

HEFT 32 EIN WÖCHENTLICHES SAMMELWERK

DM 3

SFR 3.50

ÖS 25

WIE GEHT DAS

Technik und Erfindungen von A bis Z
mit Tausenden von Fotografien und Zeichnungen



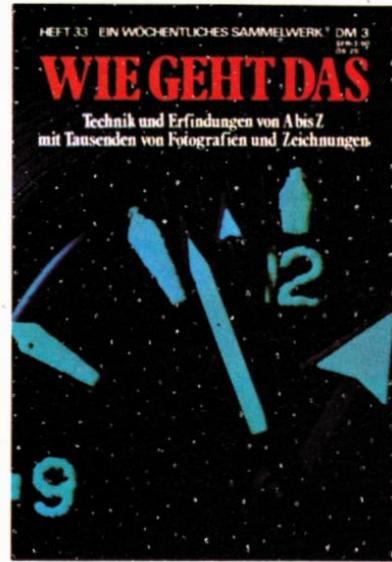
scan:[GDL]

WIE GEHT DAS

Inhalt

Lebensmitteltechnik	869
Lederherstellung	875
Legierungen	879
Lenkung	884
Leuchtturm und Feuerschiff	886
Licht	889
Lichtempfindliches Glas	891
Linse	893
Lithographie (Offsetdruck)	895

In Heft 33 von Wie Geht Das



Das Phänomen der 'Lumineszenz' kann gut in Leuchtfarben beobachtet werden. In Heft 33 von Wie Geht Das erklären wir die Ursache dieses 'Leuchttens' und die Anwendungen von Lumineszenz.

In den letzten zehn Jahren hat sich die Kassette als ernsthafte Konkurrenz zur Schallplatte entwickelt. Der Artikel über 'Magnetband' im nächsten Heft beschreibt diese Entwicklung, wie Tonsignale auf Band aufgezeichnet und wiedergegeben werden und die Herstellung von Kassetten.

WIE SIE REGELMÄSSIG JEDOCH WOCHE IHR HEFT BEKOMMEN

WIE GEHT DAS ist eine wöchentlich erscheinende Zeitschrift. Die Gesamtzahl der 70 Hefte ergibt ein vollständiges Lexikon und Nachschlagewerk der technischen Erfindungen. Damit Sie auch wirklich jede Woche Ihr Heft bei Ihrem Zeitschriftenhändler erhalten, bitten Sie ihn doch, für Sie immer ein Heft zurückzulegen. Das verpflichtet Sie natürlich nicht zur Abnahme.

ZURÜCKLIEGENDE HEFTE

Deutschland: Das einzelne Heft kostet auch beim Verlag nur DM 3. Bitte füllen Sie eine Postzahlkarte aus, an: Verlagsservice, Postfach 280 380, 2000 Hamburg 28. Postscheckkonto Hamburg 3304 77-202 Kennwort HEFTE.

Österreich: Das einzelne Heft kostet öS 25. Bitte füllen Sie eine Postzahlkarte aus, an: WIE GEHT DAS, Wollzeile 11, 1011 Wien. Postscheckkonto: Wien 2363. 130. Oder legen Sie bitte der Bestellung einen Verrechnungsscheck bei Kennwort: HEFTE.

Schweiz: Das einzelne Heft kostet sfr 3,50. Bitte überweisen Sie den Betrag durch die Post (grüner Einzahlungsschein) auf das Konto: Schmidt-Agence AG, Kontonummer Basel 40-879 und notieren Sie Ihre Bestellung auf der Rückseite des Giroabschnittes.

Wichtig: Der linke Abschnitt der Zahlkarte muß Ihre vollständige Adresse enthalten, damit Sie die Hefte schnell und sicher erhalten.

INHALTSVERZEICHNIS

Damit Sie in WIE GEHT DAS mit einem Griff das gesuchte Stichwort finden, werden Sie mit der letzten Ausgabe ein Gesamtinhaltsverzeichnis erhalten. Darin einbezogen sind die Kreuzverweise auf die Artikel, die mit dem gesuchten Stichwort in Verbindung stehen. Bis dahin schaffen Sie sich ein Inhaltsverzeichnis dadurch, daß Sie die Umschläge der Hefte abtrennen und in der dafür vorgesehenen Tasche Ihres Sammelordners verwahren. Außerdem können Sie alle 'Erfindungen' dort hineinlegen.

SAMMELORDNER

Sie sollten die wöchentlichen Ausgaben von WIE GEHT DAS in stabile, attraktive Sammelordner einheften. Jeder Sammelordner faßt 14 Hefte, so daß Sie zum Schluß über ein gesammeltes Lexikon in fünf Ordern verfügen, das Ihnen dauerhaft Freude bereitet und Wissen vermittelt.

SO BEKOMMEN SIE IHRE SAMMELORDNER

1. Sie können die Sammelordner direkt bei Ihrem Zeitschriftenhändler kaufen (DM 11 pro Exemplar in Deutschland, öS 80 in Österreich und sfr 15 in der Schweiz). Falls nicht vorrätig, bestellen Sie den Händler gern für Sie die Sammelordner.

2. Sie bestellen die Sammelordner direkt beim Verlag. Deutschland: Ebenfalls für DM 11, bei: Verlagsservice, Postfach 280380, 2000 Hamburg 28. Bitte füllen Sie eine Postzahlkarte aus, an: Verlagsservice, Postfach 280380, 2000 Hamburg 28. Postscheckkonto Hamburg 3304 77-202 Kennwort: SAMMELORDNER.

Österreich: Der Sammelordner kostet öS 80. Bitte füllen Sie eine Postzahlkarte aus, an: WIE GEHT DAS, Wollzeile 11, 1011 Wien. Postscheckkonto Wien 2363. 130. Oder legen Sie Ihrer Bestellung einen Verrechnungsscheck bei.

Schweiz: Der Sammelordner kostet sfr 15. Bitte überweisen Sie den Betrag durch die Post (grüner Einzahlungsschein) auf das Konto: Schmidt-Agence AG, Kontonummer Basel 40-879 und notieren Sie Ihre Bestellung auf der Rückseite des Giroabschnittes.

Einzahlungsschein) auf das Konto: Schmidt-Agence AG, Kontonummer Basel 40-879 und notieren Sie Ihre Bestellung auf der Rückseite des Giroabschnittes.

Wichtig: Der linke Abschnitt der Zahlkarte muß Ihre vollständige Adresse enthalten, damit Sie die Sammelordner schnell und sicher bekommen. Überweisen Sie durch Ihre Bank, so muß die Überweisungskopie Ihre vollständige Anschrift gut lesbar enthalten.



LEBENSMITTELTECHNIK

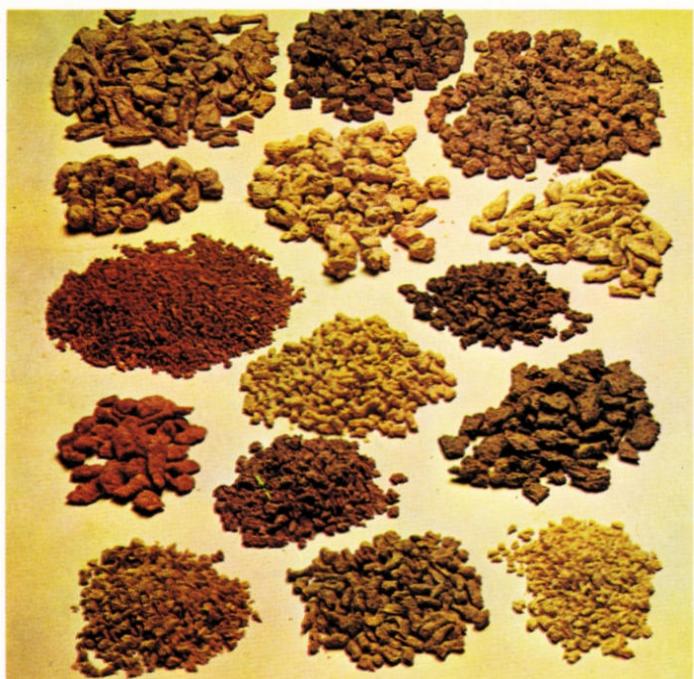
Der Lebensmitteltechnik haben wir es zu verdanken, daß geographische Lage und jahreszeitliche Gegebenheiten für die Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln ihre Bedeutung verloren haben. Wir können hier in Deutschland exotische Früchte wie Litschis und Mangos essen und das ganze Jahr hindurch Erdbeeren kaufen.

Techniken zur Lebensmittelkonservierung gehen auf die Notwendigkeit zurück, überschüssige Nahrungsmittel für weniger günstige Jahreszeiten und für Hungersnöte aufzubewahren. Beim Ernten von Pflanzen und beim Schlachten von Tieren ist deren Gewebe sofort dem zersetzenden Einfluß von Enzymen, Bakterien, Schimmelpilzen und der Gärung ausgesetzt.

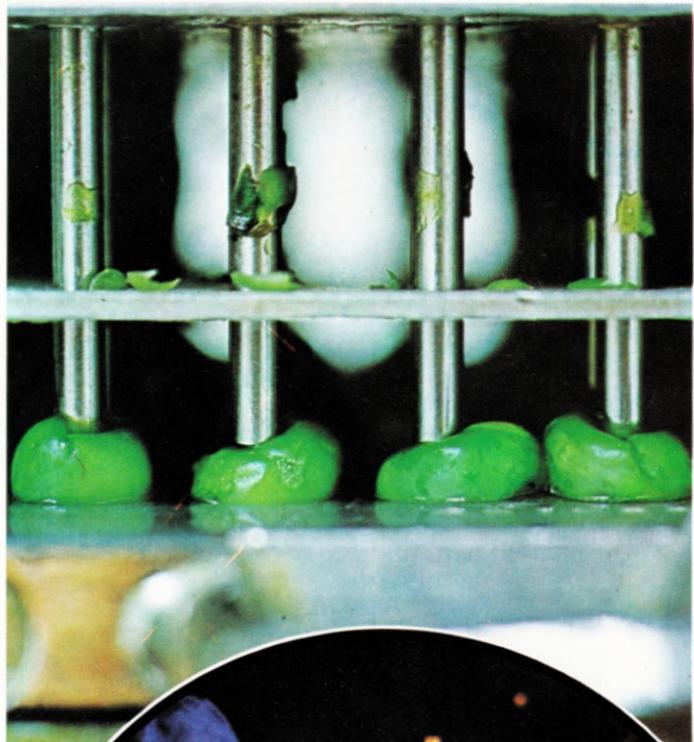
Enzyme sind Proteine (Eiweißstoffe), die im Lebensmittelgewebe chemische Reaktionen einleiten. Äpfel beispielsweise werden braun, weil die Aminosäure Tyrosin, die das Enzym Phenolase hervorruft, oxidiert. Normalerweise macht man Enzyme in frisch geerntetem Obst und Gemüse dadurch unschädlich, daß man es drei bis fünf Minuten lang bei 90°C bis 100°C in einem Dampf- oder Wasserblancheur behandelt (Blanchieren ist kurzzeitiges Erhitzen von Lebensmitteln).

Bakterien sind 0,001 mm bis 0,003 mm große Mikroorganismen. Sie tragen häufig zum Verderben von Lebensmitteln bei. Beispielsweise sind Milchsäurebakterien für das Sauerwerden der Milch verantwortlich. Weit gefährlicher jedoch sind solche Bakterien, die ein Toxin (Giftstoff) absondern und pathogenes (krankheitserregendes) Verderben verursachen können. Das bekannteste pathogene Bakterium ist *Clostridium botulinum*. Einer Schätzung zufolge würde ein mit dem Toxin dieses Mikroorganismus gefüllter Teelöffel ausreichen, das Trinkwasser für eine Großstadt zu verseuchen. Die Vernichtung der Sporen einer Reinkultur von *Clostridium botulinum* dauert bei 120°C 2,5 Minuten. Daher wird bei der Konservenherstellung stets darauf geachtet, daß alle in den Dosen befindlichen Lebensmittel ausreichend hoch erhitzt werden, um diese und andere pathogene Keime abzutöten. Mitunter ist eine Behandlung von 10 Minuten Dauer bei 120°C erforderlich, um zu gewährleisten, daß der den Mikroorganismen

PHILLIPS



Oben: Verschiedene Arten von strukturiertem Pflanzenprotein. **Rechts oben:** Feststellung des Reifegrads von Erbsen. **Mitte:** Beim Marine-Harvest-Verfahren zur Herstellung von



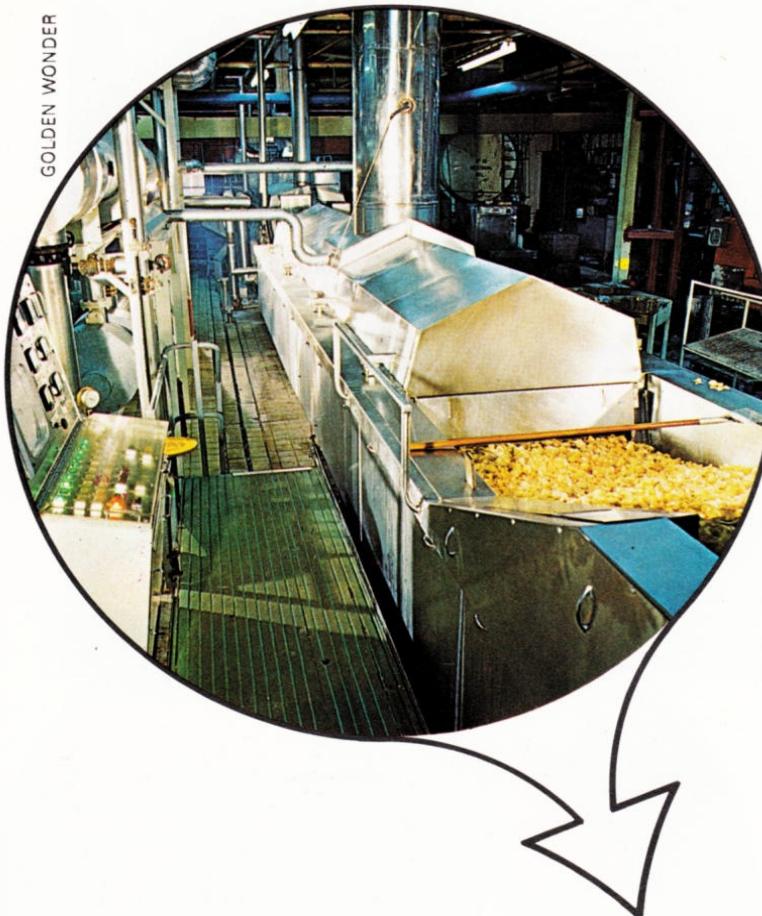
BIRDSEYE



MILES LABORATORIES



Räucherlachs wird der Fisch vor dem Räuchern mit braunem Zucker, Rum und Salz bearbeitet. **Rechts unten:** Künstliches Hühnerfleisch, aus Sojabohnen hergestellt.



von den Nahrungsmitteln gewährte Wärmeschutz unwirksam geworden ist.

Schimmelpilze sind fadenförmige Mikroorganismen. *Byssochlamys fulva* ist eine besonders hitzebeständige Abart. Sie greift das Pektin in den Zellwänden von Obst an und führt beispielsweise zur Disintegration von Erdbeeren in Dosen. Dieser Art Schimmelpilz kann durch Erhitzung auf etwa 90°C die Gefährlichkeit genommen werden.

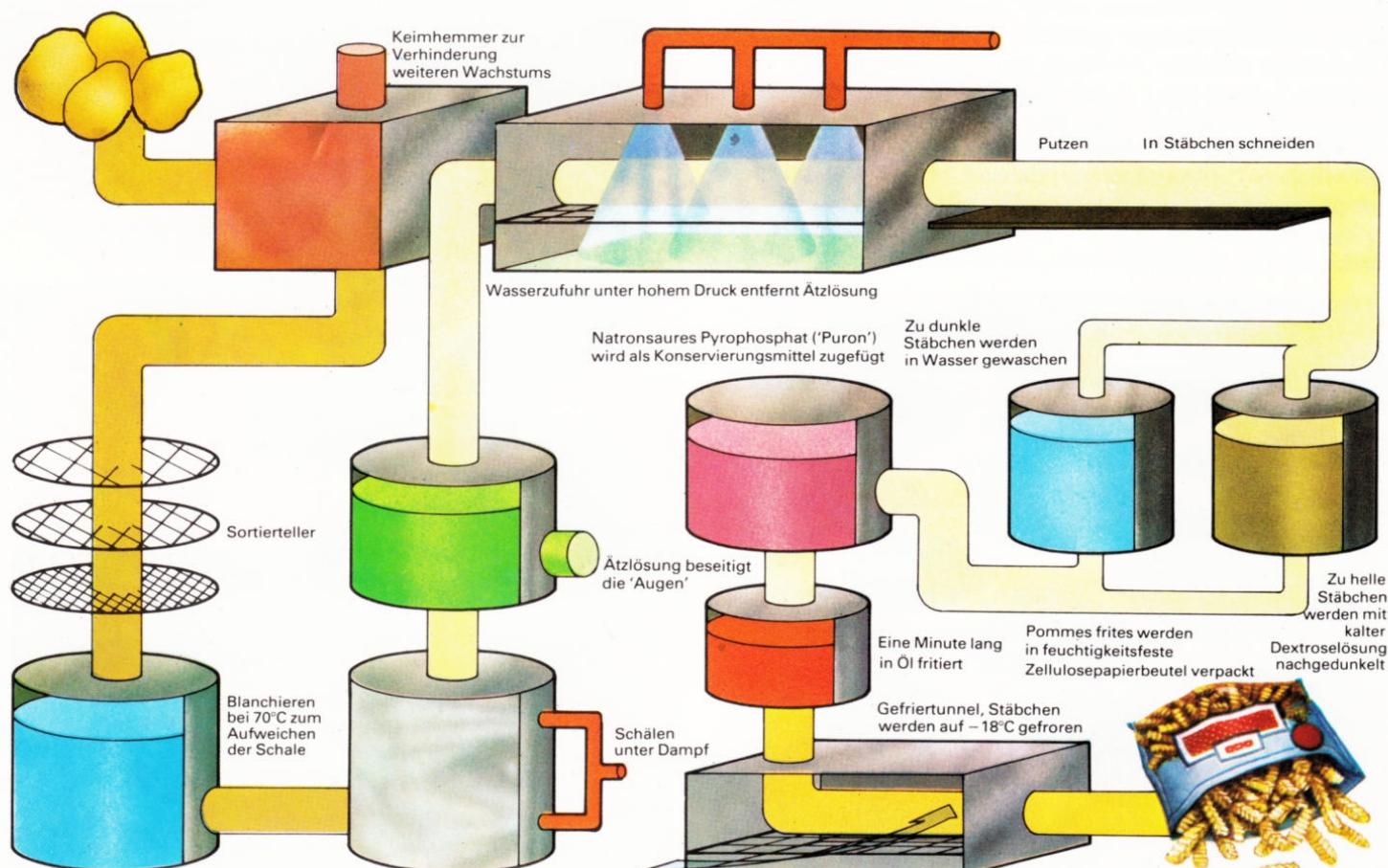
Hefepilze besitzen nur eine geringe Wärmefestigkeit. Sie lassen sich bereits unschädlich machen, wenn man sie nur wenige Minuten lang einer Temperatur von 74°C aussetzt.

Eine wichtige Maßgröße zur Bestimmung der Anfälligkeit eines verarbeiteten Nahrungsmittels gegenüber Bakterien ist u.a. sein Wasseranteil. Damit wird das Verhältnis des Wasserdampfdruckes in dem Nahrungsmittel zum Dampfdruck von reinem Wasser bei gleicher Temperatur bezeichnet. Die meisten Lebensmittel sind bei einem Wert von weniger als 0,62 vor Verderb geschützt. Darin liegt der Grund für die lange Haltbarkeit verhältnismäßig feuchter Lebensmittel wie Dörrrost (15 bis 20 Prozent Feuchtigkeit) und Kuchen.

Häufig dienen kleine Mengen von Zusätzen wie Glycerin und Salz (zum Beispiel 0,5% Salz und 1,6% Glycerin) dazu, den Wasseranteil im Kuchen zu verringern und somit seine Lagerfähigkeit zu verlängern. Diese Feuchtigkeitszusätze werden häufig verwendet, weil die Feuchtigkeitsmenge, die man einem Kuchen entziehen kann, ohne daß er seine Frische und seinen Wohlgeschmack verliert, begrenzt ist.

Konservierung durch Kältebehandlung

Die Kältebehandlung von Lebensmitteln kennt zwei verschiedene Verfahren: Kühlen und Gefrieren. Beim Kühlen,



Oben: Herstellungsschema gefrorener Kartoffelstäbchen (Pommes frites). Nach dem Fritieren werden die Kartoffelstäbchen verpackt und tiefgefroren, bevor sie an den Großhandel ausgeliefert werden.

Links oben: Herstellung von Kartoffel-Chips. Kartoffeln werden nach Größen sortiert, auf verdorbene Stellen kontrolliert, in 1,4 mm dünne Scheiben geschnitten, gewaschen und mit Öl und Aromastoffen behandelt.



ZEFA/PICTOR

Oben: Trocknungsanlage für Fisch in Norwegen. Durch den Trockenvorgang wird der Wassergehalt herabgesetzt und damit die Verderblichkeit verringert.

das im Temperaturbereich von 0°C bis +8°C erfolgt (die Temperatur eines üblichen Haushalts-Kühlschranks), kommt es nicht zum Kristallisieren des im Lebensmittel enthaltenen Wasseranteils. Kernobst, wie z.B. Äpfel und Birnen, lassen sich fast ein ganzes Jahr bei Temperaturen zwischen +1,5°C und +3°C lagern.

