sonne. Auf der Erde dagegen macht er nur etwa ein Hundertstel aller Elemente aus. Aber schon allein deshalb, weil er mit dem Sauerstoff das Wasser bildet, gehört er zu den wichtigsten Elementen. Und aus dem Wasser gewinnt man ihn auch. Für diesen Vorgang wird sehr viel Energie benötigt. Wollte man elektrische Energie dazu verwenden, so wäre das entschieden zu teuer. Deshalb bringt man den Wasserdampf mit Kohlenmonoxid (CO) zur Reaktion:



Dabei entsteht ein Gemisch aus Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Wasserstoff (H<sub>2</sub>), das sogenannte Wassergas. Das Kohlendioxid wird mit Kalkwasser herausgewaschen. So bleibt reiner Wasserstoff übrig. Er wird für den Versand in rote Stahlflaschen oder in größere Spezialbehälter gedrückt. Im Jahre 1970 wurden auf der Welt jeden Tag 340 Millionen Kubikmeter Wasserstoff erzeugt. Das ist mehr als tausendfünfhundertundsechzig Berliner Centrum-Warenhäuser fassen könnten.

Riesige Wasserstoffmengen braucht man für die Am-

moniakssynthese, für die Fetthärtung, zur Herstellung von Methylalkohol und für andere „Hydrierungen“. Manchmal wird der Wasserstoff auch als Reduktionsmittel zur Gewinnung von Metallen eingesetzt. Er übernimmt dabei dieselbe Aufgabe wie der Kohlenstoff bei der Eisenherstellung (s. Kap. „Ein Ofen, der Eisen spuckt“).

Mischt man Wasserstoff und Sauerstoff miteinander, so entsteht Knallgas. Wird dieses Gasgemisch gezündet, so erfolgt eine Explosion. Es bildet sich Wasser, und viel Energie wird frei. Diesen Prozeß nutzt man zur Erzeugung hoher Temperaturen im Knallgasgebläse. Wasserstoff in flüssiger Form dient als Antriebsmittel für Raketen.

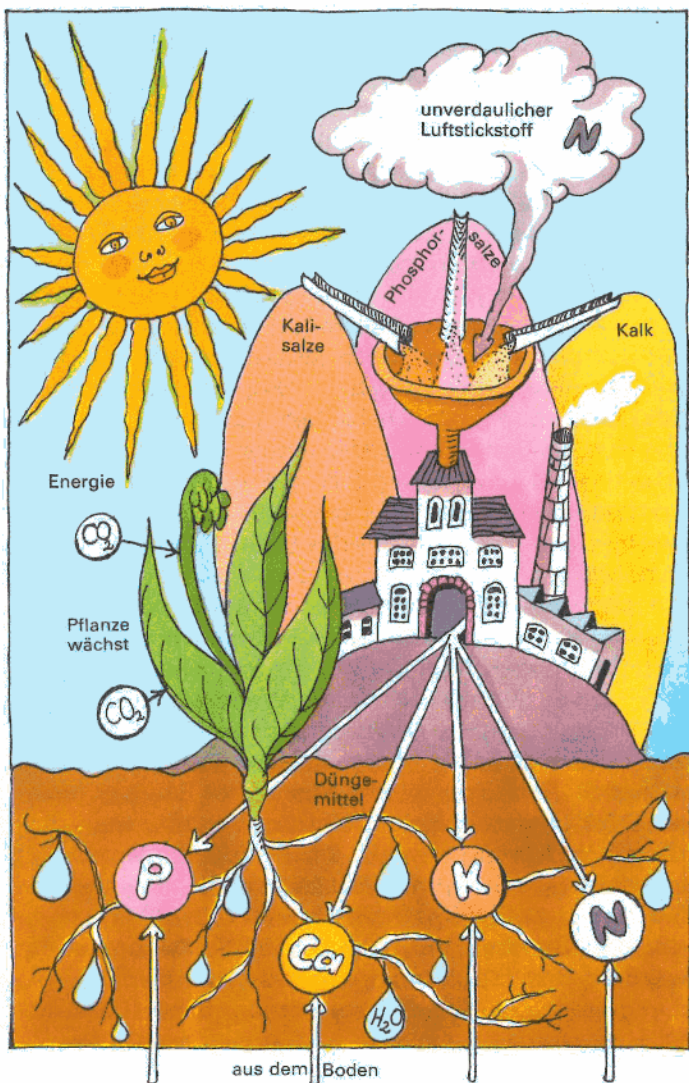
## **Energie aus Wasser?**

Man stelle sich vor, es gäbe ein Kraftwerk, in dem man anstelle von Öl oder Kohle einfach Wasser verbrennen könnte! Das wäre fabelhaft, denn Wasser gibt es in den großen Ozeanen genug. Die Menschen würden über ungeheure Energiemengen verfügen. Damit könnten sie nicht nur Licht und Wärme, sondern alle Dinge, die sie brauchen, im Überfluß herstellen. Ist das nur Phantasie? Heute noch ja, aber eine solche Zeit wird kommen.

Wer das glauben soll, muß zuerst wissen, warum die Sonne scheint!

Die Sonne ist ein riesiger, glühender Gasball. Sie enthält große Mengen Wasserstoff. In ihrem Inneren

Aus Kohlendioxid, Wasser und Nährsalzen entstehen mit Hilfe der Sonnenenergie alle Pflanzen unserer Erde



herrscht eine Temperatur von 15 bis 20 Millionen Grad Celsius. Die Wasserstoffatome prallen mit einer Geschwindigkeit von 500 Kilometern pro Sekunde hart aufeinander. Sie vereinigen sich dabei zu einem neuen chemischen Element, dem Edelgas Helium. Wenn sich 1 Kilogramm Helium bildet, wird so viel Energie frei, wie einem Gegenwert von 130 Millionen Kilowattstunden entspricht. Das ist über fünfmal mehr Energie, als bei der Spaltung von 1 Kilogramm Uran oder bei der Verbrennung von 7 Millionen Kilogramm Braunkohle entsteht! Einen Teil dieser Energie empfangen wir auf der Erde als Licht und Wärme. Gleichzeitig verliert die Sonne in jeder Sekunde 4,3 Millionen Tonnen ihrer Masse. Es ist klar, daß das nicht bis in alle Ewigkeit so weitergehen kann. Manche Wissenschaftler schätzen aber, daß die Sonne mindestens noch 100 Milliarden Jahre scheinen wird. Das ist zwanzigmal so lange, wie unsere Erde bisher überhaupt existiert.

Wir alle wissen, daß Energie auf der Erde knapp ist. Vieles könnte bequemer sein, wenn wir Energie im Überfluß hätten. Aber die Vorräte an Kohle, Gas, Erdöl und auch an Uran sind begrenzt. Wenn wir dagegen wie die Sonne Energie aus Wasserstoff gewinnen könnten, dann gäbe es keine Energiesorgen mehr. 1 Liter gewöhnliches Wasser würde uns soviel Energie liefern wie 15 Kilogramm Koks. Allerdings müßte man dazu künstliche Minisonnen auf der Erde erzeugen. Das ist bisher leider nur mit der Wasserstoffbombe gelungen. Sie hat dieselbe Sprengkraft wie 100 Millionen der stärksten Bomben, die im letzten Weltkrieg abgeworfen wurden. Das Problem ist, diese ungeheuren Energiemengen nicht auf einmal, sondern in kleinen Portionen freizusetzen.

An dieser Aufgabe arbeitet man in der Sowjetunion und in den Vereinigten Staaten von Amerika. Die Schwierigkeiten sind riesengroß. Die künstliche Sonne muß gezündet werden. Dazu braucht man mindestens 1 Million Grad Celsius. Kein Werkstoff kann eine solche Temperatur auch nur eine einzige Sekunde aushalten. Jeder Stein, jeder Stahl würde augenblicklich verdampfen. Die Aufgabe scheint unlösbar – und dennoch wurde ein Weg gefunden. Die künstliche Sonne wird einfach „im Nichts“ aufgehängt. Sie schwebt in einem luftleeren Raum. Unsichtbare Fesseln halten sie fest. Sie werden von starken Elektromagneten erzeugt. Es handelt sich dabei um dieselben Kräfte, mit denen ein kleiner Spielzeugmagnet einen Nagel anzieht oder auch abstößt.