Bei der Konservierung von Fleisch wird sowohl mit Schnellabkühlung als auch mit Gefrieren gearbeitet. In der Regel wird ein Rind gehälftet und innerhalb von 25 Stunden auf 12°C abgekühlt, wobei im Kühlraum oder -tunnel Luft von -13°C mit einer Geschwindigkeit von 2 m/s zirkuliert. Das weitergehende Schnellkühlen und Gefrieren wird dann mit auf -10°C abgekühlter Luft durchgeführt.

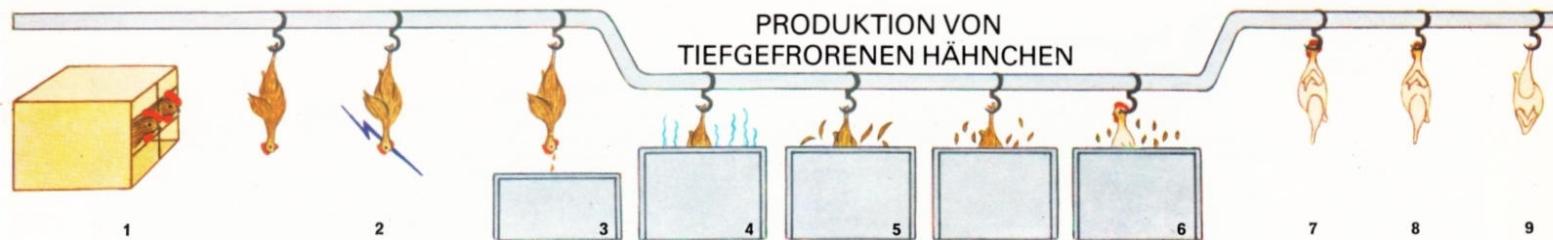
Beide Stufen des Kühlvorganges sind ungefähr 5 1/2 Tage nach dem Schlachten beendet.

Die Kühlgeschwindigkeit von Rindfleisch kann beschleunigt werden, indem man es in kleinere Portionen zerteilt und einem Kaltluftstrom aussetzt. Zum Beispiel können Rinderviertel innerhalb von 21 Stunden auf -20°C gebracht werden, wenn das Fleisch von der Schlachtkette (dem Fließband, an dem die Tiere getötet, enthäutet usw. werden) sofort in einen von

einem Kaltluftstrom durchblasenen Kühl tunnel gebracht wird. Dort lassen Gebläse Luft von -40°C mit einer Geschwindigkeit von 5,1 m/s am Gefriergut vorbeistreichen.

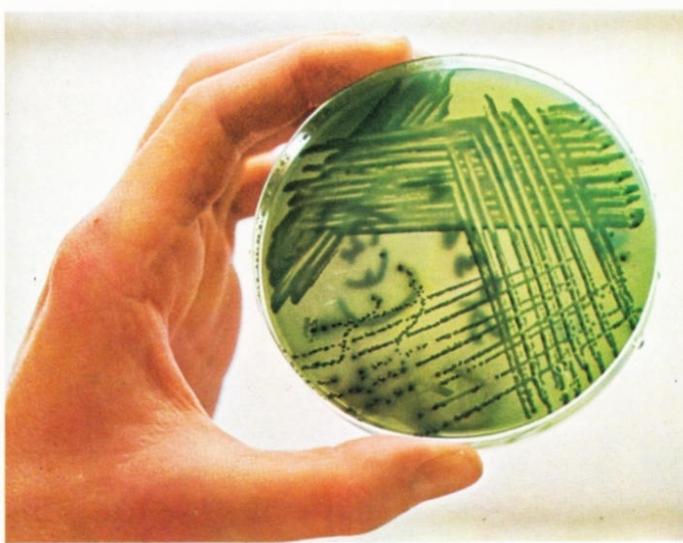
Das Kältebettverfahren kommt für kleine Stücke Gefriergut, wie zum Beispiel Erbsen, in Frage. Auf -23°C abgekühlte Luft wird so unter einem endlosen Gitterband aus Edelstahl entlang geblasen, daß die Erbsen in der Luft schweben, wobei sich die 'Mischung' aus Erbsen und Luft etwa wie eine Flüssigkeit verhält. Die Reynoldszahl (Luftdichte × Erbsendurchmesser × Luftgeschwindigkeit/Luftviskosität) muß größer als 100 sein, damit diese 'Verflüssigung' eintreten kann. In einer solchen Anlage können Erbsen in drei Minuten tiefgefroren werden. Die gesundheitsbehördlichen Auflagen werden dadurch erfüllt, daß das stählerne Transportband durch eine Desinfektions- und Sprühwasser-Waschanlage geführt wird, ehe es zur Aufnahme weiterer Erbsen erneut an die Gefriermaschine läuft.

In der lebensmittelverarbeitenden Industrie wird immer häufiger durch Versprühen von verflüssigtem Stickstoff tiefgefroren. Teurere Lebensmittel wie z.B. Scampi und Fertiggerichte eignen sich besonders gut für diese Behandlung. Flüssiger Stickstoff siedet bei -196°C. Da die Temperatur des beim Versprühen der Flüssigkeit entstehenden Dampfes aus Stickstoffgas zu Beginn ebenfalls -196°C beträgt, dient er dazu, die betreffenden Lebensmittel beim Einbringen in den Kältetunnel vorzukühlen. Auf diese Weise wird der flüssige



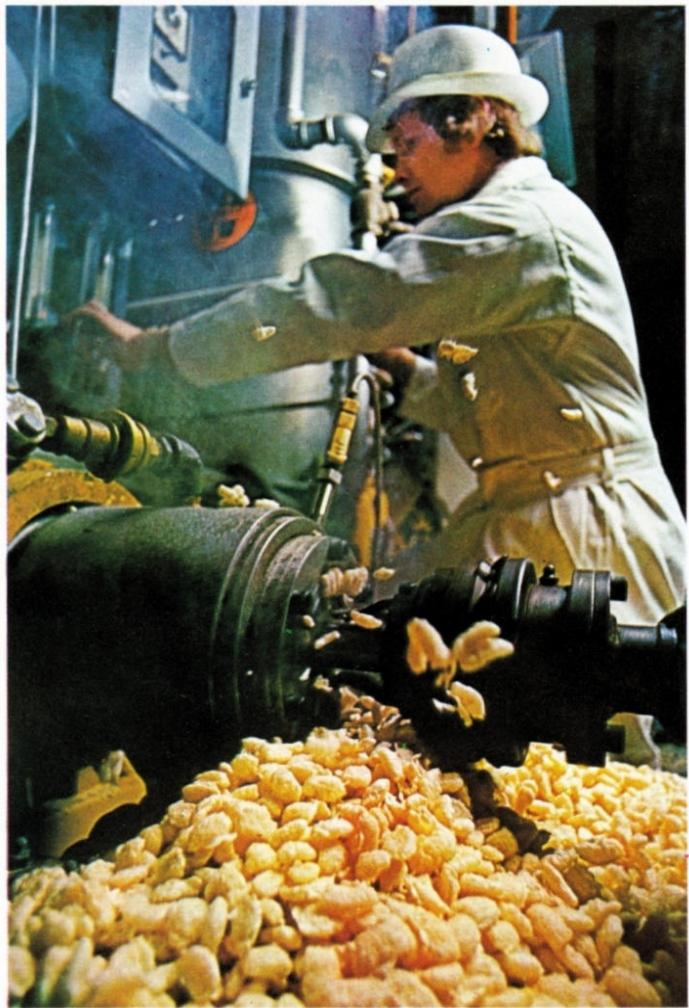
Oben: Die Tiere werden elektrisch betäubt (2), getötet (3), abgebrüht (4), entfedert (5 und 6), geköpft und ausgenommen (7, 8 und 9), gekühlt (10), getrocknet (11), zusammengelegt, vakuumverpackt (12) und tiefgefroren (13).

BIRDSEYE



Oben: Auf einer Wismut-Agar-Nährösung gezüchtete Salmonellenkulturen. Salmonellen sind häufig Ursache für Lebensmittelvergiftungen (Enteritis, Typhus und Paratyphus).

Rechts: Zahlreiche Stärkeprodukte werden durch Ausdehnen des Ausgangsmaterials unter Dampfeinwirkung erzeugt. Es wird unter Druck in einer Stragpresse geformt.



SPILLERS

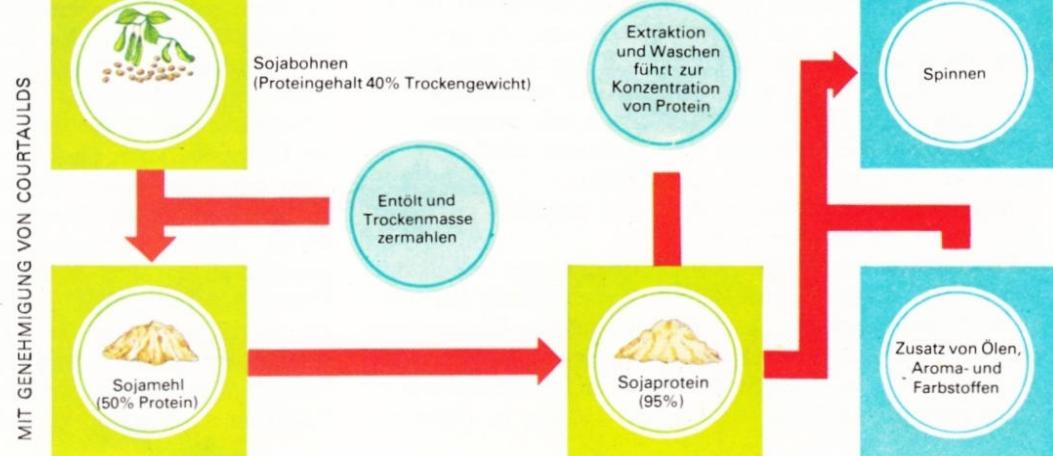
Stickstoff am wirtschaftlichsten eingesetzt, und Wärmespannungen in den Lebensmitteln, die leicht zur Rißbildung führen könnten, werden auf ein Mindestmaß herabgesetzt. Die Herstellung von Tiefkühlkost ist ein bedeutender Industriezweig, der eine ungeheure Vielfalt an Waren produziert.

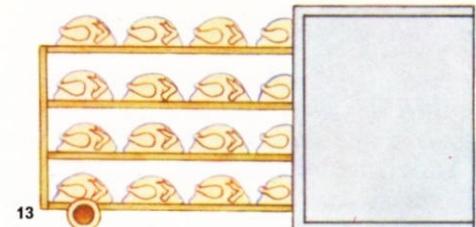
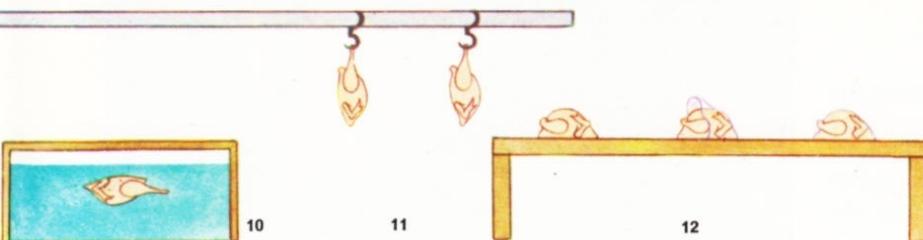
Konservieren durch Wärmebehandlung

Es gibt drei Hauptarten der Lebensmittelkonservierung bei hohen Temperaturen: Pasteurisieren unter 100°C, Sterilisieren (nach dem Eindosen) bei 120°C und Uperisieren (Ultrahoch-Erhitzen) bei 180°C.

Obst in Konservendosen kann fast immer durch Pasteurisieren zwischen 90°C und 100°C konserviert werden, weil sein pH-Wert (je kleiner der pH-Wert ist, um so größer ist der Säuregehalt) im Bereich von 3 bis 4 liegt. Bei diesem pH-Wert — er gibt mittelstarkes saures Verhalten an — wird die Entwicklung pathogener Organismen verhindert. Pampelmusenstücke können nach Ablösen der Außenhaut vorbehandelt werden, indem sie 10 Sekunden lang in eine Ätznatronlösung von 2% bei 98°C eingetaucht werden. Das Ätzna-

Rechts: Die hauptsächlichen und wichtigsten Herstellungs-schritte für Kesp, ein sogenanntes 'Kunstfleisch', das aus Sojabohnen hergestellt wird und pflanzliches Eiweiß enthält. Die Bohnen werden so behandelt, daß das Eiweiß ausgefällt wird. Es wird anschließend mit Ölen, Aroma- und Farbstoffen vermischt und dann gesponnen, in die gewünschte Form gebracht, getrocknet und schließlich verpackt.





tron wird durch anschließendes Eintauchen des Konservierungsgutes in Zitronensäure neutralisiert. Anschließend werden die enthauteten Stücke in der Konservendose 20 Minuten lang bei 100°C pasteurisiert. Diese Dose enthält Rohrzuckersyrup mit einer Gewichtskonzentration von 30 Prozent.

Lebensmittel mit niedrigerer Säurekonzentration (höherem pH-Wert) wie Suppen, Fleisch, Fisch und Gemüseerzeugnisse brauchen eine intensivere Wärmebehandlung; sie werden nach dem Eindosen sterilisiert.

Beim Ultra-Hoch-Erhitzen werden die in der Milch enthaltenen Mikroorganismen in ungefähr drei Sekunden zerstört. Die bekannte Tetraeder- und Kubus-Verpackung für

Milch besteht aus einem mit Alufolie ausgekleideten Wachspapier, das durch Eintauchen in eine Wasserstoffperoxidlösung (H_2O_2) vor dem Einfüllen der uperisierten Milch sterilisiert wird. Dieses Verfahren, bei dem Lebensmittel und Verpackung getrennt sterilisiert werden, heißt keimfreie Verarbeitung. Es findet ebenfalls Anwendung beim Abpacken von Joghurt, Tomatenmark und Säuglingsnahrung.

Trocknungsverfahren

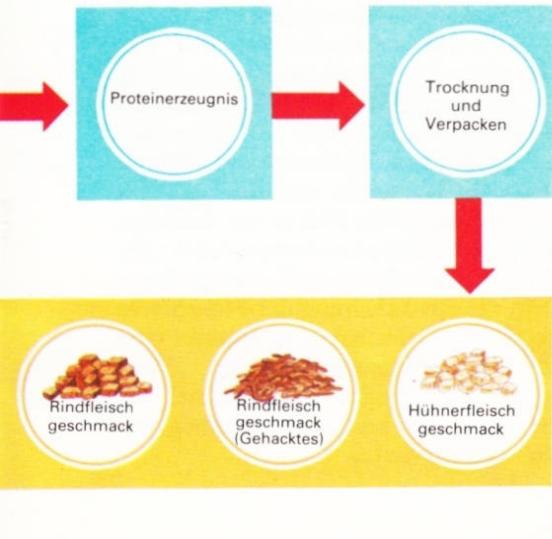
Erbsen können nach dem Fließbett-Verfahren getrocknet werden. Zuvor werden sie gewaschen, nach Größe sortiert und danach in einer umlaufenden Trommel mit Nadeln aufgestochen, um die Feuchtigkeitsaufnahme bei der Zubereitung im Kochtopf des Verbrauchers zu erleichtern. Das Enzym Peroxidase wird durch Blanchieren bei rund 95°C unwirksam

Links: Maschine zur Verpackung von Wurst in Klarsicht-Kunststoffpackungen.



Rechts: Produktionsüberwachungsraum in einer modernen DosenSuppenfabrik.

Rechts unten: Tabelle der Wirkung der wichtigsten Konservierungsmethoden auf Organismen und chemische Bedingungen, die Lebensmittel verderben können.



	Enzyme	Bakterien	Pilze	Sauerstoff	Wasser	ph-Wert-Kontrolle	Ionenstruktur
Kochen	Vernichtet oberhalb 80°C	Vernichtet die meisten	Vernichtet einige				
Gas- und Vakuumverpackung		Verhindert Wachstum	Hemmt	Entzieht oder schließt aus			
Eindosieren oder auf Flaschen ziehen	Vernichtet		Vernichtet einige	Entzieht und schließt aus			
Kühlen	Verlangsamt	Hemmt					
Tiefgefrieren	Verringert die Aktivität	Tötet 50% bis 80% ab	Hemmt		Entzieht		
Trocknung	Vernichtet	Hemmt	Hemmt		Entzieht		
Pökeln	Hemmt	Hemmt	Hemmt	z.T. durch CO_2 ersetzt			Ändert
Einlegen	Macht unwirksam	Macht unwirksam	Hemmt			Verringert	Ändert
Bestrahlung mit Gammastrahlen		Vernichtet	Vernichtet				

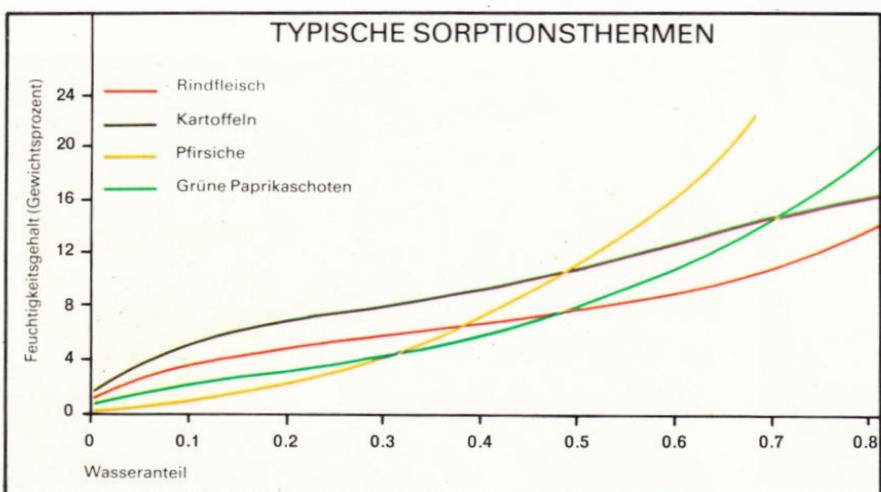
gemacht. Die im Anschluß daran erfolgende Behandlung der Erbsen mit einer Natriumbicarbonatlösung soll ihre Farbe erhalten und sie zarter machen. Mit Hilfe einer verdünnten Natriummetabisulfidlösung ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_2$) soll ein nicht durch Enzyme verursachtes Braunwerden unterbunden und die Lagerfähigkeit der Erbsen verlängert werden.

Die erste Trocknungsstufe wird mit sieben gestaffelten Fließbett-Trocknern (Wirbelbetten) durchgeführt. In ihrem Verlauf steigt die Lufttemperatur allmählich von 40°C auf 55°C an. Im ersten Wirbelbett liegt die Temperatur niedriger, weil die Feuchtigkeit von der Oberfläche der Erbsen rasch verdampft. Dabei würde eine zu hohe Temperatur dazu führen, daß der Zucker aus ihnen herausquillt und einen klebrigen Überzug auf der Außenhaut bildet. In den späteren Stadien der Trocknung sind höhere Temperaturen nötig, weil die Feuchtigkeit aus dem Inneren der Erbse jetzt gegen einen stärkeren Trocknungswiderstand strömt. Am Ende der letzten Fließbett-Trocknungsstufe ist der Feuchtigkeitsgehalt von 80 auf 50 Gewichtsprozent abgesunken.

In der zweiten Stufe des Trocknungsvorgangs wird der Feuchtigkeitsgehalt auf 20 Prozent verringert. Die Trocknung verläuft jedoch so langsam, daß das Fließbett-Trocknungsverfahren keine Vorteile bietet. Daher wird die Durchsatzgeschwindigkeit der Luft verringert, um ein gründliches



PILLERS



Oben: Das Innere eines Sprührochtners. Die Flüssigkeit, wie z.B. Milch oder Kaffee, wird durch die Sprühzentrifuge (oben rechts im Bild) gesprührt. Das Wasser verdampft, sobald es mit der erhitzten Luft in Berührung kommt, und hinterläßt kleine trockene Festkörperchen, die auf den Boden sinken.

Links: Unter Sorption versteht man Absorption als auch Adsorption. Die Sorptionsthermen im Schaubild zeigen das Verhältnis zwischen Feuchtigkeitsgehalt und Wasseranteil der Lebensmittel an. Die meisten Lebensmittel verderben unterhalb eines Wasseranteils von 0,62 nicht mehr.

Trocknen bei geringster Fließbewegung zu erreichen. Der End-Feuchtigkeitsgehalt von 5% wird nach einer Gesamt-Trocknungszeit von ungefähr 16 Stunden in Trockentrommeln erreicht. Die Erbsen werden in Folienbeutel verpackt, damit ihr Fettanteil nicht rancig wird und die Erbsen keine Feuchtigkeit aufnehmen.

Beim Gefriertrocknen werden die Lebensmittel auf -18°C oder tiefer gefroren und dann bei einem Druck von 0,0025 bar in eine Unterdruckkammer gebracht. Bei diesen Bedingungen verwandelt sich das Eis, das sich wegen des Feuchtigkeitsgehalts der Lebensmittel gebildet hatte, unmittelbar in Wasserdampf, der auf den Schlangen eines Kühlers kondensiert.

Pulverförmige Lebensmittel werden häufig im Sprühverfahren getrocknet. Der Sprühnebel tritt entweder aus Hochdruckdüsen oder aus einem mit Drehzahlen bis zu 40 000 U/min laufenden Flügelradzerstäuber aus. Man hat eine einzigartige Methode zur Herstellung von Tomatenpulver entwickelt. Bei ihr wird Tomatenmark — es enthält 33% Tomaten-Festeile — durch einen Flügelradzerstäuber in eine mit gefilterter Luft von 80°C versorgte Trockenkammer gepumpt. An den abgeschrägten Wänden der Kammer lagern sich Trockenpulver-Knötchen ab. Weil Tomatenpulver hygroscopisch (wasseranziehend) ist, wird es in einem Raum mit niedriger Luftfeuchtigkeit (ungefähr 60%) verpackt, um eine Aufnahme von Luftfeuchtigkeit zu vermeiden.

Einlegen, Pökeln und Räuchern

Einlegen bedeutet, Lebensmittel in einer Säurelösung wie zum Beispiel Essig ziehen lassen. Essigsäure behindert das Wachstum von Mikroorganismen eher als daß es sie zerstört, sie wirkt also mehr bakteriostatisch als bakterizid. Die meisten eingelegten Produkte werden pasteurisiert, weil einige Mikroorganismen, wie die Hefe *Saccharomyces acidifaciens* und der Schimmelpilz *Moniliella acetoabutans* der Essigsäure standhalten können. Viele Gemüsesorten, wie Zwiebeln, Rote Beete und Gurken, werden auf diese Weise konserviert.

Gepökelt (eingesalzen) werden Lebensmittel wie z.B. Schinken, Speck und in vielen Teilen der Welt auch Fisch. Den Lebensmitteln wird Salz zugegeben, das Wassermoleküle entzieht und hydratisierte Salzionen bildet. Mit einer hinreichenden Menge Salz kann den Lebensmitteln so viel Wasser entzogen werden, daß man das Wachstum von Mikroorganismen in Grenzen zu halten vermag. Beim Pökeln von Schinken in der Pökelwanne beträgt die Salzkonzentration rund 25% bei einem Anteil von 1,7% Natronsalpeter und einer geringen Menge von Natriumnitrit, das zur Erhaltung der Fleischfarbe dient. Nach dem Pökeln durch Ziehenlassen in Salzlake werden Fische häufig in Räucherkammern gehängt. Durch Räuchern bekommen die betreffenden Lebensmittel ein charakteristisches Aroma und eine bestimmte Färbung, zugleich wird die Oberfläche konserviert.

LEDERHERSTELLUNG

Die Herstellung von Leder aus Tierhäuten ist eine der ältesten Fertigkeiten der Menschheit. Ihre Ursprünge liegen in vorgeschichtlicher Zeit.

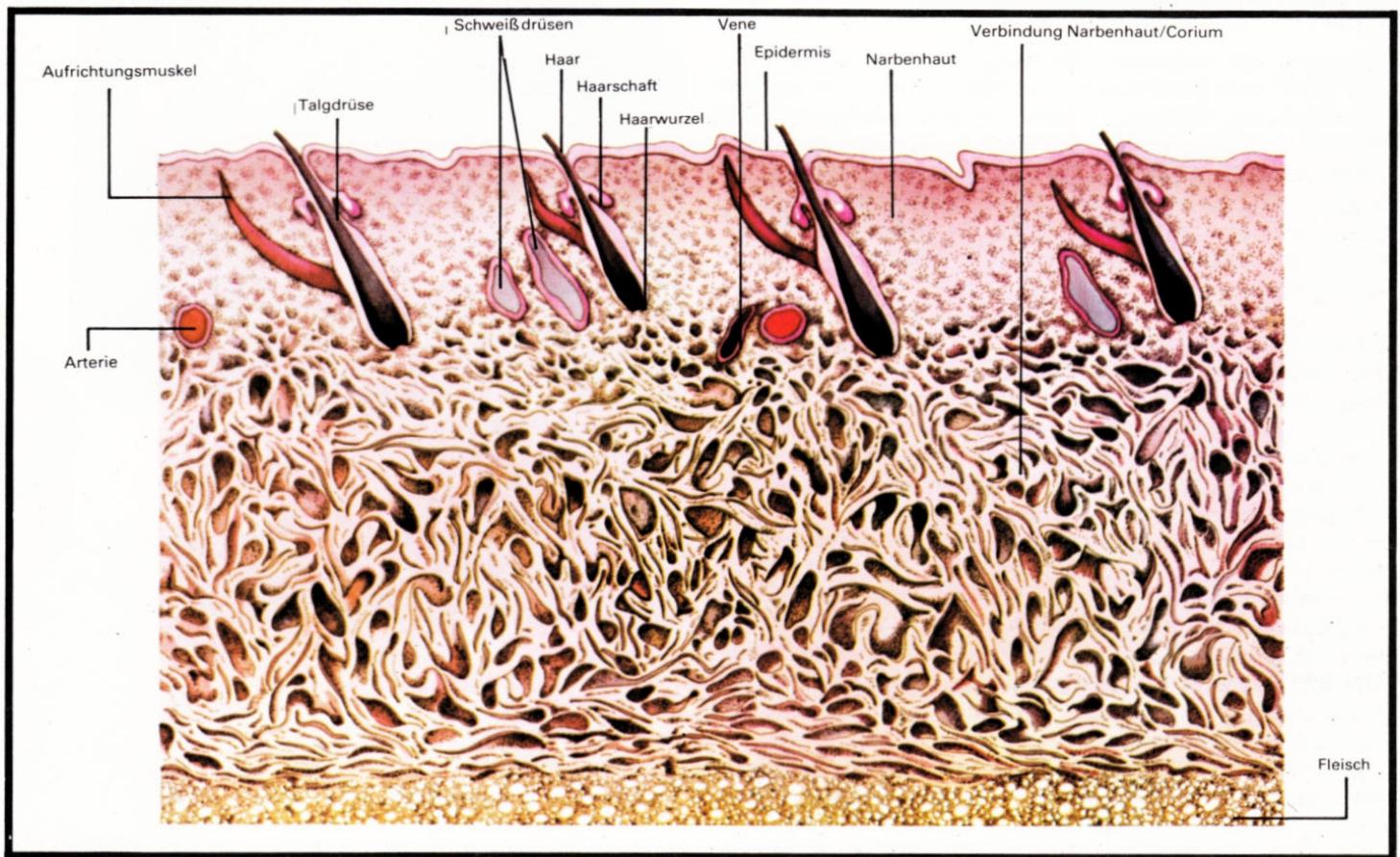
Die Haut und das Fell eines Tieres weisen Bündel zäher Proteinfasern auf. Solange das Tier lebt, enthalten diese Fasern Feuchtigkeit, in der sich Bakterien befinden. Zur Konservierung der Haut müssen diese Bakterien zunächst durch Salzen oder Trocknung abgetötet werden. Dann müssen die Fasern (Kollagen) chemisch behandelt werden, damit auch später keine Fäulnis mehr eintreten kann. Diesen Vorgang bezeichnet man als Gerben. Der prähistorische Mensch fertigte Tierfelle an, um durch magischen Zauber ein besserer Jäger zu werden. Dabei muß es den Menschen aufgefallen sein, daß das Fell durch Einreiben von Tierfett dauerhafter wurde und angenehmer zu tragen war. Beim Versuch, Häute durch Aufbringen verschiedener Pigmente zu färben, dürften bestimmte Substanzen entdeckt worden sein, die Leder zu konservieren vermögen. Schon vor Beginn der historischen Zeit waren Felle ein wertvolles Handelsobjekt.

Im Verlaufe der Jahrhunderte wurden zahlreiche Verfahren zur Konservierung von Fellen und Häuten entwickelt. Die

eingewalkt werden mußte. Obwohl ihre Tätigkeit hohe Anerkennung fand, waren die Gerber wegen des unangenehmen Geruches, der bei der Gerberei entstehen kann, und wegen bei manchen Gerbverfahren auftretenden Berufskrankheiten häufig gezwungen, ihr Leben außerhalb der Stadtgrenzen zu fristen.

Ein Verfahren, das zwar brauchbare, aber keine wasserfesten Leder liefert, nennt man Pseudo-Gerbung. Bei der echten Gerbung dringt der Gerbstoff in den molekularen Aufbau der Fasern ein, wobei er ihre Festigkeit und Haltbarkeit aufrechterhält und sie zusätzlich wasserfest macht. Die Gerbung wurde möglicherweise dadurch entdeckt, daß eine Haut in einer Wasserlache liegen geblieben war, die Blätter, Rinde, Eicheln und anderes gerbsäurehaltiges Pflanzenmaterial enthielt. Die Rinde gewisser Tannenarten und Mimosen, das Holz von Kastanie und Quebracho (einem südamerikanischen Baum), der Eichelbecher von in Europa und Vorderasien

Querschnitt einer typischen Tierhaut. Die Oberhaut (Epidermis) ist eine Außenschicht von zähen Keratinfasern, die vor dem Gerben beseitigt wird. Die Schweißdrüsen geben durch die Poren der Narbenhaut Schweiß ab. Die Talgdrüsen produzieren Öle, die das Haar schützen.



Häute wurden geräuchert, eingesalzen, mit Urin behandelt, in Dunggruben geweicht, gewalkt und über zugespitzte Stecken gezogen. Zum Ersatz der natürlichen Feuchtigkeit wurden Talcum, Mehl und viele andere Stoffe in die Häute eingewalkt. Die Menschen in prähistorischer Zeit (die Eskimos noch in jüngerer Zeit) haben die Häute auch gekaut, um Haar- und Fleischstücke zu entfernen und um sie weicher zu machen. Durch die Entfernung des Fettes, auf dem Bakterien wachsen können, kann das Kauen zur Konservierung der Häute beitragen. Bis zur Einführung von Maschinen im 19. Jahrhundert blieb die Umwandlung von Häuten in Leder schwere Arbeit, weil jedes Behandlungsmittel in die Haut

vorkommenden Eichen, Myrabalam, die unreife, pflaumenartige Frucht eines indischen Baumes, und viele andere Pflanzenteile enthalten Gerbsäuren.

Seit Jahrtausenden wird auch mit mineralischen Stoffen, nämlich Alaunsalzen, gegerbt. Im 19. Jahrhundert wurde dann die Chromgerbung mit Chromsalzen erfunden, mit der die Gerbung statt Wochen nur wenige Tage dauert. Dabei erhält man ein hartes und steifes, blau gefärbtes Leder, das relativ wasserdicht ist. In der Folgezeit wurden auch Möglichkeiten gefunden, um das durch Chromgerbung erhaltene Leder weich und geschmeidig zu machen, nämlich durch Behandlung mit Seifen und Ölen. Als Schuhoberleder werden heute Leder

HERKUNFT	RINDSHÄUTE		KALBS-, JUNGRIND- UND KLEINERE HÄUTE			SCHAFFHÄUTE			ZIEGENHÄUTE		
						WOLLYTYP	HAARTYP				
EUROPA, NORD- UND SÜDAMERIKA, AUSTRALIEN	SÜD- UND MITTELAMERIKA, INDIEN, AFRIKA, ASIEN	EUROPA AMERIKA AUSTRAL- ASIEN	INDIEN ASIEN	AFRIKA		EUROPA AMERIKA NEUSEELAND	SÜDAFRIKA, ÄTHIOPIEN, NORDAFRIKA	INDIEN, NIGERIA	INDIEN, MITTLERER- OSTEN, BRASILIEN, NIGERIA	INDIEN, NIGERIA	EUROPA
GEWÖHNLICHE ART DER KONSERVIERUNG	NAßSALZUNG, SALZLAKEN-, TROCKENEN- TROCKENSALZUNG	SONNENGE- TROCKNET, TROCKENSALZUNG	NAßSALZUNG, SALZLAKEN- BEHANDLUNG	TROCKNUNG, TROCKENSALZUNG, VORGERBUNG	TROCKNUNG UND TROCKENSALZUNG	MEIST GEPICKELT	TROCKENSALZUNG ODER PICKELN	VORGERBUNG	TROCKNUNG UND TROCKENSALZUNG	VORGERBUNG	NAßSALZUNG
HAUPTVERWENDUNG	PFLANZLICHE GERBUNG: SOHLENLEDER, SATTLERWÄDEN, POLSTERLEDER, RIEMEN- KOFFER-, TASCHENLEDER, TECHNISCHE LEDER CHROMGERBUNG: WASSERDICHTES SOHLENLEDER, TECHNISCHE LEDER FALLS GESPÄLTEN: NARBEN- ODER WILDEDER ALS OBERLEDER, POLSTERLEDER	PFLANZLICHE GERBUNG: SCHUHFUTTERLEDER, TASCHENLEDER, BUCHBINDEREI CHROMGERBUNG: SCHUHOBERLEDER, NARBEN- ODER WILDEDER KOMBINIERTE CHROMGERBUNG: SCHUHOBERLEDER	PFLANZLICHE GERBUNG: SCHUHFUTTER, KOFFERFUTTER, MODEWAREN, WALZENLEDER CHROM- ODER KOMBINIERTE CHROMGERBUNG: HANDSCHUHE, LEDERKLEIDUNG	CHROMGERBUNG: HANDSCHUHE, LEDERKLEIDUNG	PFLANZLICHE GERBUNG: SCHUHFUTTER KOMBINIERTE CHROMGERBUNG: DIAPHRAGMEN FÜR GASMESSER, HANDSCHUHE, LEDERKLEIDUNG, ALS WILD- ODER NAPPALADER	CHROMGERBUNG: GLACÉLEDER UND WILDEDER FÜR SCHUHE	PFLANZLICHE GERBUNG: SCHUHFUTTER, MAROKKO- UND MODISCHE LEDER, BUCHBINDEREI KOMBINIERTE CHROMGERBUNG: HANDSCHUHE, KLEIDUNG	LEDER FÜR SOMMERSCHUHE, HANDSCHUHE UND LEDERKLEIDUNG			

Oben: Herkunft und Verwendung von Leder. Die ostindische Gerbung ist eine pflanzliche Gerbung, die man zur Herstellung von Rind-, Schafs- und Ziegenleder anwendet.

verwendet, die entweder vollständig durch Chromgerbung oder durch eine Kombination aus pflanzlicher Gerbung und Chromgerbung erhalten werden. Mit dem technischen und chemischen Wissen unserer Zeit kann heute eine Vielzahl von Lederqualitäten wirtschaftlich hergestellt werden. Eine der jüngsten Entwicklungen besteht in der Verwendung von Aluminiumsalzen, die lichtechtes weißes Leder ergeben. Auch werden heute zur Beschleunigung des Trocknens Lösungsmittel verwendet.

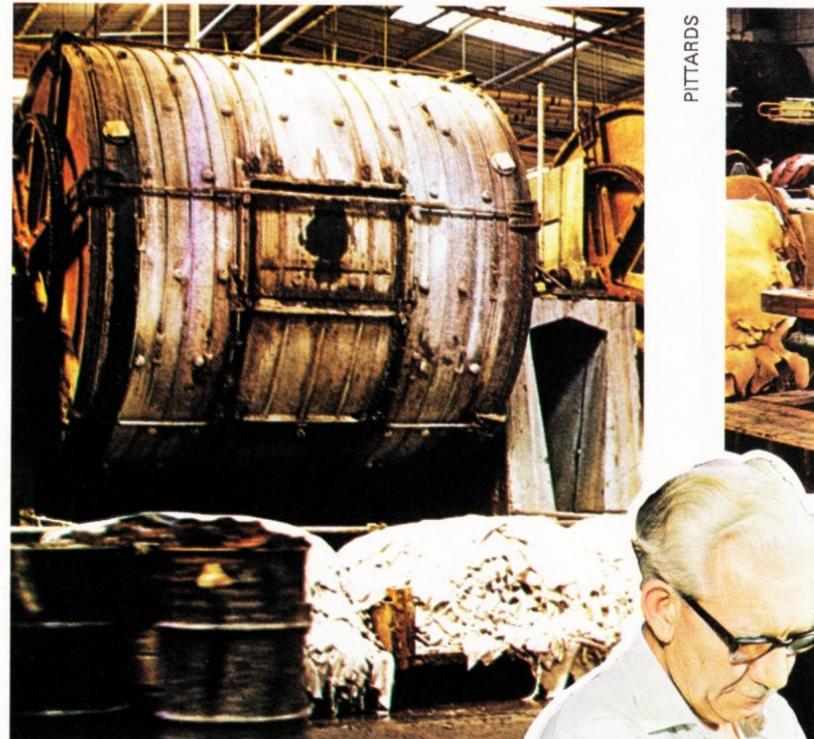
Technische Vorbehandlung der Haut

Die Hämme werden häufig direkt nach dem Abziehen im Fleischverwertungsbetrieb eingefroren, gesalzen oder in Salzlake gelegt. Manche Hämme werden angetrocknet, können dann aber kein erstklassiges Leder mehr ergeben. Durch das Trocknen wird die Lederqualität gemindert, auch können Schwierigkeiten bei späteren Bearbeitungsstufen entstehen. In der Gerberei werden die Hämme zunächst zugeschnitten, wobei unbrauchbare Randstücke oder ähnliches entfernt werden. Dann wird nach Größe, Dicke und Gewicht sortiert.

Rinderhämme werden gewöhnlich als ganze Haut, als Seite, d.h. vom Rückgrat abwärts reichendes Stück, oder als Bauchseite, hier in 2 Teile geschnittene Haut, nämlich Schulterstück (vorn) und Endstück (hinten), verkauft. Das Endstück ergibt die höchste Lederqualität.

Die Hämme werden dann in rotierenden Fässern in Wasser geweicht, dem Bakterizide und Detergentien zugesetzt werden können. Dadurch wird die Haut auf spätere Bearbeitungen vorbereitet. Gleichzeitig werden einige der Nahrungsproteine, die das Bakterienwachstum unterhalten könnten, beseitigt. Das Weichen muß sorgfältig überwacht werden, damit die Entstehung solcher Bakterien, die den ganzen Ansatz ruinieren könnten, verhindert wird.

Falls das Haar wertvoll ist, enthaart man das Fell mit einem chemischen Spray oder indem man auf die Fleischseite einen Brei aus Natriumsulfid aufträgt. Das Natriumsulfid dringt bis zur Haarwurzel vor und lockert sie. Ist das Haar wertlos, wird geäschert (Aufquellen in alkalischer Kalklösung). Das Äschern erfolgt in rotierenden Holzzyllindern oder in mit Rührern ausgestatteten Haspeln. Dabei wird das Haar gelockert und die Oberhaut zerstört. Ferner werden die Faserbündel im Innern der Haut aufgelockert. Um die Entfernung von Haar und



Oben: In einer modernen Gerberei werden die wesentlichen Arbeitsgänge wie Waschen, Enthaaren, Entfetten und Chromgerbung in großen Fässern durchgeführt. Sie drehen sich, damit die chemischen Behandlungsmittel mit Sicherheit auf alle Stellen der Hämme verteilt werden. Nach dem Gerben werden die Blößen gewöhnlich gespalten.

Rechts: Eine alte Technik ist das 'Stollen', d.h. Ziehen des Leders über eine scharfe Kante. Dadurch bleiben die Proteinfasern geschmeidig und die Reifung wird beschleunigt.

PITTARDS

Oberhaut zu unterstützen, setzt man auch hier Natriumsulfid zu. Auf einer Walzenmaschine werden dann die Haare mit stumpfen Eisen abgeschabt.

Die weiteren Behandlungen der Haut, die nach der Enthaarung als Blöße bezeichnet wird, richten sich nach der Lederart, die man erzeugen will. Zunächst wird die Blöße durch Behandeln mit einer sauren Lösung entkalkt. Dann folgt das Beizen, ein mildes Verfahren zum Abbau eines gewissen Kollagenanteils und zur Erweichung der Blöße unter dem Einfluß von Enzymen. (Das Beizen kann bei der Herstellung von festen Ledersorten wie Sohlenleder entfallen.) Dann wird die Blöße mit einer Lösung aus Kochsalz und Schwefelsäure gepickelt. Diese Verfahrensstufe ist besonders wichtig, wenn eine Chromgerbung folgen soll. In modernen Gerbereien werden alle diese Arbeitsgänge in einer einzigen Vorrichtung ausgeführt.

Gerbung

Das Gerben erfolgt heute nach drei verschiedenen Verfahren: mit pflanzlichen Gerbstoffen, durch Mineralgerbung oder mit Ölen (im Fall von Ledern mit Sämischnleder).



Ganz oben: Die gespaltenen Blößen werden auf gleichmäßige Dicke 'geschoren', gefärbt und getrocknet. Hier ein Vakuumtrockner.

Oben: Stollmaschine, mit der die Faserstruktur aufgelockert und die natürlichen Gleitmittel auf die ganze Dicke des Leders verteilt werden.



Oben: In Kenia ist die Ledererzeugung ein bedeutender Industriezweig. Die Abbildung zeigt die 1. Stufe der Lederherstellung, das Abschaben loser Hautstücke von der Unterseite des Felles. Darauf folgt das mehrwöchige Weichen.



Oben: Strecken von Leder in einem Rahmen. Die Aufnahme stammt aus Äthiopien.

Rechts: Verschiedene Stadien der Bearbeitung von Leder in einer modernen Verarbeitungshalle. Nach dem Gerben werden die Blößen gewaschen und ausgewrungen. Anschließend wird das Leder je nach Verwendungszweck in entsprechende Dicken gebracht und nachgegerbt, um bestimmte Eigenschaften zu erzielen.

Unten: Das Lederboot 'Brendan', das 1977 zu einer Atlantiküberquerung benutzt wurde. Damit sollte demonstriert werden, daß eine solche Reise möglich ist, und daß irische Mönche im Mittelalter eine solche Reise unternommen haben könnten.