Viele Wissenschaftler rechnen damit, daß schon bis zum Jahre 1980 die ersten künstlichen Zwergsonnen in den Laboratorien aufleuchten werden. Und eines Tages wird der Wasserstoff nicht nur das bekannteste, sondern vielleicht auch das nutzbringendste Element auf unserer Erde sein!

## **Was ist Luft?**

Unsere Erde ist von einer dicken Schicht umgeben. Man sieht sie nicht, man riecht sie nicht, und man schmeckt sie auch nicht! Kein Wunder, denn sie besteht aus Luft! Jeder tut so, als ob die Luft überhaupt nicht da wäre. Dabei ist sie greifbar wie jeder andere Stoff. Wir müssen sie nur am Entweichen hindern. Pustet einfach einen Luftballon auf, dann könnt ihr die Luft fassen! Wenn der Sturm bläst, weisen umgeworfene Bäume, heruntergefallene

Dachziegel oder gar abgedeckte Dächer sehr nachdrücklich darauf hin, daß die Luft etwas Greifbares ist. Für einen fremden Himmelskörper, der die Luftpille unserer Erde streift, ist sie wie ein echter Panzer. An den Milliarden von Luftmolekülen reibt er sich so stark, daß er verglüht. Dann sehen wir einen Feuerstreifen am Himmel aufblitzen: Das war eine Sternschnuppe.

Es hat lange gedauert, bis die Menschen in Erfahrung gebracht hatten, woraus die Luft besteht. Heute wissen wir, daß sie eine Mischung verschiedener Gase ist. Ihre Bestandteile sind die Elemente Stickstoff, Sauerstoff und die Edelgase. Die Moleküle dieser Elemente liegen in der Luft nebeneinander wie bunte Murmeln in der Spielzeugkiste. Wenn wir 78 grüne Murmeln für den Stickstoff, 21 blaue für den Sauerstoff und 1 gelbe Murmel für die Edelgase gut durcheinanderschütteln, dann gewinnen wir eine Vorstellung darüber, wie die Luft zusammengesetzt ist. Von Staub, Schmutz und anderen Verunreinigungen wollen wir absehen.

Wenn man die Luft sehr stark abkühlt, geht sie in den flüssigen Zustand über. Die Frosttemperaturen eines starken Winters reichen dazu aber nicht aus. Minus 192 Grad Celsius müssen in Kältemaschinen erzeugt werden, dann wird aus der Luft eine blaue Flüssigkeit. Man transportiert sie in Behältern, die großen Thermosflaschen ähneln. Viele Stoffe ändern ihre Eigenschaften, wenn man sie in flüssige Luft eintaucht: Eine Bleiglocke bekommt einen hellen Klang, als wäre sie aus Silber. Ein Gummiball wird hart und zerspringt wie Glas, wenn er auf den Boden geworfen wird. Ein glühender Holzspan verbrennt sogleich mit greller Flamme. Ein Gemisch von Watte, Kohle-

pulver und flüssiger Luft explodiert beim Anzünden mit einem mächtigen Donnerschlag. Dies nutzt man bei der Erzeugung von Sprengstoffen. Aber nicht aus diesem Grunde stellt man in allen Industrieländern flüssige Luft her. Der Hauptzweck ist vielmehr die Gewinnung der Luftbestandteile. Wenn sich die flüssige Luft langsam erwärmt, dann verdunstet zuerst der Stickstoff und danach der Sauerstoff. Man braucht also nur die beiden Gase nacheinander aufzufangen. Anschließend werden sie in mannshohe Gasflaschen oder in Spezialbehälter gedrückt.