Das Gerben mit pflanzlichen Gerbstoffen dauert am längsten. Die Blößen verweilen mehrere Wochen in der Gerbsäurelösung, wobei sie in immer stärker konzentrierte Bäder umgelagert werden. Feste Leder, z.B. Sohlen- oder Treibriemenleder, werden am längsten behandelt. Feine Leder, wie Kalbsleder für die Buchbinderei und zur Herstellung von Luxusartikeln, werden sorgfältig entkalkt und gelegentlich vor dem Gerben gepickt. Feine Leder können schon nach 12 Stunden gegerbt sein.

Die Mineralgerbung benötigt weniger Zeitaufwand und liefert ein sehr strapazierfähiges Produkt. Allerdings färbt sich das Leder dabei an, und man benötigt zusätzliche Arbeitsgänge, um diese Färbung zu überdecken. Die Mineralgerbung wird als Einbad- oder Zweibadverfahren ausgeführt. Manche Verfahren arbeiten mit sich vor- und zurückdrehenden Gerbfässern, die an der Innenseite Zapfen als Schikanen zur Bewegung der Blößen haben. Temperatur und Konzentration der verschiedenen Gerblösungen werden heute automatisch gesteuert.

Das Gerben mit Ölen geht unmittelbar auf die historische Arbeitsweise zurück. Die natürliche Feuchtigkeit des Leders wird hierbei durch Fischöl ersetzt. Das Leder wird zunächst vorsichtig angetrocknet und dann unter Besprühen mit dem entsprechenden Öl gewalkt. Dieser Vorgang wird so oft wiederholt, bis sämtliches Wasser ersetzt ist. Anschließend wird das Öl durch Einwirkung von Hitze zersetzt.

Sollen transparente Oberflächenbeschichtungen aufge-



bracht werden, muß man in diesem Stadium der Verarbeitung färben. Durch das Fetten mit Emulsionen von natürlichen Ölen oder Fetten in Wasser wird die Neigung der Faserbündel, sich beim anschließenden Trocknen wieder zu fest aneinanderzulagern, vermindert.

Trocknung

Derbe Leder werden langsam getrocknet, obgleich die Chromleder so fest sind, daß sie auch in wenigen Stunden getrocknet werden können. Gelegentlich wird das Leder an Haken in einen Warmluftstrom gehängt. Die Narbenseite wird mit Öl bestrichen, damit die Feuchtigkeit an der Fleischseite entweichen muß. Die meisten Leder werden heute auf Fördereinrichtungen in tunnelartigen Trockenkammern getrocknet. Wenn man das Leder vor dem Eintritt in die Trockenkammer mit Klammern auf einen Rahmen spannt, kann eine Schrumpfung beim Trocknen vermieden werden.

Das Leder ist jetzt steif. Es wird daher mit einer Seifenlösung bestrichen oder besprüht und liegengelassen, bis es den gewünschten Feuchtigkeitsgrad erreicht hat. Technische Leder werden zusätzlich mit Fett imprägniert, um wasserabstoßend zu werden.

Viele Leder werden dann noch 'gestollt', ein Vorgang, der dem früheren Ziehen über angespitzte Stecken (Stollpfahl) entspricht. Moderner ist die maschinelle Lockerung der Fasern. Dann folgt die letzte Trocknung, häufig mit einer Vakuumtrocknungsmaschine.

Zurichtung

Nach dem Trocknen wird das Leder mit rotierenden Stahlzylindern, die mit Schleifpapier umkleidet sind, auf gleichmäßige Dicke geschliffen. Zur Herstellung von Wildleder erzeugt man auf der Fleischseite mit hochtourigen Schmirgelwalzen das samartige Aussehen. Sohlenleder wird in schweren Maschinen gepreßt, wo es die nötige Festigkeit erhält. Ferner kann man mit erhitzten gravirten Platten auf der Narbenseite ein Muster einpressen. Boxleder erhält man, indem man Leder aufeinandergelegt zwischen Walzen preßt, die in gleicher Richtung rotieren. Glanzlacke werden mit Hilfe von erhitzten Glas- oder Stahlzylindern aufgetragen. Zum Färben mit Deckfarben wird die Farbstoffzubereitung mit Schwämmen oder Bürsten aufgetragen. Harzfüllstoffe und pigmentierte oder klare Lacke werden meist aufgesprührt.



LEGIERUNGEN

Reine Metalle werden heute in der Praxis kaum noch verwendet. Ihre Eigenschaften können durch gezieltes Mischen mit anderen Metallen — sie bilden dann Legierungen — wesentlich verbessert werden. Man kennt heute mehrere Tausend Legierungen, die kommerziell verwendet werden. Sie reichen von der Bronze — einer etwa 3000 v. Chr. entdeckten Legierung — bis zu Titanlegierungen, die in Flugzeugen und Rennautos Verwendung finden.

Die Herstellung von Legierungen kann ein schwieriges Vorgehen sein. Dies hängt von der Anzahl der verschiedenen zur Legierungsbildung verwendeten Elementen und von ihren genau zu bemessenden prozentualen Anteilen ab. Das einfachste Verfahren besteht darin, die einzelnen Metalle in ihrem prozentualen Verhältnis zusammenzuschmelzen, was jedoch nicht immer möglich ist. Denn liegen die Schmelzpunkte der einzelnen Komponenten weit auseinander, kann die Komponente mit dem niedrigeren Schmelzpunkt einer



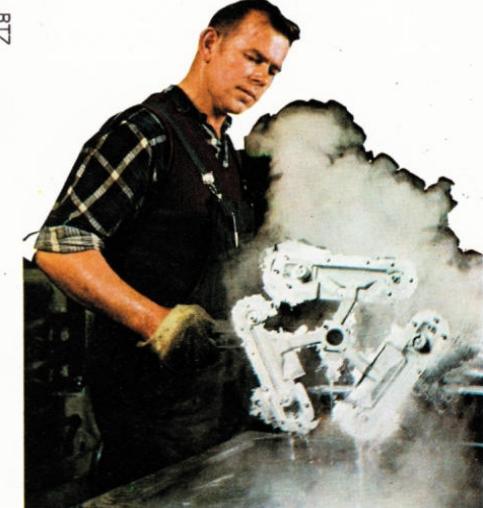
UNION CARBIDE



Oben rechts: Eisen wird in die Gießpfanne mit Nickel und Magnesium gegossen. Es entsteht eine Magnesiumflamme. Der Kohlenstoff bildet Kugeln; es entsteht Kugelgraphitguß.

starken Verdampfung unterliegen. Kupfer beispielsweise schmilzt bei 1084°C, während Zink bei 419°C schmilzt und bei 907°C zu sieden beginnt. Bei der Herstellung von Messing würde beim gleichzeitigen Erhitzen der beiden Metalle Kupfer und Zink auf 1084°C das Zink schon weitgehend verdampft sein, bevor Kupfer in den geschmolzenen Zustand übergeht.

Deshalb wird bei der Herstellung von Messing zuerst das Kupfer verflüssigt und anschließend festes Zink der Schmelze beigefügt. Das Zink löst sich sehr schnell in dem flüssigen



Links und oben: Druckguß ist eine Technik, die dazu verwendet wird, schwierig zu formende Metallteile herzustellen. Dazu ist eine leichtflüssige Legierung nötig, die die Gußform vollständig ausfüllt. Hier wird eine Zinklegierung verwendet. Die geschmolzene Legierung kommt in einen Warmhalteofen und wird von dort in die Preßform gebracht, wo sie sich verfestigt.

Kupfer und verdampft deshalb nur wenig. Wegen der hohen Temperaturen tritt trotzdem ein Verlust ein, weshalb der Schmelze zusätzlich Zink zugeführt werden muß. Eine andere Möglichkeit, Elemente mit weit auseinanderliegenden Schmelzpunkten zu mischen, ist die Herstellung einer 'Mutterlegierung'. Enthält beispielsweise eine Legierung 5% von Metall A, das einen Schmelzpunkt von 1000°C hat, und 95% eines bei 450°C schmelzenden Metalles, würde es schwierig sein, zuerst 5 kg des Metalles A zu schmelzen und dann 95 kg des Metalles B hinzuzufügen. Stattdessen stellt man eine 'Mutterlegierung' her, die die beiden Metalle zu 50% enthält. Teile hiervon werden dann mit den verbleibenden Grundsubstanzen verschmolzen.

Metallkristalle

Die Eigenschaften von Legierungen können nur über die atomare Struktur reiner Metalle verstanden werden. Obwohl Metalle von ihrer Oberfläche her nicht als Kristalle erkannt werden, haben sie doch kristalline Strukturen, d.h. die Atome sind in gleichförmigen Mustern, dem sogenannten Gitter, angeordnet. Dies bedeutet, daß die Atome an fest vorgegebenen Gitterpunkten mit einer geometrischen Struktur sitzen. Gegen mechanische Einwirkungen sind Metallgitter nicht sehr beständig, da die Atome in übereinanderliegenden Schichten angeordnet sind, die sich bei mechanischer Einwirkung gegeneinander verschieben können. Nach Beendigung der mechanischen Einwirkung kehren die Schichten nicht in ihren ursprünglichen Zustand zurück. Dies bedeutet, daß Metalle verformbar sind.

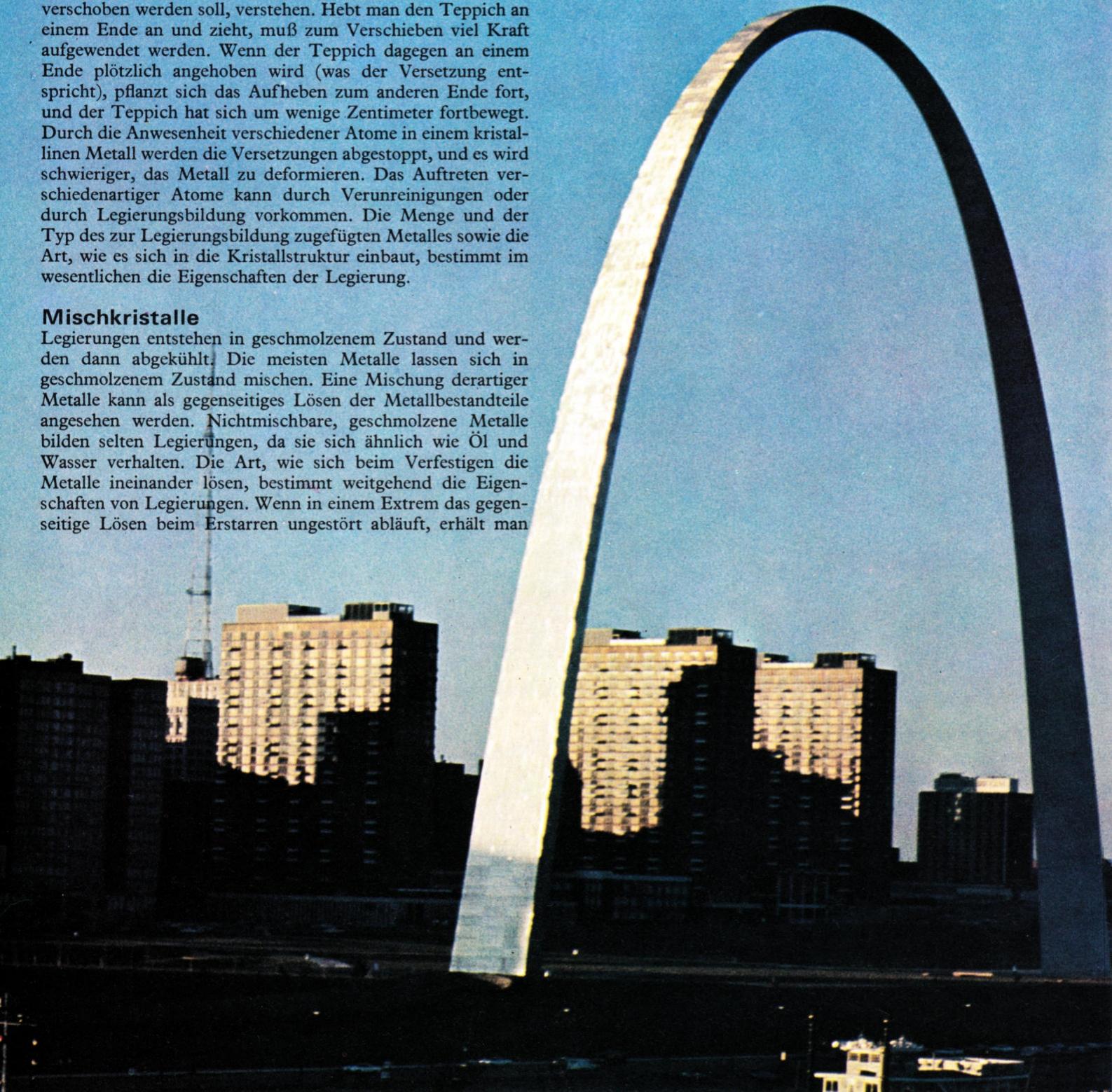
In Wirklichkeit beruht die leichte Verschiebbarkeit der einzelnen Schichten auf Defekten (sogenannte Versetzungen) in der sonst perfekten Kristallstruktur. Die Versetzungen lassen sich am Modell eines Teppichs, der auf dem Fußboden verschoben werden soll, verstehen. Hebt man den Teppich an einem Ende an und zieht, muß zum Verschieben viel Kraft aufgewendet werden. Wenn der Teppich dagegen an einem Ende plötzlich angehoben wird (was der Versetzung entspricht), pflanzt sich das Aufheben zum anderen Ende fort, und der Teppich hat sich um wenige Zentimeter fortbewegt. Durch die Anwesenheit verschiedener Atome in einem kristallinen Metall werden die Versetzungen abgestoppt, und es wird schwieriger, das Metall zu deformieren. Das Auftreten verschiedenartiger Atome kann durch Verunreinigungen oder durch Legierungsbildung vorkommen. Die Menge und der Typ des zur Legierungsbildung zugefügten Metalles sowie die Art, wie es sich in die Kristallstruktur einbaut, bestimmt im wesentlichen die Eigenschaften der Legierung.

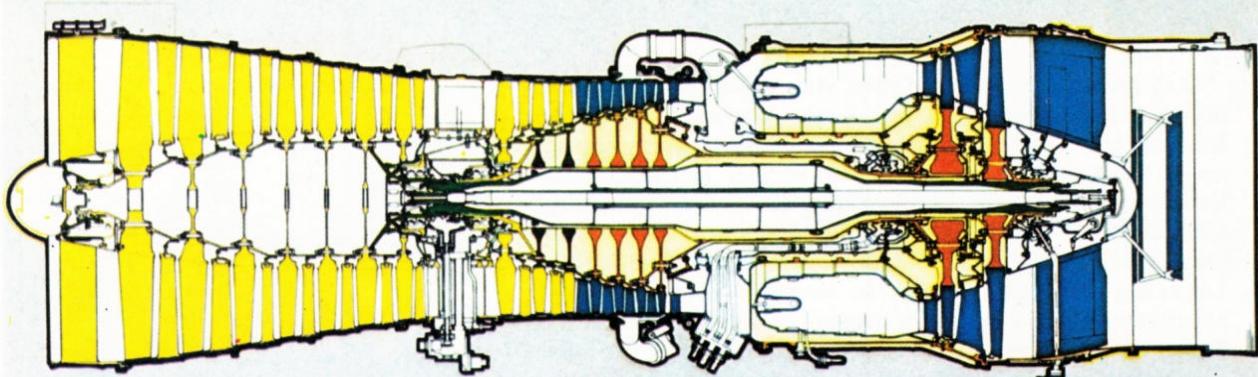
Mischkristalle

Legierungen entstehen in geschmolzenem Zustand und werden dann abgekühlt. Die meisten Metalle lassen sich in geschmolzenem Zustand mischen. Eine Mischung derartiger Metalle kann als gegenseitiges Lösen der Metallbestandteile angesehen werden. Nichtmischbare, geschmolzene Metalle bilden selten Legierungen, da sie sich ähnlich wie Öl und Wasser verhalten. Die Art, wie sich beim Verfestigen die Metalle ineinander lösen, bestimmt weitgehend die Eigenschaften von Legierungen. Wenn in einem Extrem das gegenseitige Lösen beim Erstarren ungestört abläuft, erhält man

einen sogenannten Mischkristall. Hierbei erhält die Legierung eine körnige, kristalline Struktur, wobei jedes Korn die gleiche Zusammensetzung wie in der Schmelze hat. Nur wenige Metallkombinationen (beispielsweise Kupfer und Nickel) können in dem gesamten denkbaren Mischungsbereich Mischkristalle bilden.

Im anderen Extrem trennen sich die Metallbestandteile beim Erstarren. In diesem Moment besteht die Legierung aus einem Gemisch von rein metallischen Kristallen. Im Normalfall liegt eine begrenzte Löslichkeit der Metalle untereinander vor, wodurch die Legierung aus einem Gemisch von zwei festen Lösungen besteht. Man spricht meist auch von Phasen. Als Beispiel sei die Blei/Zinn-Legierung betrachtet. Die sogenannte α -Phase enthält vorzüglich Blei, in dem 5% Zinn gelöst ist. Die β -Phase hingegen besteht hauptsächlich aus Zinn mit 1% Bleianteil. Von Bedeutung ist die Zusammensetzung 62% Zinn und 38% Blei, denn hier schmilzt die Legierung ähnlich einem Metall bei einer festen Temperatur. Die





Oben: Die Verwendung von Legierungen im Turbo-Jet Olympus 593. Die Legierung 'Waspaloy' setzt sich aus Nickel, Chrom, Kobalt, Molybdän, Titan und Aluminium zusammen.



A. M. & S. EUROPE

Oben: Wandtafelung aus einer sehr geschmeidigen Zinklegierung.

Unten: Der 'Gateway Arch' in St. Louis in den Vereinigten Staaten. Der 192 m hohe Bogen wurde aus einer Stahllegierung hergestellt und hat eine perfekte parabolische Form. Er hat ein Betonfundament.

Zinn/Blei-Legierung in diesem Mischungsverhältnis nennt man ein eutektisches Gemisch. Wird die Oberfläche nach dem Polieren unter einem Mikroskop betrachtet, erscheint das Zinn in der β -Phase als fein verteilte Teilchen, die von Blei umgeben sind. Diese Legierung mit dem festen Schmelzpunkt wird vielfach als Lötzinn benutzt. Eine andere Legierung mit 65% Bleianteil weist in der Mikrostruktur vergleichsweise große Körner der α -Phase auf. Der Bereich des Schmelzens erstreckt sich über einen Temperaturbereich von etwa 70°C, wodurch sie während des Erstarrens leicht verformbar ist. Aus diesem Grunde kann diese Legierung z.B. bei der Verbindung von Rohren eingesetzt werden. Sie ist auch unter dem Namen Bleilot bekannt.

Gitterstruktur der Legierungen

Bei Mischkristallen kennt man zwei Strukturen: die substitutionelle und die interstitielle (Zwischenräume füllende) Struktur. Bei substitutionellen Mischkristallen ersetzen Atome des zugesetzten Metalles Atome des 'Muttermetalls', normalerweise stochastisch (zufällig). In einer kubischen Kristallstruktur beispielsweise, bei der die 'Muttermetalle' an jeder Ecke gruppiert sind, werden einige Ecken stochastisch von den Atomen des zugesetzten Metalles ersetzt. Dies kann allerdings nur dann geschehen, wenn die Größe beider Metallatome etwa gleich ist. Aber gerade die geringe Differenz in der Größe der Atome verhindert die Gitterversetzung und ruft eine Härtung der Legierung hervor. Dieser Effekt wird allerdings nicht oft beobachtet. Kupfer und Nickel bilden solche Mischkristalle.

In interstitiellen Mischkristallen sind die Atome des zusätzlich beigefügten Elementes ähnlich kleinen Bällen innerhalb des Würfels eines 'Muttermetalls' angesiedelt. Die Atome des 'Muttermetalls' besetzen die Ecken des Würfels. Vielfach ist das additive Element nichtmetallisch. Beispiele hierfür sind Kohlenstoff oder Stickstoff, deren Atome so klein sind, daß sie innerhalb des Gitters ausreichend Platz haben.

In einigen Kristallstrukturen bilden die interstitiellen Atome spezielle effektive Barrieren für die Versetzung. Deshalb brauchen sie nur in geringen Mengen zugesetzt zu werden. Beispielsweise erhöht die interstitielle Lösung von nur 0,1% Kohlenstoff in reinem Eisen dessen Härte um das Zehnfache, wodurch das weiche Eisen in harten Stahl verwandelt wird.



PHOTRI

Man kennt auch andere Typen von Legierungsstrukturen, bei denen zwei verschiedene metallische Atome eine chemische Bindung in einigen vorgegebenen Verhältnissen (1:1, 2:2, 2:3 usw.) bilden. Solche Legierungen werden intermetallische Verbindungen genannt. Sie verfügen über eine regelmäßige Gitterstruktur. Intermetallische Verbindungen sind extrem hart und spröde. Werden solche Körner in eine andere Legierung dispergiert, tragen sie sowohl zur Zähigkeit des Mischkristalles als auch zu seiner Härte bei. Blei/Zinn/Antimon-Legierungen haben eine Mikrostruktur von vergleichsweise großen Kristallen aus intermetallischer Verbindung von Zinn und Antimon, die sich in einer weichen kristallinen Phase, die im wesentlichen ein feines Gemisch aus Blei, Zinn und Antimon darstellt, befinden. Sie eignen sich sehr gut für Lager, bei denen die harte intermetallische Verbindung die Verschleißfestigkeit gewährleistet und die weichere kristalline Phase es dem Lager ermöglicht, sich genau dem Profil der rotierenden Welle anzupassen.

Aushärtung

Intermetallische Verbindungen können auch eine Rolle bei dem Aushärten von Legierungen spielen. Ein Nachteil beim Aushärten eines Mischkristalles besteht darin, daß das Kristallgitter bei hohen Temperaturen zu heftigen Störungen neigt. Dies fördert die Versetzungen, so daß das Metall weich wird. Wird eine Legierung, die unter Normalbedingungen eine geringe Menge intermetallischer Anteile enthält, rasch abgekühlt, werden diese Anteile in einer übersättigten 'festen Lösung' gehalten. Nachfolgendes Erhitzen auf sorgfältig kontrollierte Temperaturen führt zur Aushärtung der intermetallischen Verbindung, die im Mischkristall sehr fein verteilt ist. Die kleinen, harten, abgeschiedenen Teilchen sind tatsächliche Barrieren gegen Verschiebungen von Kristallebenen. Was noch bedeutender ist, sie steigern ihre Wirksamkeit, bezogen auf die Temperatur, bei der sie zu wachsen oder sich wieder aufzulösen beginnen. Ein weiterer wichtiger Vorteil der ausscheidungsgehärteten Legierungen liegt darin, daß übersättigte Mischkristalle vielfach relativ weich sind, wodurch die Legierung leicht bearbeitet werden kann, bevor die endgültige Aushärtung erfolgt.

Vergütung von Stahl

Es gibt einen speziellen Typ übersättigter Mischkristalle, die eine besondere Rolle bei der Vergütung von Stahl spielen. Wird Stahl von 800°C durch Abschrecken in kaltem Öl sehr schnell abgekühlt, wird eine typische Strukturänderung, die bei etwa 700°C eintritt, umgangen. Bei dieser Temperatur wandern Kohlenstoffatome durch das Eisen und bilden Eisencarbidbereiche. Dies erfordert aber bei erhöhten Temperaturen Zeit, die durch schnelles Abkühlen 'übersprungen' wird. Durch das Abschrecken erfolgt die Strukturänderung des Stahles in statistischer Weise bei etwas erhöhter Raumtemperatur. Hierbei verändern die Kohlenstoffatome die Gitterstruktur in der Weise, daß die gegenseitigen Verschiebungen aufs äußerste behindert werden.

Derart behandelter Stahl wird als Martensit bezeichnet. Er ist äußerst hart. Er kann jedoch nicht sinnvoll eingesetzt werden, da dieser Stahl auch sehr spröde ist. Dieses Verhalten zeigt, daß man für Legierungen einen Mittelweg finden muß. Die Sprödigkeit von Martensit kann abgebaut werden, wenn man den Stahl tempert (Wiedererhitzen auf Temperaturen zwischen 500°C und 700°C) und anschließend langsam abkühlt. Hierdurch wird die Sprödigkeit des Stahles vermieden; die Härte bleibt aber erhalten.

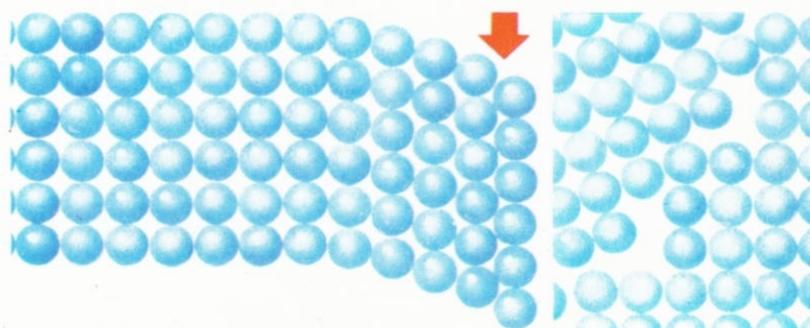
Bekannte Legierungen

Bronze ist die erste vom Menschen hergestellte Legierung. Sie besteht aus einem 10:1-Gemisch von Kupfer und Zinn. Eine

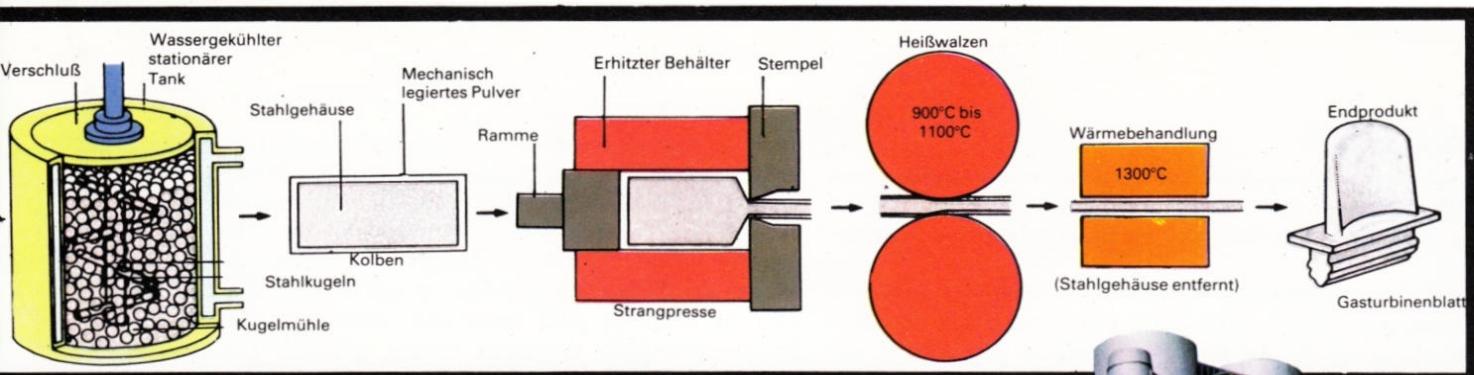


weitere Kupferlegierung ist Messing, das zwischen 10 und 30 Gewichtsprozenten Zink enthält. Gußeisen ist eine verunreinigte Form des Eisens, das zwischen 2% und 4,5% Kohlenstoff und Spuren von Magnesium, Phosphor, Silicium und Schwefel enthält. Legierungen aus Gußeisen enthalten Elemente wie Nickel, Chrom und Molybdän, die die Eigenschaften des ursprünglichen Gußeisens verändern. Stahl ist im wesentlichen eine Eisen/Kohlenstofflegierung, die weniger als 2% Kohlenstoff, weniger als 1% Magnesium und geringe Anteile an Silicium, Phosphor, Schwefel und Sauerstoff enthält. Legierungsstähle enthalten folgende Elemente mit ungefährer Angabe ihrer Gewichtsprozente: Chrom oder Nickel (0,4% oder mehr), Molybdän, Wolfram oder Vanadium (0,1% oder mehr), Magnesium (10% oder mehr). 18/8-Stahl (nichtrostender Stahl) enthält 18% Chrom, das einen festen, dünnen Oxidfilm auf der Oberfläche des Stahles erzeugt. Dieser durchsichtige Film schützt das Eisen vor dem Rosten. Durch Beifügen von 8% Nickel kann die Legierung leicht bearbeitet werden. Der Chromstahl wird im Haushalt vielfältig benutzt. Beispiele sind Spülen oder auch Bestecke.

Nickellegierungen basieren auf Nickel, dem Aluminium, Titan und Molybdän beigefügt wurden. Man setzt sie hauptsächlich dort ein, wo eine hohe Temperaturbeständigkeit



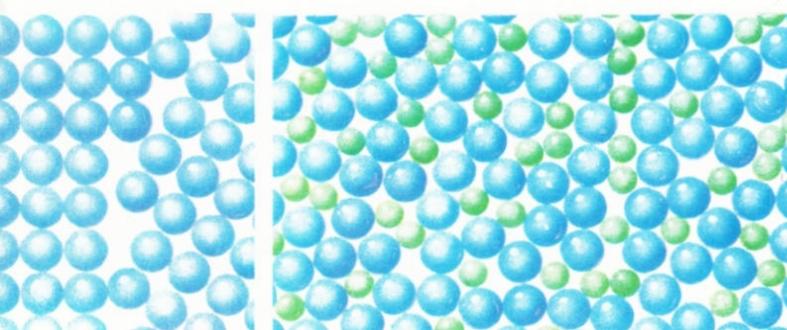
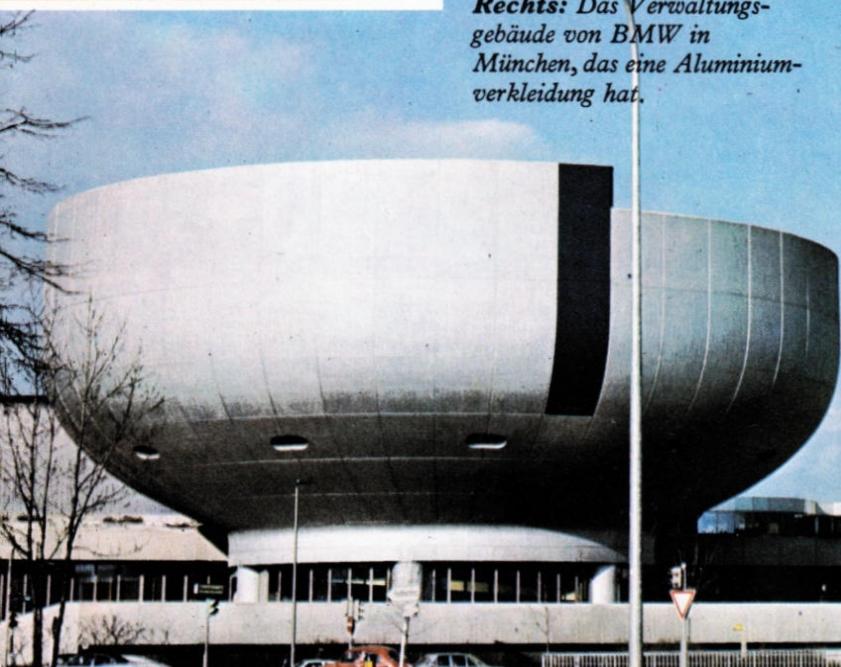
(a) Reines Metall läßt sich leicht verbiegen, weil seine Atome genau untereinanderliegen. (b) Versetzungen zwischen den



Oben: Bei den üblichen Legierungstechniken bilden einige Metalle Lösungen im flüssigen Zustand, die sich beim Verfestigen wieder trennen. Beim mechanischen Legieren wird das verhindert. Feinkörnige Metalle werden zu einer pulverförmigen Legierung zusammengeschweißt, in einem Stahlbehälter erhitzt und dann extrudiert, wobei es erstarrt.

Links: Tempel in Japan mit einem Dach aus rostfreiem Stahl.

Rechts: Das Verwaltungsgebäude von BMW in München, das eine Aluminiumverkleidung hat.



einzelnen Spalten rufen Sprünge hervor. (c) In einer Legierung aus Mischkristallen versetzen kleinere Atome die Spalten.

ERIC JEWELL ASS.

verlangt wird. Ein Beispiel ist die Verwendung als Turbinenblätter. Aluminiumlegierungen werden für eine Reihe spezieller Anforderungen eingesetzt. Sie eignen sich insbesondere dann, wenn ein Material mit hoher Festigkeit bei niedrigem Gewicht gefordert wird. Silicium, Kupfer und Magnesium werden als Legierungselemente mit kleinen Anteilen an anderen Elementen wie Magnesium, Zink, Titan und Nickel verwendet. Eine der ersten Aluminiumlegierungen, die gefertigt wurden, war Duraluminium, ein fester, leichter Werkstoff, der bei Zeppelinen und — in modifizierter Form — in modernen Flugzeugen eingesetzt wird. Duraluminium enthält 10% Kupfer und geringe Anteile an Magnesium, Mangan und Silicium. Weitere Anwendungen für Aluminiumlegierungen findet man bei elektrischen Geräten und Kochgeräten. Amalgame sind Quecksüberlegierungen, die hauptsächlich von Zahnärzten eingesetzt werden.

LENKUNG

Mit Einführung der Lenkübersetzung konnten Kraftwagen Kurven schneller und sicherer als zuvor durchfahren.

Die einfachste Form einer Lenkvorrichtung wurde jahrhundertelang bei Pferdefuhrwerken benutzt. Sie besteht aus einer in der Mitte drehbar gelagerten starren Achse mit einem Rad auf jeder Seite. Bei Schrittgeschwindigkeiten ist ihre Wirkung durchaus zufriedenstellend. Doch wie man in zahlreichen Wildwestfilmen sehen kann, ist ihr Verhalten in schnell durchfahrenen Kurven wegen des veränderlichen Radstandes (Abstand zwischen Vorder- und Hinterrädern) instabil. Dies führt zu einer Kippneigung des Fahrzeugs.

Im Jahre 1818 meldete ein Deutscher namens Lankensperger ein britisches Patent auf ein Lenksystem an, bei dem die gelenkten Räder an den Enden der Achse unabhängig voneinander eingeschlagen werden (Achsschenkellenkung mit in der Mitte geteilter Spurstange). Alle vier Räder folgen dabei einem einwandfreien Radius um einen einzigen Punkt auf einer Linie, die die Hinterachse einschließt. Diese Lenkgeometrie wurde nach dem Patentanwalt Ackermann benannt, der die Sache bearbeitete. Heute haben nur wenige Kraftwagen eine reine Ackermann-Lenkung, aber Name und Idee sind geblieben.

Lenksäule

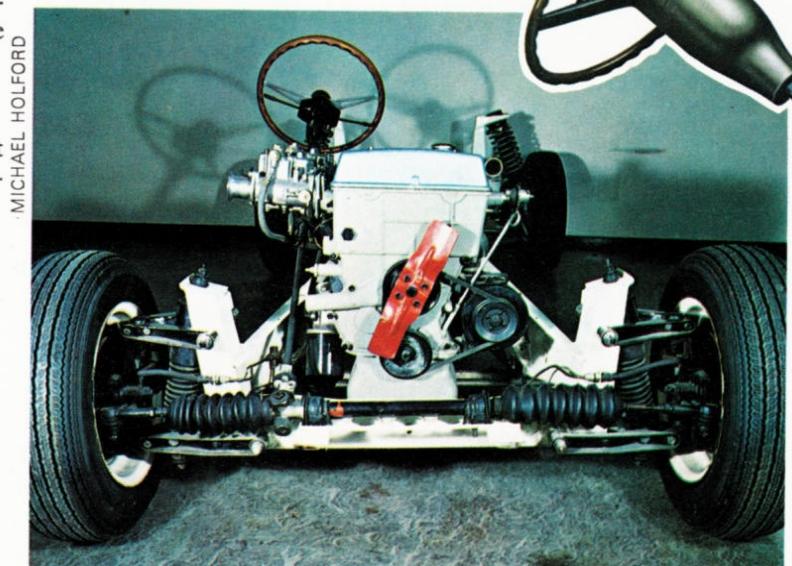
In modernen Kraftwagen besteht das Lenkrad aus einem mit Hartplastik oder Leder überzogenen Stahlkranz. Die Lenkrad-

nabe ist über eine Keilverzahnung (in Längsrichtung verlaufende, den Zähnen von Zahnrädern ähnliche Nuten) mit der Lenksäule verbunden. Die Lenksäule reicht vom Fahrzeuginneren bis an die Radachse am Vorderwagen, wo sich das Lenkgetriebe befindet. Moderne Lenkrad-Naben und Lenksäulen wirken aus Sicherheitsgründen energieverzehrend (Pralltopf) oder sie schieben sich zusammen, damit bei einem Unfall Brustverletzungen möglichst gering gehalten werden. Am vorderen Ende der Lenksäule befindet sich das Lenkgetriebe.

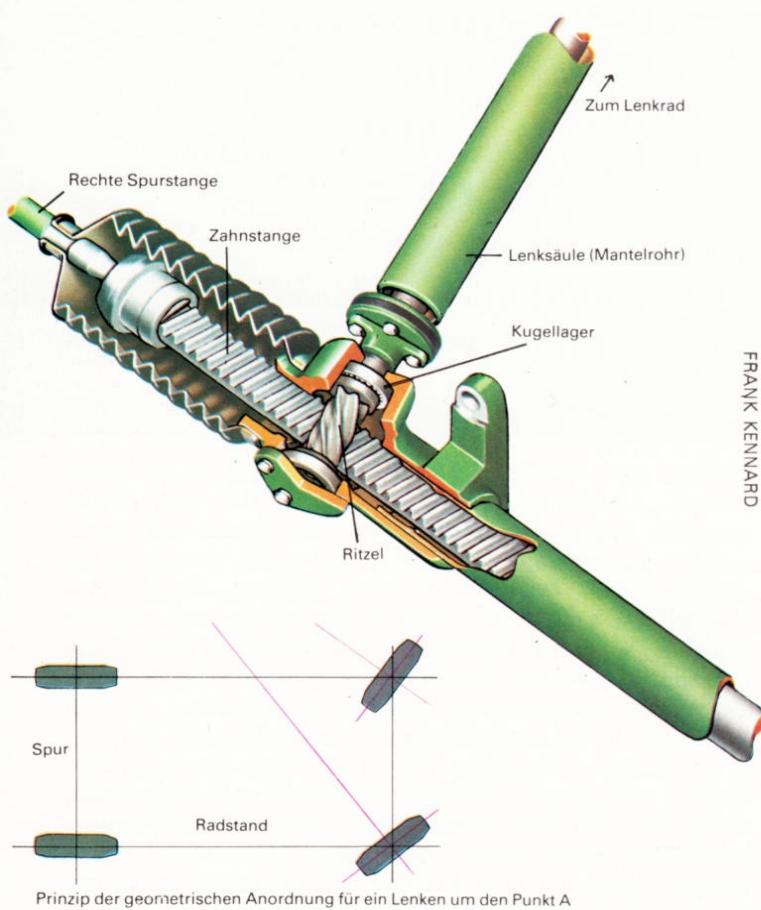
Lenkgetriebe

Zweck des Lenkgetriebes ist es, eine Hebelwirkung (d.h. einen mechanischen Vorteil) zu erzielen, da der zum Drehen der Vorderräder erforderliche Kraftaufwand viel größer ist, als der Fahrer ihn über einen direkten Mechanismus ausüben könnte. Es sind vier grundlegend verschiedene Lenkgetriebearten gebräuchlich.

Unten: Die Zahnstangenlenkung mit einer doppelten Querlenker-Aufhängung an einem Lotus-Elan, einem Rennwagen britischer Herkunft.



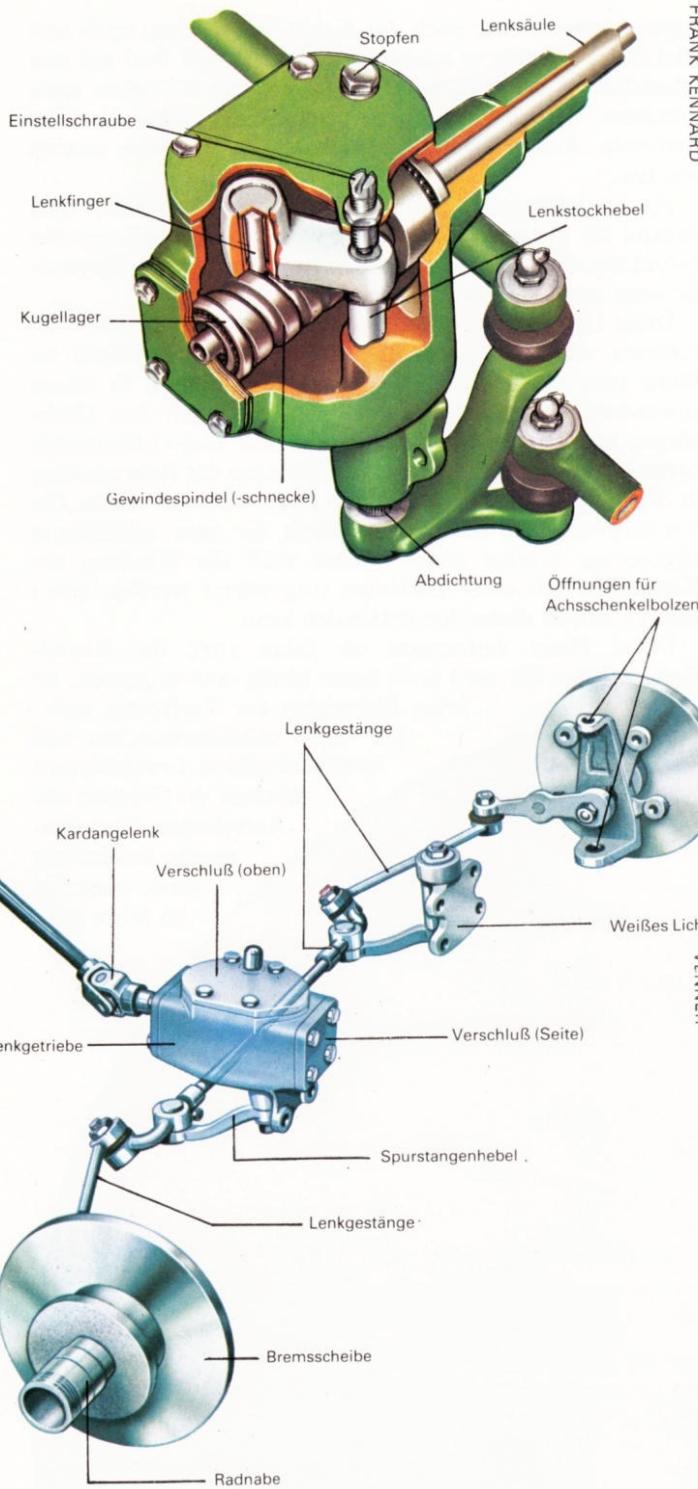
Unten: Das Ackermann-Lenkprinzip, bei dem die Vorderräder zum Abrollen auf einem Kreis verschiedene Einschlagwinkel aufweisen. Heute haben nur wenige Kraftwagen eine reine Ackermann-Lenkung.