### **Wovon werden Pflanzen groß und stark?**

In den 30er Jahren des vorigen Jahrhunderts gab es unter den Chemikern und Landwirten einen großen Streit. Die einen sagten, daß die Pflanzen nur dann gut wachsen könnten, wenn man den Boden mit Stallmist oder Humuserde düngen würde. Die Pflanzen brauchten den Mist, weil sie daraus den Kohlenstoff nähmen, den sie zum Aufbau ihres eigenen Körpers benötigten. Die anderen vertraten eine neue Auffassung. Sie meinten, daß die Pflanzen dem Boden nur Salzbestandteile, vor allem Stickstoff, Phosphor, Kalium, Kalzium (Kalk) und außerdem Wasser entnahmen. Den Kohlenstoff würden sie sich aus der Luft holen. Der Wortführer dieser Partei war der Chemiker Justus von Liebig.

Die Anhänger der Humustheorie wollten beweisen, daß ihre Auffassung richtig ist. Sie düngten ein Feldstück mit Stallmist und gleich daneben ein anderes mit Asche, die bei der Verbrennung von Mist übriggeblieben war. Das Ergebnis schien eindeutig: Auf dem mit

Mist gedüngten Acker standen üppig wachsende Pflanzen. Der Bewuchs auf dem mit Asche gedüngten Feld war nur kümmerlich. Aber Liebig meinte, der Versuch sei nicht beweiskräftig, denn bei der Verbrennung des Mistes sei der reichlich darin enthaltene Stickstoff in die Luft entwichen. Die Anhänger der neuen Theorie nahmen reinen weißen Sand, kochten ihn mit einer starken Säure aus und wuschen gründlich mit gereinigtem Wasser nach. Dann säten sie in diesen Sand Gerste und Hafer. Den einen Teil des Sandes gossen sie mit reinem Wasser, den anderen mit Wasser, dem sie verschiedene Nährsalze zugesetzt hatten. Und siehe da, auf dem mit Nährsalzlösung begossenen Sand entwickelten sich die Pflanzen ganz normal, auf dem anderen starben sie bald nach dem Keimen wieder ab. Seit dieser Zeit werden die Böden mit Mineralsalzen gedüngt.

In unserer Republik gibt es bei Staßfurt und Aschersleben reiche Kalisalzlagerstätten. Sie entstanden aus den Urmeeren, die vor 250 Millionen Jahren bis zu unseren heutigen Mittelgebirgen reichten. Diese Meere trockneten ein. Dabei schieden sich zunächst die schwerlöslichen Kalziumsalze aus. Danach folgten das Kochsalz und schließlich die Kalisalze. Später wurden die Ablagerungen von dicken Sand- und Lehmschichten überdeckt. So entstanden die Salzlagerstätten. Sie liefern uns Kochsalz zum Würzen unserer Speisen, vor allem aber Düngesalze. Nur ein kleiner Teil der im Bergwerk gewonnenen Salze wird direkt auf die Felder gebracht. Der größte Teil muß chemisch weiterverarbeitet werden, um den Kaligehalt zu erhöhen und schädliche Nebenbestandteile zu entfernen. Die DDR produziert jedes Jahr rund 3 Millionen Tonnen Kalidüngemittel. Sie steht damit hinter der Sowjetunion

und Kanada an dritter Stelle in der Welt. Kalium ist besonders für das Gedeihen der Zuckerrüben wichtig.

Der zum Düngen verwendete Kalk ist ein Abfallprodukt unserer chemischen Industrie. Er ist in reichlichen Mengen vorhanden und deswegen recht billig.

Phosphorsalze zum Düngen gewann man früher aus Knochen. Heute beziehen wir Phosphorsalze aus der Sowjetunion.

## **Pflanzennahrung aus der Luft**

Stallmist und Chilesalpeter, das waren vor hundert Jahren die wichtigsten Stickstofflieferanten für unsere Kulturpflanzen. Als Chilesalpeter bezeichnet man ein Salz der Salpetersäure mit der Formel  $\text{NaNO}_3$ . Ersetzt man das Natrium (Na) durch Wasserstoff (H), so erhält man die Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ). Sie ist unentbehrlich zur Herstellung von Schießpulver für Patronen und Granaten. Im ersten Weltkrieg wuchs der Salpetersäurebedarf so stark an, daß er bald nicht mehr gedeckt werden konnte. Man mußte sich nach einer anderen Stickstoffquelle umschauen. Und diese lag dem Menschen wahrhaftig vor der Nase! Die uns umgebende Luft besteht zu mehr als drei Vierteln aus Stickstoff. Über jedem Quadratmeter Erde hängen mehr als 800 Tonnen davon. Die Luft ist geradezu ein Stickstoffmeer!

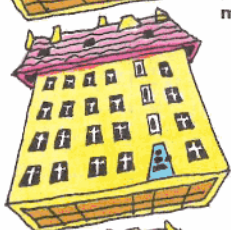
Diesen ungeheuren Rohstoffvorrat nutzbar zu machen war eine schwierige Aufgabe für die Chemiker, denn Stickstoff verbindet sich nur schwer mit einem anderen Element. Auch die meisten Pflanzen können nichts mit ihm anfangen. Sie sind auf stickstoffhaltige Verbindungen im Boden angewiesen. Nur ein paar winzige Bakte-

rien, die in den Wurzelknöllchen der Robinie, der Lupine, der Bohne und einiger anderer Schmetterlingsblütler leben, können den Luftstickstoff aufnehmen. Danach geben sie ihn an ihre Wirtspflanze weiter. Auf welche Weise das geschieht, wissen wir noch nicht ganz genau.

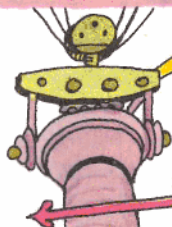
Aber die Chemiker ließen sich nicht beirren. Angestrengt suchten sie nach einem Weg, um den Luftstickstoff entweder unmittelbar in Salpetersäure oder doch wenigstens in Ammoniak umzuwandeln.

Dabei erinnerten sie sich zunächst daran, daß Stickstoff und Sauerstoff bei jedem Gewitter in den riesigen Flammenbögen der Blitze zusammengezwungen werden. Die entstehenden Stickstoffoxide vereinigen sich mit dem Regenwasser zu Salpetersäure und kommen so auch in den Boden. Zwei Norwegern gelang es, die Methode der Luftverbrennung im Blitz nachzuahmen. In Deutschland suchten die Chemiker nach einer anderen Möglichkeit, um den Luftstickstoff zu binden. Kurz vor dem ersten Weltkrieg, in den Jahren 1903 bis 1913, wurde das Verfahren der Ammoniak-synthese aus Stickstoff (N) und Wasserstoff (H) entwickelt. Es wird nach seinen Erfindern auch Haber-Bosch-Synthese genannt. Die erste Großanlage entstand 1916/1917 in dem kleinen Dorf Leuna bei Merseburg. Heute ist dieser Name ein Weltbegriff, denn hier steht das größte Chemiekombinat unserer Republik. Nach dem Haber-Bosch-Verfahren produzieren alle Chemieländer der Welt riesige Ammoniakmengen. Den dazu erforderlichen Stickstoff gewinnt man aus der Luft, den Wasserstoff aus Erdgas oder Wasser. Im

In Piesteritz wurde 1973 eine Anlage zur Gewinnung von Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) montiert. Der Reaktor ist 65 m hoch und wiegt 280 t



Dünge-  
mittel



Soda

Spreng-  
stoffe

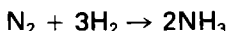
Plaste

$NH_3$



Synthesegasgemisch wirbeln die Stickstoff- und Wasserstoffmoleküle rasend schnell durcheinander. Sie widersetzen sich der Vereinigung. Das Verfahren wäre viel zu teuer, wenn man nicht einen Beschleuniger gefunden hätte, der den Stickstoff und den Wasserstoff bei 500 Grad Celsius und 200 Atmosphären Druck zusammenzwingen würde. Dieser Beschleuniger besteht aus Eisen, Aluminiumoxid und Alkali.