FRANK KENNARD

Die Schneckenlenkung besteht aus einem groben Gewinde (der Schnecke) am Ende der Lenksäule und einer Rolle (mit Gewinde), die über den Lenkstockhebel an die Spurstange greift. Bei einer Abwandlung liegt eine Mutter um die Schnecke herum. Wird die Lenksäule gedreht, wandert die Rolle oder die Mutter auf ihr nach oben oder unten und bewegt dadurch den Lenkstockhebel. Eine etwas andere Konstruktion ist die Schnecken-Segment-Lenkung (das Segment ist ein V-förmiger Ausschnitt eines Zahnkranzes), wobei statt der Rolle oder der Mutter das Segment in die Schnecke eingreift. Auch gibt es noch die Variante der Festfinger-, Einfinger- oder Roßlenkung, die früher im VW-Transporter eingebaut war. Eine verfeinerte Ausführung dieses Prinzips ist das Kugelumlauf-Lenkgetriebe. Bei ihm trägt die Lenkspindel als Außengewinde und die Lenkmutter als Innengewinde ein sogenanntes Kugelumlaufgewinde. Beide Gewinde bilden zusammen einen Kugellauf. Der Kreislauf der Kugeln geht durch zwei Kugelführungsrohre, wobei die Kugeln im Schneckengewinde laufen. Die Zahnstangenlenkung besteht lediglich aus einem auf der Lenkspindel angebrachten Ritzel, das in eine Zahnstange (ein flaches, einseitig verzahntes Stück Stahl) eingreift.

Außer dem letztgenannten Lenkgetriebe brauchen alle anderen Lenkungen Gestänge-Anordnungen, um die Bewegung, die durch den an der Lenkwelle des Lenkgetriebes



Oben: Typisches Steuersystem mit einem Lenkgetriebe. Alle Teile des Systems vom Steuerrad bis zu den Rädern des Autos sind wiedergegeben.

befestigten Lenkstockhebel übertragen wird, an die Räder weiterzuleiten. Jeder Hersteller konstruiert sein eigenes System, damit die Gestängeteile in der richtigen Lenkgeometrie sowohl senkrechte Bewegungen der Räder, z.B. beim Durchfahren von Schlaglöchern, aufnehmen können als auch in den verfügbaren Raum passen. Dies bedeutet eine Kombination verschiedener Gestängeteile: Lenkstange, Umlenkhobel und Spurstangen. Hier ist die Zahnstangenlenkung sehr vorteilhaft, denn das zu ihr gehörende Gestänge ist einfach. Auf jeder Seite der Zahnstange befindet sich eine Spurstange, die zu den Spurstangenhebeln an den Rädern geht. Der Hauptnachteil der Zahnstangenlenkung liegt darin, daß die

Links: Schnitzzeichnung eines Einfinger-Lenkgetriebes. Die Gewindeschnecke ist im Prinzip nichts anderes als eine Schnecke. Bei einer Abart wird der Lenkfinger durch die Lenkmutter des Kugelumlauf-Lenkgetriebes ersetzt.

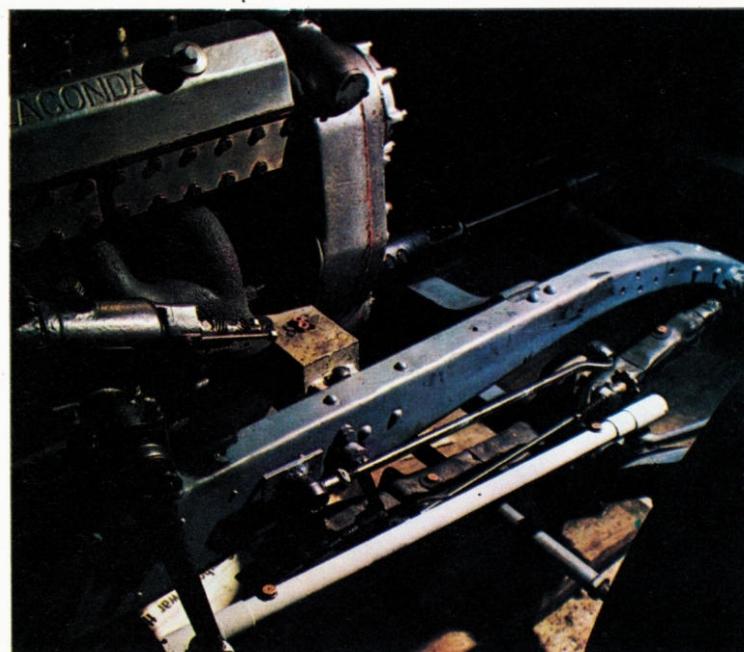
Zahnstange quer in der Mitte des Vorderwagens liegt, wodurch der Einbau eines vorn liegenden Motors schwierig ist.

Bei vielen modernen Kraftwagen wird das Lenkgestänge durch den Einbau einer Lenkhilfe oder Servolenkung noch komplizierter.

Gelenkte Räder

Die Einstellung oder der Winkel von Rädern und Achse zur Fahrbahn sind wichtige Faktoren für die Lenkung. Der Nachlauf ist von den Möbelrollen her bekannt. Dies bedeutet, daß die Aufstandfläche des Reifens auf der Straße, um die sich die gelenkten Räder drehen, geringfügig hinter der Achse des Achsschenkelbolzens (Lenkzapfens) liegt. Dadurch entsteht ein selbstführendes Moment, das die Räder bei Geradeausfahrt auf einer Geraden hält. Die Spreizung bewirkt, daß ein Rad beim Lenken dazu neigt, das Fahrzeug leicht anzuheben (wie eine Tür vom Türheber angehoben wird), so daß außer dem erforderlichen Drehmoment eine zusätzliche Kraft aufgewendet werden muß: Die Lenkkräfte werden größer, sie hängen deshalb mit den Kurvenbelastungen zusammen. Dadurch stellt sich die Lenkung nach der Kurve wieder selbst gerade. Sturz ist die Neigung der Räder zur Senkrechten, der zugehörige Winkel wird Sturzwinkel genannt. Moderne Kraftwagen haben einen Sturz von weniger als 1° . Er ist normalerweise positiv (die Oberkanten der Räder sind nach außen geneigt). Hierdurch soll eine zu starke Neigung der Räder nach innen durch hohe Belastung oder starken Verschleiß verhindert werden, weil es dabei zu Spiel an Achsschenkelbolzen und Radlagern kommt. Der Sturz muß sorgfältig eingestellt werden, denn wenn er bei zwei gelenkten Rädern nicht gleich ist, neigen sie dazu, in die Richtung des größeren Sturzwinkels zu 'wandern'. Die Folge davon ist ungleichförmiger Reifenverschleiß.

Unten: Ein Lagonda Baujahr 1929 wird restauriert. Im Foto das Marles-Lenkgetriebe mit Lenkstockhebel, Lenkschubstange und Spurstange. Weiterhin lassen sich die Blattfeder, Bremsschraube und die Schubstange erkennen.



LEUCHTTURM UND FEUERSCHIFF

Ohne Leuchttürme und Feuerschiffe zur Kennzeichnung von Riffen nahe der Wasseroberfläche und von Hafeneinfahrten wäre die Küstenschiffahrt bei Dunkelheit ein gefährliches Unterfangen.

Der erste Leuchtturm, von dem berichtet wird, war der Pharus (Leuchtturm), den Sostratos aus Knidos im 3. Jahrhundert v. Chr. auf einer Insel vor Alexandria für die Ptolemäer errichtete. Dieser riesige Leuchtturm galt als eines der Sieben Weltwunder der Antike. Man schätzt, daß er eine Grundfläche von 30 m² und eine Höhe von 140 m hatte. Er wurde bis etwa 1200 n. Chr. benutzt.

Anfang des 11. Jahrhunderts erwachte durch den sich immer stärker ausbreitenden Seehandel erneut das Interesse am Bau von Leuchttürmen. Fortschritte wurden nur langsam erzielt. Etwa ab 1600 n. Chr. wurden jedoch immer mehr Leuchttürme gebaut, bis der Bau von Leuchttürmen im 18. und 19. Jahrhundert seinen Höhepunkt erreichte.

Leuchteinrichtungen

Die Reichweite des Leuchtfeuers wurde mit der Entwicklung der Technik immer größer. Die ersten Leuchtfeuer waren offen und wurden mit Holz gespeist (Blüsen).

Ihr offensichtlicher Mangel lag darin, daß Holz zu schnell verbrennt. Man

experimentierte zwar auch mit Kohle und Kerzen, doch entwickelte die Kohle so starken Rauch, daß sich Ruß auf den Glasscheiben der Laterne absetzte, was die Helligkeit stark minderte. Mit Kerzen konnte, unabhängig von der verwendeten Anzahl, keine hinreichende Lichtstärke erzeugt werden.

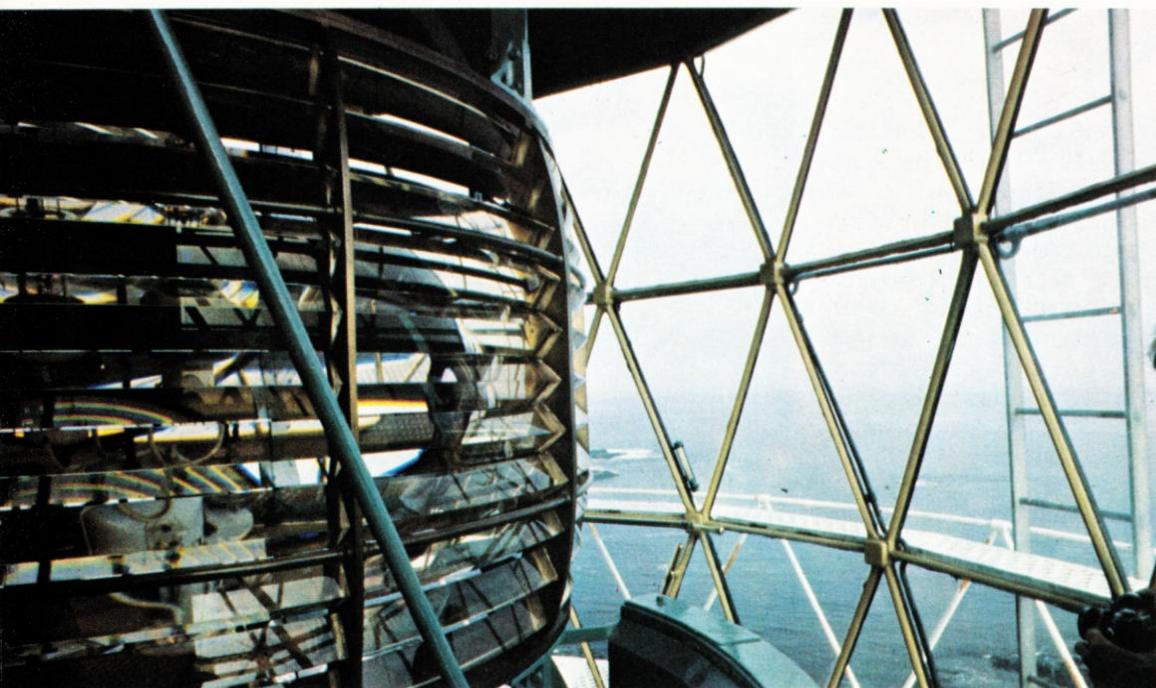
Erst im Jahre 1783 löste der schweizerische Ingenieur Aimé Argand die Frage der Befeuerung von Leuchttürmen mit der Erfindung der nach ihm genannten Runddachlampe (Argand-Brenner und Argand-Lampenanlage).

Diese Lampe hatte einen Docht, der das Öl vor dem Verbrennen verdunstete. Allerdings stellte Arthur Kitson im Jahre 1901 einen Brenner vor, bei dem das Öl in einem gewundenen Kupferrohr verdampfte, das über dem Glühkörper lag. Dieser Glühkörper war dem Gas-Glühstrumpf nachempfunden. Das verdampfte Öl trat aus der Rohrwindung in den Glühkörper ein, wo es wie Gas verbrannte. Die Verdampfung des Öls wurde durch die vom Glühkörper abgegebene Wärme erzielt. Daher muß die Windung aus Kupferrohr mit einer Lötlampe vorgewärmt werden, bevor man Öllampen dieser Art entzünden kann.

David Hood verbesserte im Jahre 1921 die Kitson-Konstruktion. Sie wird noch heute häufig dort eingesetzt, wo keine Elektrizität zur Verfügung steht.

Auf vielen vollautomatischen und fernüberwachten Leuchttürmen arbeiten die Brenner mit Azetylengas. Eine elektrische Befeuerung wurde erstmalig im Jahre 1858





JOHN WATNEY

in England im South Foreland-Leuchtturm versuchsweise in Form einer Kohle-Bogenlampe eingesetzt. Doch erwiesen sich diese Lampen für Leuchttürme als unbefriedigend, so daß sie keine große Verbreitung fanden. Ebenfalls im South Foreland-Leuchtturm kamen 1922 zum ersten Mal elektrische Glühfadenlampen zum Einsatz. Inzwischen haben viele Leuchttürme eine elektrisch betriebene Leuchteinrichtung — entweder mit Glühfadenlampen oder mit Xenonhochdrucklampen. Ist eine Versorgung über das öffentliche Stromnetz nicht möglich, erzeugen Dieselgeneratoren den erforderlichen Strom.

Optische Systeme

Die Entwicklung leistungsstarker Lichtquellen führte naturgemäß auch zur Entwicklung von Reflektorsystemen, denn ohne eine Form der Lichtbündelung wird ein Großteil der Lichtstärke vergeudet. Die drei Hauptarten optischer Systeme, die im Leuchtturm Verwendung finden, sind das reflektierende und das lichtbrechende System sowie eine Kombination aus diesen beiden Systemen.

Den ersten Parabolreflektor konstruierte William Hutchinson im Jahre 1752. Er bestand aus in Stuckgips eingesetzten kleinen Spiegelglas-Quadraten. Der Parabolreflektor wird hinter die Lichtquelle gestellt, so daß die Lichtstrahlen parallel zur Achse des Reflektors gebündelt reflektiert werden. Handgeformte Reflektoren aus einer Kupfer/Silber-Legierung traten bald an die Stelle der schweren Glasreflektoren. Um 1800 gehörten sie zur Grundausstattung eines Leuchtturms.

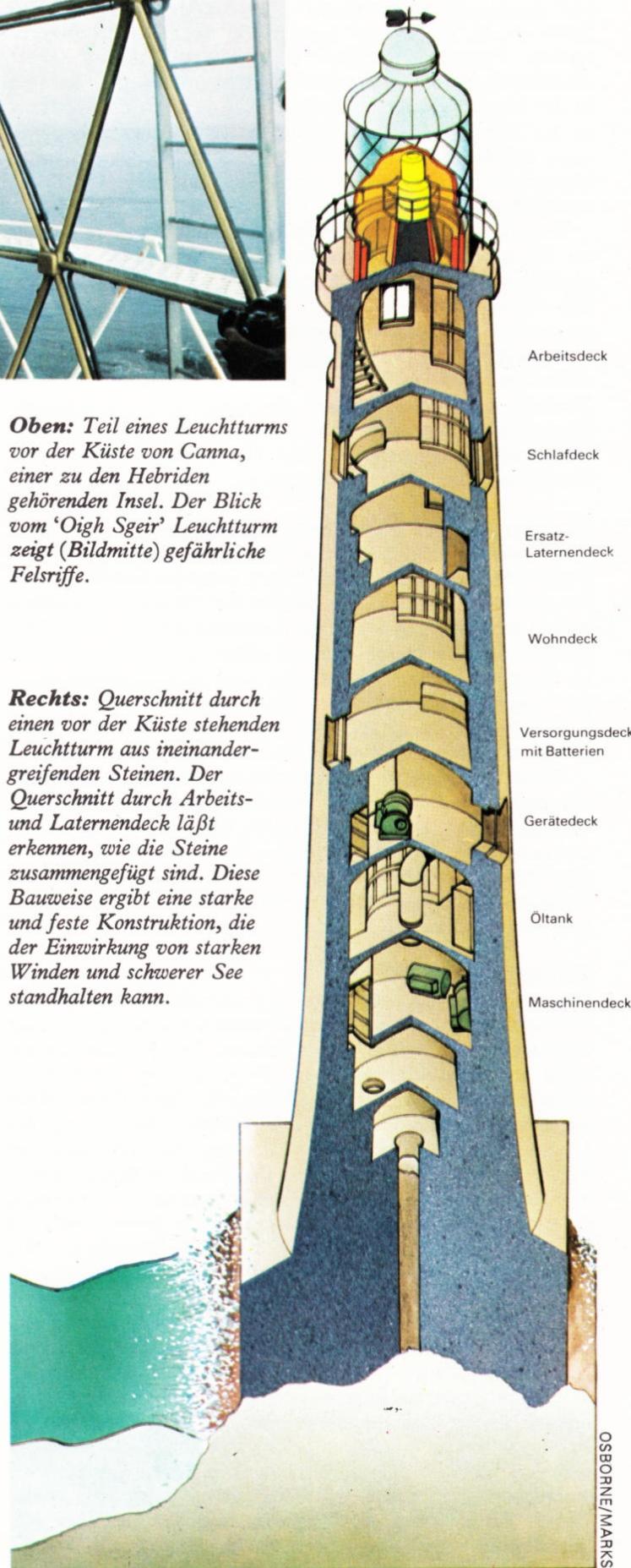
Durch die Verwendung von Reflektoren wurde die Reichweite der Leuchtzeichen um ungefähr das 350fache vergrößert. Nachdem auf diese Weise das Problem der Aussendung gebündelter Lichtstrahlen gelöst war, konnte man sich der Frage von Kennfeuern für jeden einzelnen Leuchtturm zuwenden. Die Frage erhob sich, weil Schiffseigner sich häufig darüber beklagten, daß Leuchttürme, obwohl nützliche Einrichtungen, oft schwierig voneinander zu unterscheiden seien, da sie alle das gleiche Signal aussendeten.

Man löste dieses Problem, indem man die Reflektoren auf einem Gestell in unterschiedlicher Lage anordnete und dieses Gestell drehte. Daraus ergab sich eine Folge von Lichtblitzen, die sogenannte 'Kennung' eines Leuchtturms, bei der auf zwei oder drei rasch nacheinander aufleuchtende Lichtzeichen eine längere Dunkelheit folgt, und so weiter (Taktfeuer).

Links: Blick auf einen von vier Leuchttürmen auf Eddystone rund 20 Kilometer vor der Küste bei Plymouth, England.

Oben: Teil eines Leuchtturms vor der Küste von Canna, einer zu den Hebriden gehörenden Insel. Der Blick vom 'Oigh Sgeir' Leuchtturm zeigt (Bildmitte) gefährliche Felsriffe.

Rechts: Querschnitt durch einen vor der Küste stehenden Leuchtturm aus ineinander greifenden Steinen. Der Querschnitt durch Arbeits- und Laternendeck läßt erkennen, wie die Steine zusammengefügt sind. Diese Bauweise ergibt eine starke und feste Konstruktion, die der Einwirkung von starken Winden und schwerer See standhalten kann.



OSBORNE/MARKS

Die Fresnel-Linse

Den bedeutendsten Fortschritt für das Laternenhaus des Leuchtturms brachte die von Augustin Fresnel (1788 bis 1827) im Jahre 1822 erfundene FRESNEL-LINSE. Dabei handelt es sich um eine brechende Linse, bei der eine Gürtellinse in der Mitte von ringförmig angeordneten Prismengläsern umgeben ist. Jeder dieser Ringe ragt geringfügig über den vorherigen hinaus. Insgesamt gesehen besteht die Wirkung dieser Anordnung darin, daß die meisten Lichtstrahlen, die von einer in der Mitte befindlichen Lampe ausgehen, durch Brechung in der Horizontalen parallel abgestrahlt werden. Über und unter den Brechungsprismen können noch Reflexionsprismen angeordnet werden, womit eine Kombination aus Brechung und Reflexion erreicht wird.

Bisweilen werden zwei Linsen mit jeweils einer Lichtquelle im Brennpunkt übereinander angeordnet. Dies ist eine sogenannte Doppeloptik. Fresnels ursprüngliche Konstruktion wurde vielfältig verfeinert, doch das Prinzip ist bis heute im wesentlichen gleichgeblieben.

Verbesserungen bei der Glasherstellung und -bearbeitung sowie die Entwicklung von Kunststoffen haben zu einer Verringerung der Größe und des Gewichtes von optischen Systemen geführt. Dies hat in Verbindung mit einer Verbesserung der Lichtquellen die Herstellung stärkerer und kompakterer Leuchtfelder ermöglicht.

Konstruktion von Leuchttürmen

Meist werden Leuchttürme aus Naturstein oder vorgefertigten Betonelementen errichtet. Sie stehen mitunter viele Kilometer vor der Küste. Natursteine werden der besseren Haltbarkeit wegen schwabenschwanzartig ineinander gesetzt. Steht kein geeigneter Felsuntergrund zur Verfügung, zum Beispiel bei zu kennzeichnenden Sandbänken oder Korallenriffen, kann der Leuchtturm auf stählerne Gründungspfeiler oder auf eine betongefüllte Kastengründung gestellt werden. Solche Leuchttürme sind oft offene Stahlskelett-Konstruktionen.

Normalerweise sind Leuchttürme mit Sirenen oder Signalhörnern ausgerüstet, die bei schlechter Sicht oder bei Nebel betätigt werden. Sie lassen sich über einen selbsttätigen elektrischen Nebeldetektor steuern. Auf einigen bemannten Leuchttürmen verwendet man noch heute akustische Detonationssignale, die gewöhnlich in Abständen von fünf Minuten gezündet werden.

Feuerschiffe

Erstmalig wurde im Jahre 1731 ein Feuerschiff in der Themsemündung eingesetzt. Schiffseigner fanden es sehr nützlich und trugen daher zu seinem Unterhalt bei. Die Befeuerung bestand aus zwei Schiffslaternen, die 3,7 m weit voneinander entfernt auf einem am einzigen Mast befestigten Dwarsbalken angebracht waren. Die unterschiedliche Anordnung der Laternen bildete später die Kennung der verschiedenen Feuerschiffe. Mit der Erfindung des Parabolreflektors wurde die Kennzeichnung der Feuerschiffe merklich vereinfacht, doch blieb das Hauptproblem, wie man das Seezeichen trotz der von Wellen und Wind verursachten Bewegung ruhig halten konnte, bestehen.

Die Lösung bestand darin, die Optik oberhalb von kardanisch beweglichen Lagern anzubringen und mit einem darunter befindlichen Gegengewicht auszugleichen. Dadurch blieb die Optik auch bei rauher See in senkrechter Stellung.

Bei dem heute auf Feuerschiffen gebräuchlichen mehrfachreflektierenden Befeuerungssystem sind acht Parabolreflektoren mit jeweils einer Glühfadenlampe pro Reflektorenpaar paarweise übereinander angebracht. Die Reflektoren sind auf einen Rahmen montiert, den ein kleiner Elektromotor dreht. Durch Veränderung der Winkelstellung der einzelnen Reflektoren und der Drehgeschwindigkeit des Rahmens können



Der im Jahre 1960 erbaute Leuchtturm von Dungeness. Er besteht aus 21 ineinander greifenden Ringen aus Fertigbeton, die unter Spannung von oben nach unten verlaufende Drahtseile verstärken. Im wabenförmigen Teil befinden sich die elektrischen Nebelsignale.

Einfach-, Doppel-, Dreifach- und Vierfach-Lichtblitze ausgesendet werden.

Funknavigation

Heute sind die meisten Schiffe mit funktechnischen Navigationshilfen ausgerüstet. Daher verfügen Leuchttürme und Feuerschiffe außer über Leuchtfelder und Nebelwarneinrichtungen häufig auch über Funksender. Zu ihrer Stationskennung senden sie ein Morsesignal und einen Dauerton aus, mit dem die Navigatoren der Schiffe die Richtung feststellen können, aus der das Signal kommt (Funkpeilung).

LICHT

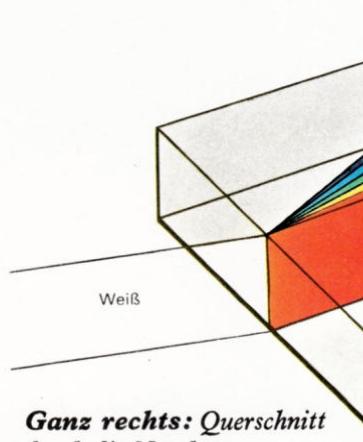
Wir betrachten das Licht als einen selbstverständlichen Bestandteil unseres Lebens. Bis heute hat die Erforschung der Natur des Lichtes Priorität in der Wissenschaft.

Licht breitet sich als ein Wellenpaket aus, dessen Wellenlängen (Abstand von einem Maximum der Welle bis zum nächsten Maximum der Welle) zwischen 0,00039 mm (violettes Licht) und 0,00075 mm (rotes Licht) liegen. Die Farben des Regenbogens liegen zwischen diesen Wellenlängengrenzen, während weißes Licht eine Mischung aller Wellenlängen innerhalb des Wellenlängenintervall ist. Die Lichtwellen haben elektrischen und magnetischen Charakter und ähneln — abgesehen von der Wellenlänge — anderer elektromagnetischer Strahlung, wie z.B. Röntgenstrahlung oder Radiowellen.

Die Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts von Planck und Einstein eingeführte Quantentheorie zeigt, daß Licht sich bei Emission (Abgabe von Licht) und Absorption (Aufnahme von Licht) wie ein Teilchen (Photon genannt) verhält. Die Energie des Photons ist umgekehrt proportional der Wellenlänge der entsprechenden elektromagnetischen Welle, d.h. Wellen kurzer Wellenlängen sind energiereich; langwelliges Licht hat die geringste Energie. Die wahre Natur des Lichtes ist nur schwer vorstellbar; am einfachsten ist es, Licht als

Unten: Die Farben des Himmels und der Sonne werden durch Streuung des Lichtes verursacht. Da Luftmoleküle kurzwelliges Licht stärker streuen, erscheint der Himmel blau.

Rechts: Monochromatisches Licht ist nicht unbedingt kohärent. Ein Prisma spaltet weißes Licht auf. Die Farben können durch eine Linse wieder zu weißem Licht zusammengesetzt werden.



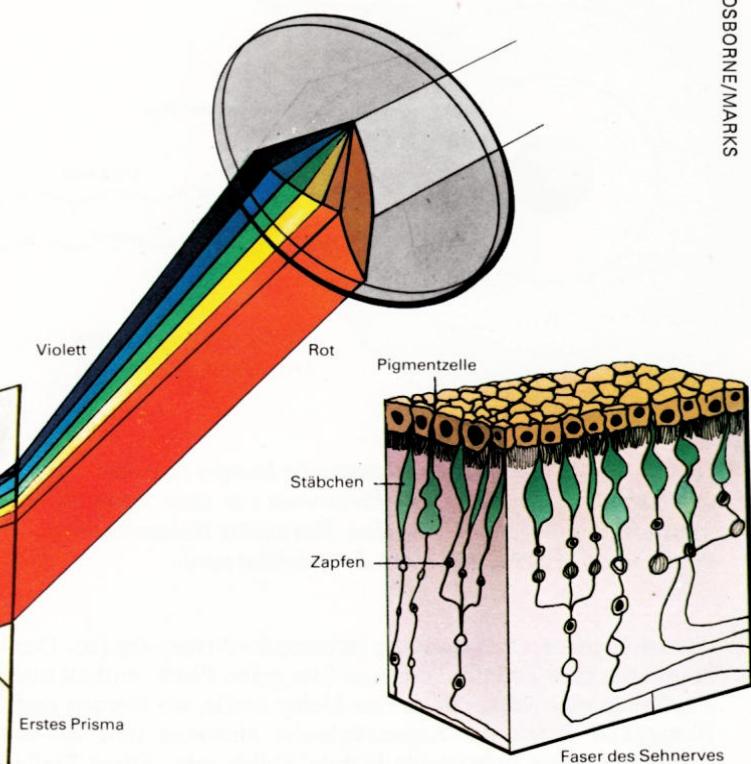
Ganz rechts: Querschnitt durch die Netzhaut.

eine Welle-Teilchen Dualität zu betrachten, wobei beide Aspekte für verschiedene Umstände bedeutend sind.

Licht von nur einer Wellenlänge wird monochromatisch genannt. Es ist normalerweise inkohärent. Das heißt: Das Licht besteht aus kurzen Wellenpaketen oder einer Kette von Wellen, deren jede etwa ein Hundertmillionstel einer Sekunde dauert. Die 'Bäuche' und 'Knoten' der einzelnen Wellen des Wellenpakets zeigen keine Beziehung untereinander. Laserlicht verdankt seine Intensität zum Teil dem Umstand, daß die Wellenbäuche aller Wellenzüge in Phase sind: Es ist kohärent.

Reflexion und Brechung

Die meisten Dinge, die wir sehen, strahlen nicht selbst, sondern sind allein durch das reflektierte Licht sichtbar. Sind



die Unregelmäßigkeiten der Oberfläche größer als die Lichtwellenlänge, so ist die Reflexion diffus, d.h. das Licht wird in alle Raumrichtungen gestreut. An einer sehr glatten Oberfläche wird das Licht jedoch gespiegelt. Es wird so zurückgestreut, daß der Winkel, den der gestreute Lichtstrahl mit einer Senkrechten auf die Grenzfläche einschließt, gleich dem Winkel ist, den der einfallende Strahl mit diesem Lot bildet. Diese Eigenschaft macht es möglich, Abbildungen zu erzeugen (siehe SPIEGEL).

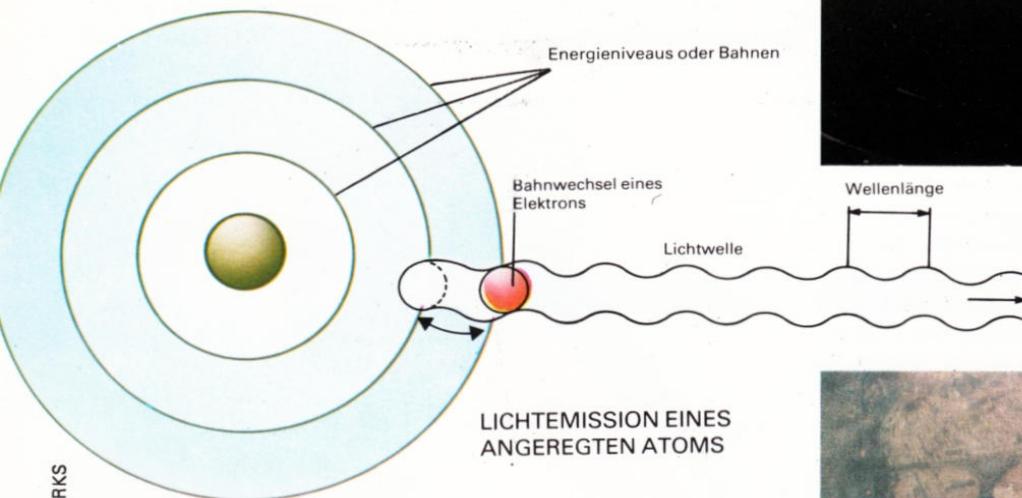
Wenn der Körper Licht nicht stark absorbiert oder reflektiert, sondern durchsichtig ist, so läuft die Lichtwelle durch ihn hindurch. Die Geschwindigkeit des Lichtes ist in verschiedenen Medien unterschiedlich, und folglich ändert der Lichtstrahl an der Oberfläche seine Richtung. Dieses Phänomen, die Brechung, beeinflußt Wellen je nach Wellenlänge verschieden, wodurch das einfallende Licht seiner Wellenlänge entsprechend getrennt wird. Die Bildung dieses Farbenspektrums wurde zuerst von Sir Isaak Newton (1643 bis 1727) im Jahre 1665 untersucht. Das Spektrum kann auch durch ein sehr feines Brechungsgitter erzeugt werden.

Sehvermögen

Wenn Licht das Auge erreicht, wird es hauptsächlich an der Grenzfläche der durchsichtigen Hornhaut an der Augenvorderseite, der Cornea, gebrochen und auf die Netzhaut, die

lichtempfindliche Schicht auf der Augenrückseite, gebündelt. Diese Fokussierung wird durch Verändern der Augenlinsen-Oberfläche mit Hilfe der Ciliarmuskel so angepaßt, daß verschiedene Objekte in unterschiedlicher Entfernung scharf gesehen werden können. Die Iris kontrolliert die Lichtmenge, indem sie die Pupillengröße verändert (von 2 mm Durchmesser in vollem Sonnenlicht auf 8 mm bei Nacht). Die Zwischenräume zwischen der Cornea und der Augenlinse sowie zwischen der Linse und der Netzhaut sind mit einer gelartigen Substanz ausgefüllt.

Die lichtempfindlichen Nervenzellen in der Netzhaut bestehen aus zwei Typen: den Stäbchen, die nur auf die Licht-



OSBORNE/MARKS

Oben: Atome geben elektromagnetische Energie wie etwa sichtbares Licht ab, wenn ihre Elektronen von einer Bahn auf eine tiefer gelegene Bahn übergehen. Ein solcher Bahnwechsel wird z.B. verursacht, indem das Atom erhitzt wird.

intensität ansprechen und den farbempfindlichen Zapfen. Der empfindlichste Teil der Netzhaut (der gelbe Fleck) enthält nur Zapfen, es gibt jedoch auch eine kleine Stelle, wo Nerven und Blutgefäße durch die Augenrückseite eintreten und wo es überhaupt keine lichtempfindlichen Zellen gibt. Diese Stelle ist als blinder Fleck bekannt.

Die Lichtgeschwindigkeit

Die Geschwindigkeit, mit der sich Licht im Vakuum ausbreitet, gehört zu den Grundlagen der modernen Physik. Nach der Relativitätstheorie ist sie für alle Beobachter unabhängig von deren Eigengeschwindigkeit gleich. Sie ist nach unserem Wissen die größtmögliche Geschwindigkeit, mit der sich Materie bewegen kann. Die erste Messung der Lichtge-



DAVID KELLY



Oben und unten: Die Farben des Himmels und der aufgehenden Sonne werden durch Lichtstreuung in der Atmosphäre verursacht.



schwindigkeit (üblicherweise mit 'c' bezeichnet), wurde 1676 von Olaus Römer (1644 bis 1710) ausgeführt. Er beobachtete, daß die Bewegung der Jupitermonde von den Vorhersagen abweichen schienen, da die vom Licht zum Erreichen der Erde benötigte Zeit sich mit der Bewegung des Jupiter und der Erde längs ihrer Bahn ändert.

Bis zur Entwicklung der Elektronik nach dem Zweiten Weltkrieg wurde die Lichtgeschwindigkeit auf folgende Art am genauesten gemessen: Ein Lichtstrahl wird über eine exakt ausgemessene Strecke geschickt, wobei der Lichtstrahl zur Messung der benötigten Zeit durch Drehspiegel oder Zahnräder zerhackt wurde. Zur Vermeidung von Störeffekten der Luft läuft der Lichtstrahl in einer Vakuumkammer. Jüngst wurden sehr genaue Messungen der Lichtgeschwindigkeit ausgeführt, indem mit Radartechniken zugleich die Frequenz und die Wellenlänge von Mikrowellen, eine an den Infrarotbereich grenzende elektromagnetische Strahlung, bestimmt wurden. Sie ergaben $c = 299\,792,458$ km/s.

Links: Beim fotolektrischen Effekt, bei dem Licht, das auf Selen fällt, einen elektrischen Strom auslöst, werden Wellenlängen benötigt, die kurz und energiereich sind.

LICHTEMPFINDLICHES GLAS

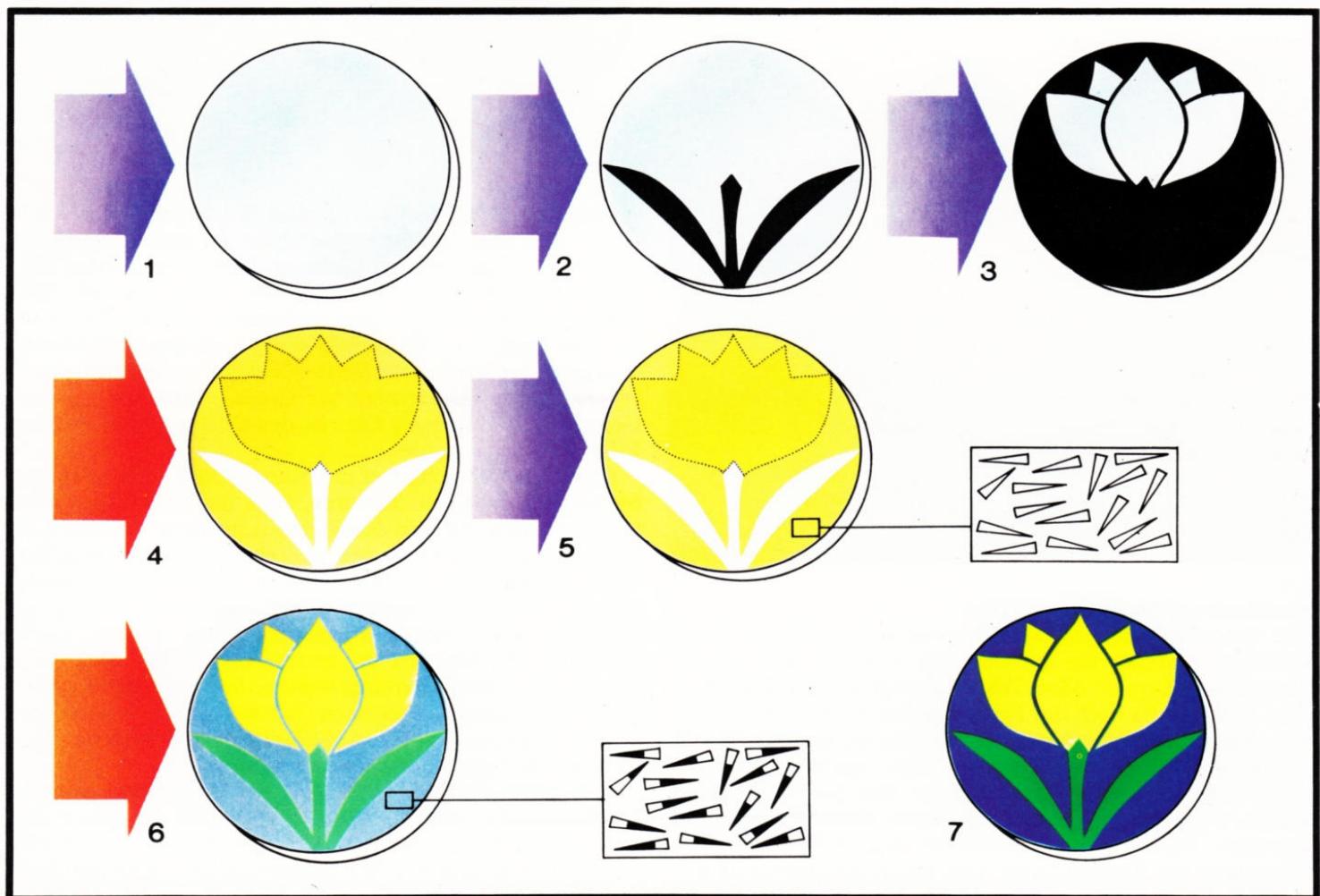
Sonnenbrillen wurden in den vergangenen Jahren durch die Einführung fotochromer Sonnengläser, die sich bei hellem Licht verdunkeln, revolutioniert. Für lichtempfindliche Gläser kennt man aber auch noch weitere, sehr interessante Anwendungen.

Lichtempfindliches Glas verdunkelt sich, wenn es Licht ausgesetzt wird. Fotochromes Glas ist reversibel (umkehrbar), d.h. bei Belichtung verdunkelt es sich und bei Entfernung der Lichtquelle hellt es sich auf. Bei fotoempfindlichem Glas ist dagegen die Lichtempfindlichkeit nicht reversibel.

Fotochromes Glas

Fotochromes Glas verdunkelt sich, wenn es einer speziellen Wellenlänge (z.B. ultraviolettem Licht) ausgesetzt wird. Es hellt wieder auf, wenn die Strahlungsquelle entfernt wird. Fotochromes Glas kann zur Herstellung von Brillengläsern benutzt werden, die sich dem jeweiligen Helligkeitsgrad anpassen. Die Gläser verdunkeln sich bei Sonnenlicht (wegen seines Ultravioletanteiles) und hellen sich in Räumen oder bei bewölktem Himmel wieder auf.

Fotochromes Glas enthält extrem kleine Kristalle mit einem Durchmesser von etwa 5 nm (5 Millionstel mm). Die Kristalle bestehen aus Silberhalogeniden, die in dem gesamten Glasmaterial zusammen mit Kupferoxid als Sensibilatoren verteilt sind. Der Anteil an Silberhalogeniden (Silberchlorid, Silberbromid und Silberiodid) bestimmt die Wellenlänge, bei der das Glas lichtempfindlich ist. Glas, das vorwiegend Silberchlorid enthält, reagiert auf ultraviolettes Licht (UV-Licht). Bei Anteilen von Silberbromid und Silberiodid wird die Lichtempfindlichkeit in den sichtbaren Wellenlängenbereich verschoben. Wird fotochromes Glas UV-Licht ausgesetzt, spaltet die Strahlungsenergie die Silberchloridmoleküle in Silberatome, die das Dunkelwerden der Gläser hervorrufen, und in Chloratome. Dies entspricht dem Belichten eines fotografischen Filmes. Zwischen dem fotochromem Glas und der Belichtung eines fotografischen Filmes bestehen drei entscheidende Unterschiede: 1. Die in fotochromem Glas verwendeten Silberkristalle sind mehr als ein Zehnmillionstel kleiner als die bei fotografischen Emulsionen verwendeten Kristalle. 2. Das Glas ist relativ inert, so daß die chemisch aktiven Chloratome durch Eingehen anderer Verbindungen nicht verschwinden. 3. Chloratome können Glas nicht durchdringen, so daß sie sich nicht von der Reaktionszone weg-



Es ist heute möglich, Muster verschiedener Farben in fotoempfindlichem Glas abzubilden. Das Glas wird zunächst ultraviolettem Licht ausgesetzt (1). Der endgültige Farbton hängt von der Dauer der Belichtung ab. So werden die Teile der Abbildungen, die einen anderen Farbton als der belichtete Teil annehmen sollen, abgedeckt (2+3). Durch Erhitzen des Glases entsteht das erste Muster in gelb (4). Eine 2. Dosis

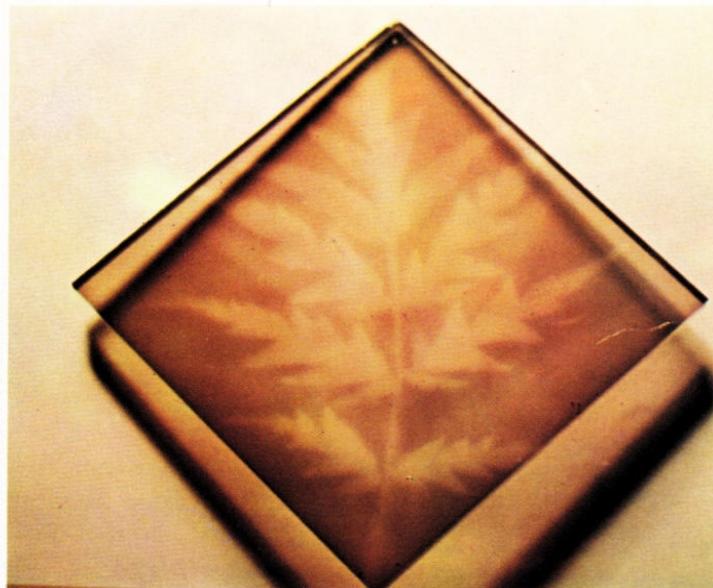
ultravioletten Lichtes führt zur Kristallbildung (5). Wenn das Glas wieder erhitzt wird, formen sich Silberatome um diese Kristalle. Die Formen der Atome sind je nach Belichtungsdauer durch ultraviolettes Licht verschieden. Diese unterschiedlichen Formen absorbieren verschiedene Wellenlängen von wahrnehmbaren Licht und führen zur endgültigen Farbgebung der Abbildung.

bewegen können. Wird die UV-Strahlungsquelle entfernt, vereinigen sich die Silber- und Chloratome wieder zu Silberchlorid; das Glas hellt sich auf.