Immer ein Molekül Stickstoff ( $N_2$ ) und drei Moleküle Wasserstoff ( $3H_2$ ) vereinigen sich zu zwei Molekülen Ammoniak ( $2NH_3$ ):



Die Reaktion wird in riesigen Türmen durchgeführt. Am Ende erhält man eine Lösung von Ammoniak in Wasser. Man könnte damit die Felder düngen. Aber wenn es regnet, wird das Ammoniak leicht aus dem Boden ausgewaschen. Deshalb wandelt man es zu einem großen Teil in Salze um, die das Ammoniak nur allmählich an den Boden abgeben. Solche Düngesalze sind das Ammoniumsulfat, das Ammoniumphosphat und der Harnstoff. In den Leunawerken werden täglich 1000 Tonnen Ammoniumsulfat erzeugt. Das sind siebzig vollbeladene Güterwagen. Riesige Mengen Harnstoff produziert man in Piesteritz. Ein großer Teil des Ammoniaks wird mit Sauerstoff verbrannt. Dabei entsteht die begehrte Salpetersäure.

## **Leuchtende Röhren**

Zu den Edelgasen gehören fünf Elemente. Alle zusammen machen sie etwa den hundertsten Teil der uns umgebenden Luft aus. Sie sind äußerst reaktions-

träge. Aber der Mensch macht sie sich trotzdem dienstbar.

Das schwerste und häufigste Edelgas heißt Argon. Dann kommt das Helium und danach das Neon. Der Name Neon ist vielen bekannt. Überall in den Straßen sieht man die bunten Röhren der Leuchtreklamen. Sie sind meistens mit Neon und oft auch mit Helium gefüllt. Wenn man den elektrischen Strom einschaltet, so fliegt von einem Ende der Röhren zum anderen eine ganze Armee von winzigen, elektrisch geladenen Teilchen. Man nennt sie Elektronen. Da sie noch sehr viel kleiner sind als das Wasserstoffatom, kann man sie selbst mit den besten Mikroskopen der Welt nicht sehen. Und nun zeigt sich, daß das Neon doch etwas Besonderes ist. Seine Atome leuchten nämlich beim Zusammenstoß mit den Elektronen auf. Reines Neon liefert ein rotes Licht. Werden aber Spuren von Quecksilberdampf zugemischt, dann erhält man einen blauen Farbton. Nach dem gleichen Prinzip funktionieren die röhrenförmigen Leuchtstofflampen, die in Wohnungen und Betrieben anstelle von Glühlampen verwendet werden, und ebenso die Höhensonnen, bei denen der Strom jedoch durch fein verteilten Quecksilberdampf hindurchfließt und ihn so zum Aufleuchten bringt.

Aber auch in den gewöhnlichen Glühlampen ist nicht etwa Luft, sondern Edelgas enthalten. Eine Glühlampe gibt Licht, weil der feine Metalldraht, der sich in ihrem Inneren befindet, zum Glühen gebracht wird. Der Draht besteht aus dem schwerschmelzenden Metall Wolfram. Er glüht um so heller, je stärker man ihn erhitzt. Wenn er zum Beispiel auf 2000 Grad Celsius aufgeheizt wird, so brennt die Lampe schon recht hell. Ist aber Luft zugegen, so reagiert das Wolfram mit dem

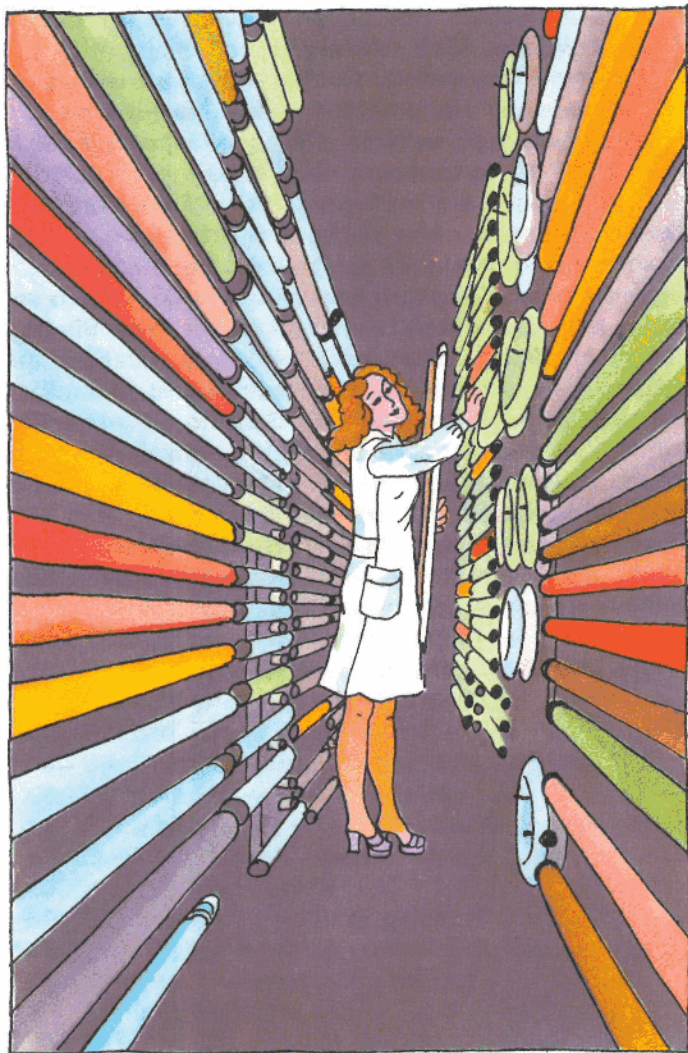
Luftsauerstoff und wird dadurch bald unbrauchbar. Pumpt man jedoch die Luft heraus, so verdampft das Metall in den luftleeren Raum. Da erinnerte man sich an das reaktionsträge Argon. Dieses Edelgas reagiert nicht mit dem Wolfram, und es verhindert auch seine Verdampfung. Das war die rechte Glühlampenfüllung! Seitdem können die Wolframdrähte auf über 2400 Grad Celsius und manchmal sogar auf 3000 Grad Celsius aufgeheizt werden. So spenden sie ein helleres Licht, und obendrein halten sie auch länger.

### **Wird es wieder Luftschiffe geben?**

Wohl jeder weiß aus spannenden Erzählungen, wie man sich ein Luftschiff vorzustellen hat. Derartige Flugapparate existieren aber nicht nur in der Phantasie von Schriftstellern. Nein, vor vierzig bis fünfzig Jahren gab es sie wirklich. Sie waren mit dem leichten Wasserstoffgas gefüllt. Aber Wasserstoff hat eine sehr unangenehme Eigenschaft. Er brennt ganz leicht, und im Gemisch mit Luftsauerstoff explodiert er sogar. Deshalb gab es mit den alten Luftschiffen viele Unglücksfälle. Ein Blitz oder auch eine Bauchlandung genügten, um den Flugapparat in lodernde Flammen aufgehen zu lassen.

Dabei ist das Luftschiff eine ganz famose Sache! Man könnte damit riesige Lasten transportieren, wie sie kein Flugzeug wegschaffen kann. Ein Luftschiff braucht auch keine großen betonierten Flugplätze. Kurz, manche Fachleute meinen, daß dem Luftschiff die Zukunft gehört. In einigen Ländern beschäftigt

Prüfstand für Leuchtstoffröhren in einem Lampenwerk



man sich deshalb mit neuen Entwürfen für solche Flugmaschinen. Man will sie jedoch nicht mit dem explosiven Wasserstoff, sondern mit dem reaktions-trägen Edelgas Helium füllen. Zwar ist das Helium genau doppelt so schwer wie der Wasserstoff, aber man kann damit trotzdem noch einen guten Auftrieb erzeugen. Auch ein starker Blitz kann ihm nichts anhaben. Es brennt unter keinen Umständen.