Abgesehen von ihrer Anwendung in Brillengläsern kann fotochromes Glas auch in Flugzeugen eingesetzt werden, um die Piloten vor der Sonneneinstrahlung zu schützen. Weitere mögliche Anwendungen betreffen optische Systeme für die Speicherung von Informationen und für Anzeigen, Überzüge von strahlungsabhängigen Steuergeräten, Flaschen für lichtempfindliche pharmazeutische Produkte und Nahrungsmittel sowie die Verglasung bei Gebäuden. Die letztgenannten Anwendungen sind jedoch sehr teuer.

Rechts: Brillengläser, die aus fotochromem Glas hergestellt wurden. Das untere Bild zeigt die Gläser vor der Beleuchtung, das andere nach dem Beleuchten. Fotochromes Glas ist nicht immer grün, sondern in der Regel braun gefärbt. Die Gläser verdunkeln sich bei gewöhnlichen Tageslichtbedingungen. Die Lichtdurchlässigkeit nimmt von 70% auf 20% beim Aussetzen von Licht ab. Der Verdunklungsprozeß ist heute in etwa sechzig Sekunden abgeschlossen.

Unten: Ein Bild eines Blattes, das in fotoempfindlichem Glas wiedergegeben wird. Man legt das Blatt auf das Glas, setzt es Sonnenlicht aus und erhitzt es noch einmal.



CORNING GLASS/PAUL BRIERLEY

Fotoempfindliches Glas

Die Fotoempfindlichkeit bei Glas wurde erstmals bei Goldrubinglas entdeckt, das ein weinrotes Glas ist, dem bei der Herstellung Kupfer- oder Goldverbindungen beigegeben wurden. Das Glas ist nach der Fertigung durchsichtig. Es nimmt erst dann seine charakteristische Färbung an, wenn es danach auf Temperaturen zwischen dem Glüh- und dem Schmelzpunkt aufgeheizt wird. Man entdeckte, daß das Glas dunkler wurde, wenn man es vor dem Erwärmen ultraviolettem Licht aussetzte. Moderne fotoempfindliche Gläser enthalten Verbindungen aus Kupfer, Silber oder Gold. Sie entwickeln erst dann eine Färbung des Glases, wenn sie zuvor ultraviolettem Licht ausgesetzt wurden. Andernfalls bleibt das Glas klar. D.h. wird ein Bild eines fotografischen Negativs auf fotoempfindliches Glas, das UV-Licht ausgesetzt wird, gelegt und das Glas anschließend erhitzt, werden nur diejenigen Bereiche geschwärzt, auf die Licht fällt. Dies bedeutet, daß das Bild im Glas fixiert ist.

Fotoempfindliche Glasverbindungen auf Goldgrundlage enthalten einen Sensibilisator, im allgemeinen eine Cerium-



JOHN WATNEY

verbindung. Wird das Glas vor dem Wiedererhitzen mit UV-Licht bestrahlt, verlieren die dreifach positiv geladenen Ceriumatome ein weiteres Elektron. Diese zusätzlichen Elektronen bleiben lokalisiert, wenn das Glas kalt ist. Beim Wiedererhitzen können diese Elektronen mit den Goldionen im Glas reagieren. Die einfach positiv geladenen Goldatome sind ursprünglich farblos. Wenn sie sich aber mit den zusätzlichen, freien Elektronen verbinden, entstehen neutrale Goldatome, die farbiges Glas an den Stellen bilden, die dem Licht ausgesetzt wurden.

Fotoempfindliche Gläser auf Kupfer- und Silbergrundlage brauchen keine Sensibilisatoren, denn die zusätzlichen Elektronen werden von den Kupferionen geliefert. Während der Bestrahlung verlieren einige der einfach positiv geladenen Ionen ein Elektron; die Kupferionen werden doppelt positiv geladen. Beim Wiedererhitzen verbinden sich die frei gewordenen Elektronen mit den restlichen, einfach positiv geladenen Kupferionen zu neutralem Kupfer. D.h. beim Bestrahlen einzelner Bereiche werden die ursprünglich einfach positiv geladenen Kupferionen (farblos) aufgeteilt in doppelt positiv geladene Kupferionen (farblos) und neutrale Kupferatome (farbig), die das Glas verdunkeln.

Fotoempfindliches Glas ist ideal zur Herstellung optischer Skalen geeignet, denn die Metallteilchen, die das Bild bilden, sind extrem klein. Durch sorgfältiges Steuern des Abkühlungsprozesses nach dem Wiedererhitzen kann man die Größe der Metallteilchen unterhalb der Wellenlänge des sichtbaren Lichtes halten.

Fotoempfindliches Glas auf der Grundlage von Silber unterscheidet sich von fotochromem Glas darin, daß fotoempfindliches Glas Silberionen, fotochromes Glas hingegen Silberhalogenid-Kristalle enthält. Die Farbbildung in fotoempfindlichem Glas ist irreversibel (nicht umkehrbar), denn wenn die Tönung sich einmal ausgebildet hat, können die entstandenen Metallatome nicht wieder ionisiert werden.

LINSE

Praktisch alle optischen Instrumente wie beispielsweise Kameras und Mikroskope sowie das menschliche Auge nutzen die Eigenschaften von Linsen, um Licht zu konzentrieren und zu fokussieren.

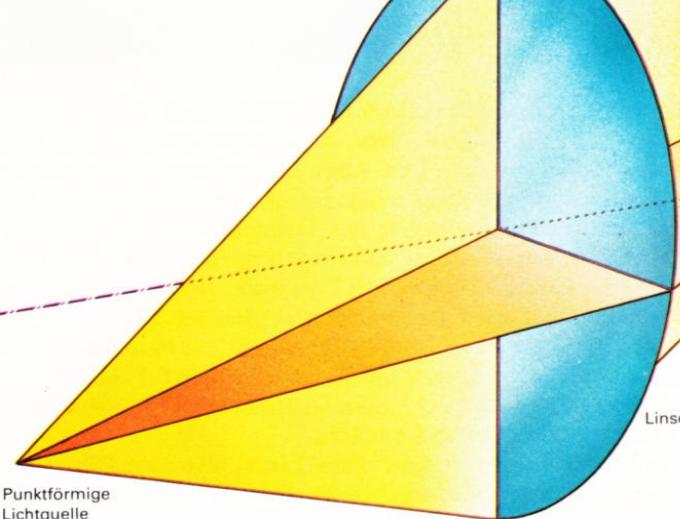
Die Grundlage für die Wirkungsweise einer Linse ist die Brechung oder Ablenkung des Lichtes, wenn es von Luft in Glas übertritt. Wenn ein Lichtstrahl die Glasoberfläche senkrecht trifft (entlang der Achse der Linse), wird er nicht abgelenkt. Je schräger der Lichtstrahl auf die Glasoberfläche fällt, desto größer wird der Ablenkungswinkel. Die Stärke der Brechung ist durch den Brechungsindex des Materials gegeben. Wenn Lichtstrahlen, die von einem Gegenstand ausgehen, aus der Luft durch die konvexe Oberfläche eines Vergrößerungsglases ins Glas eintreten, werden sie im Innern der Linse gebündelt. Beim Verlassen der Linse werden sie weiter konzentriert und können auf einem in der Nähe aufgestellten Schirm (Mattscheibe) ein Bild des Gegenstandes erzeugen. Mit größerer Krümmung der Linsenoberflächen nimmt auch die Sammelwirkung der Linse zu. Als Folge wird das Bild in einem geringeren Abstand von der Linse entstehen.

Die 'Brennweite', f , einer Linse ist definiert als der Abstand zwischen Linse und Bildschirm bei der Abbildung eines sehr weit entfernten Gegenstandes. Je größer die Sammelwirkung einer Linse ist, desto größer ist ihre 'Brechkraft', die durch den Kehrwert $1/f$ der Brennweite (gemessen in Metern) in 'Dioptrien' angegeben wird.

Die Linsen des Auges

Wenn ein weit entfernter Gegenstand näher an eine Linse herangebracht wird, entsteht das Bild in einem Abstand, der größer als die Brennweite ist. Zum Auffangen des Bildes muß der Bildschirm weiter von der Linse entfernt werden. Im Auge befinden sich zwei wichtige als Linsen wirkende Teile, die 'Hornhaut' (Cornea) und die hinter der Pupille gelegene Augenlinse, die gemeinsam auf einem lichtempfindlichen Gebilde, der 'Netzhaut' (Retina), ein Bild der Außenwelt entwerfen. Da die Größe des Augapfels vorgegeben ist, werden die Bilder von Gegenständen in verschiedenen Entfernungen nicht durch eine Veränderung des Abstands zwischen Linse und Netzhaut eingestellt, sondern durch eine Veränderung der Brennweite der Linse. Die Brennweite ändert sich mit der Krümmung der Linsenoberflächen, die durch am Rand der Linse angreifende Muskeln beeinflußt werden kann. Da die Elastizität der Linse begrenzt ist, ist es unmöglich, Bilder von

Astigmatismus ist ein Abbildungsfehler nicht völlig symmetrischer Linsen. Er beruht auf der Abweichung der Brennweite in einer bestimmten Richtung vom sonstigen Wert. Dadurch wird eine punktförmige Lichtquelle als kleiner Strich abgebildet, dessen Richtung sich ändern kann.

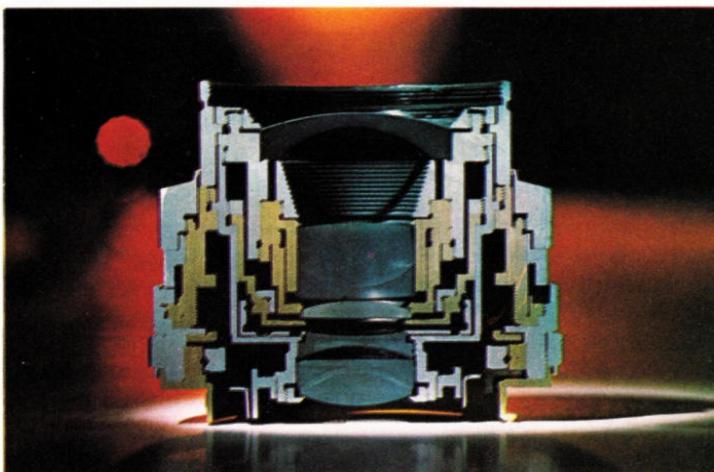


sehr nahegelegenen Gegenständen (etwa 10 cm bei jungen Menschen) scharf zu sehen. Mit fortschreitendem Alter wird die Linse weniger verformbar, so daß die minimale Sehschärfe auf 50 cm oder mehr anwachsen kann. Dieser als 'Weitsichtigkeit' bezeichnete Zustand zwingt oft ältere Menschen dazu, die Zeitung mit gestreckten Armen zu lesen. Bei extremer Weitsichtigkeit ist es nötig, die Lichtstrahlen vor dem Eintritt in die Augen durch Brillengläser zu konzentrieren.

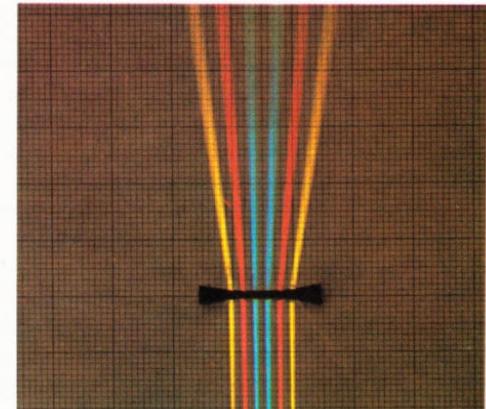
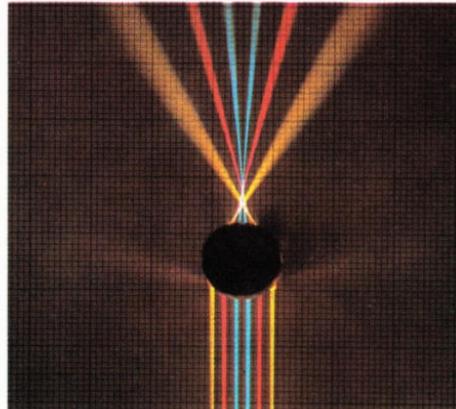
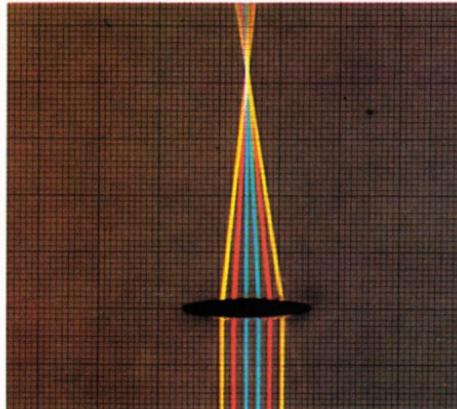
Im Falle der Kurzsichtigkeit bricht die Hornhaut, deren Brechkraft größer als die der Linse ist, die einfallenden Lichtstrahlen zu sehr, so daß zerstreuende Brillengläser — Linsen mit konkaven Oberflächen — zur Korrektur nötig sind.

Lichtstärke (Öffnungsverhältnis)

Der Lichteinfall einer Linse nimmt mit ihrer wirksamen Fläche zu. Das einfallende Licht wird jedoch auf das entstehende Bild verteilt, das mit wachsender Brennweite größer wird. Ein Bild wird also umso heller erscheinen, je größer der Linsendurchmesser und je kleiner die Brennweite ist. Das Verhältnis von Durchmesser zu Brennweite heißt Licht-

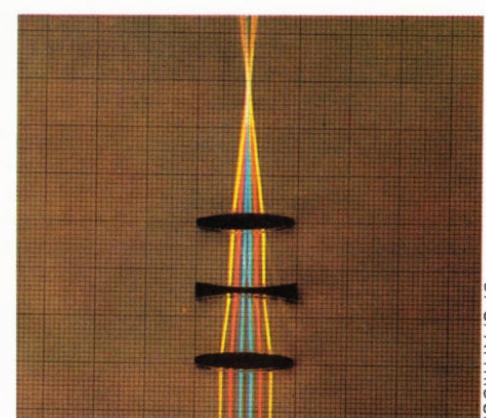
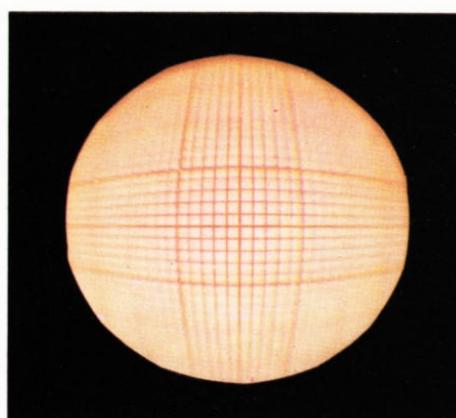
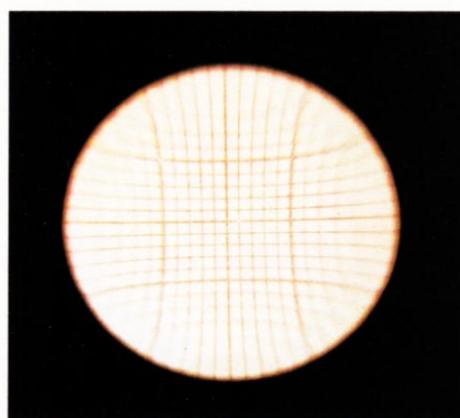


Links: Querschnitt durch ein 35 mm-Objektiv, wie es in Spiegelreflexkameras benutzt wird. Es besteht aus sieben Einzellinsen, von denen die vordere so gewölbt ist, daß das Gesichtsfeld groß wird.



Im Bild oben sieht man, wie ein paralleles Lichtbündel durch eine konvexe (Sammel-)Linse tritt. Alle Strahlen treffen im Brennpunkt zusammen. Eine dicke Konvexlinse hat den Fehler einer 'sphärischen Aberration' (zweites Bild). Die äußeren

Strahlen treffen sich näher an der Linse als die inneren. Eine konkave Linse zerstreut ein Lichtbündel (nächstes Bild). Das zusammengesetzte Linsensystem (Bild rechts unten) hält Abbildungsfehler sehr klein.



Die beiden kreisförmigen Fotos oben (erste und zweite Abbildung von links) zeigen 'kissenförmige' und 'tonnenförmige' Verzerrung oder Aberration, die durch die verschiedene Vergrößerung der bei verschiedenen Abständen der einfallenden Lichtstrahlen, die von der Mitte der Linse ausgehen, zustande kommen.

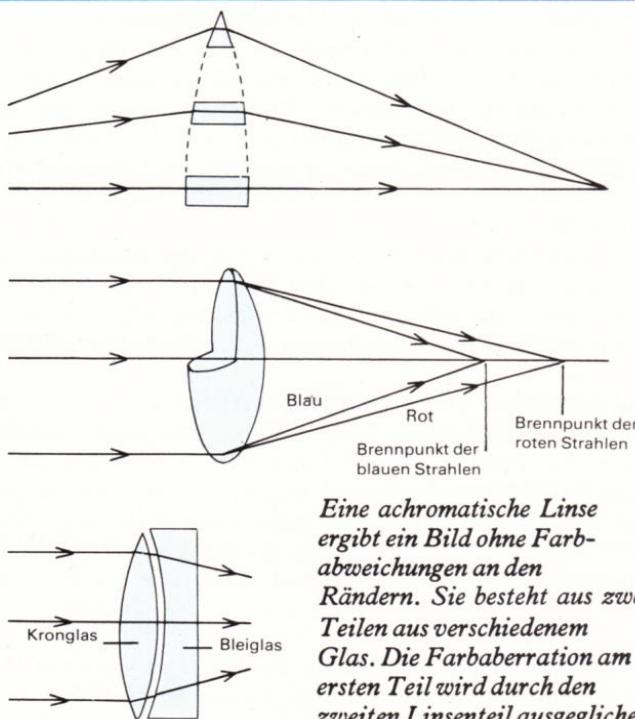
stärke oder Öffnungsverhältnis der Linse. Eine Linse, deren Durchmesser die Hälfte ihrer Brennweite beträgt, hat ein Öffnungsverhältnis $f:2$. Das Auge kontrolliert, genauso wie eine Kamera, die Helligkeit des auf der Retina entstehenden Bildes durch eine Änderung des Durchmessers der Pupille, die wie eine Blende wirkt. Hierdurch wird ein Bereich von Öffnungsverhältnissen zwischen $f:10$ und $f:3$ erreicht.

Vergleicht man zwei Linsen mit dem gleichen Durchmesser, aber mit verschiedenen Brennweiten, z.B. $f:2$ und $f:8$, erhält man mit der Linse mit dem Öffnungsverhältnis $f:2$ ein kleines, helles Bild dicht hinter der Linse, während mit $f:8$ ein größeres Bild in größerem Abstand entsteht.

Das 'Auflösungsvermögen' einer Linse, also ihre Fähigkeit, ein alle Feinheiten wiedergebendes Bild zu erzeugen, nimmt mit wachsendem Durchmesser zu. Dieses Phänomen kann man nachweisen, indem man eine Szene durch ein kleines Loch beobachtet, das den effektiven Durchmesser des Auges von normalerweise 4 mm auf weniger als 1 mm verringert. Die Gegenstände erscheinen dann verschwommen, obwohl die Schärfentiefe zunimmt.

Abbildungfehler

Einfache Linsen werden aus einer einzigen Glassorte hergestellt, indem man ihre Oberfläche als Teil einer Kugelfläche schleift. Die Erfahrung zeigt, daß solche Linsen — z.B. einfache Lupen — bei Betrachtung durch die Randzonen weniger klare