Aber wußten das nicht schon die Konstrukteure der ersten Luftschiffe? Warum haben sie kein Helium anstelle von Wasserstoff benutzt? Ganz einfach. Sie hatten nicht genug davon, und das wenige, das sie besaßen, war zu teuer. Auch heute noch ist Heliumgas ziemlich selten. Aber man glaubt, schon in naher Zukunft über ausreichende Mengen davon verfügen zu können. Manche Erdgase enthalten nämlich erstaunlich viel von diesem Element. Wenn man diese Erdgase verbrennt – und das macht man sowieso –, dann bleibt das Helium übrig. Auf diese Weise wird man viel billiges Helium erhalten.

Den künftigen Luftschiffern aber wollen wir schon heute „allezeit guten Flug“ wünschen!

## **Inhalt**

- 5 Zaubern müßte man können!
- 6 Ein Experiment
- 8 Von der Erfindung bis zum verkaufsfertigen Produkt
- 9 Ein Baum wird zu Papier
- 14 Kann man Holz essen?
- 16 Zucker und Fleisch aus Zellulose?
- 19 Schießbaumwolle und Dynamit
- 21 Kleidung aus Baumwolle und Holz
- 26 Besser und billiger als Bretter
- 27 Steine werden zu Metall
- 29 Im Lande des Eisens
- 30 Ein Ofen, der Eisen spuckt
- 33 Aus Eisen wird Stahl
- 35 Das Kupfermetall ist rot
- 36 Der Nickel ist ein Bergkobold
- 39 Das schwerste und das leichteste Metall
- 40 Ein Kochtopf aus Lehm?
- 44 Goldgräber
- 46 Zum Fotografieren braucht man Silber
- 47 Die schwerste Flüssigkeit der Welt
- 49 Edelsteine aus Ton?
- 50 Ein Diamant wird untersucht
- 54 Ist Sand ein wertvoller Stoff?
- 54 Sand plus Soda plus Kalk plus Hitze ergibt Glas!
- 57 Stark wie Metall – und doch nur Glas!
- 60 Kleider aus Glas?
- 62 Licht wird um die Ecke geleitet!
- 62 Gold gesucht und Porzellan gefunden!
- 66 Kein Haus wächst ohne Mörtel
- 69 Künstliche Steine
- 70 Ein Gärtner entdeckt den Stahlbeton

- 73 Woher kommen Wärme und Licht?
- 76 Wie lange noch reichen Erdöl und Kohle?
- 78 Wie viele Stoffe gibt es auf der Erde?
- 81 Was ist das – Benzin?
- 82 Wie macht man Benzin und Dieselöl?
- 89 Kohle liefert Leuchtgas, Koks und Teer
- 91 Der Kampf um den ersten Teerfarbstoff
- 94 Eiweiß aus Erdöl und Erdgas?
- 95 Wer macht die beste künstliche Butter?
- 98 Der älteste Chemiker der Welt und die Seife  
Wie man aus Öl oder Kohle
- 100 Kleidungsstücke herstellt
- 101 So entsteht das Dederon
- 104 Stoffe, die nicht knittern
- 105 Überall Plaste!
- 106 Wir lernen einige Plastwerkstoffe kennen
- 111 Besuch in der Karbidfabrik
- 113 Kohle und Kalk – verwandelt in Gummi  
Ohne Wasser, merkt euch das,
- 118 wär die Welt ein leeres Faß!
- 119 Das Wasser muß gewaschen werden!
- 122 Was wünscht man sich bei 30 Grad im Schatten?
- 124 So gewinnt man Bier
- 126 Wer hat den größten Durst?
- 127 Klein, aber oho!
- 128 Energie aus Wasser?
- 131 Was ist Luft?
- 133 Wovon werden Pflanzen groß und stark?
- 135 Pflanzennahrung aus der Luft
- 138 Leuchtende Röhren
- 140 Wird es wieder Luftschiffe geben?



Wie entsteht aus einem Baumstamm weißes Papier, aus gewöhnlichem Sand durchscheinendes Glas, aus dunklem Erdöl ein farbiger Plast oder Nahrung für den Menschen? Die Wissenschaft, die solche Umwandlungen möglich macht, heißt Chemie.

EVP 3,- M

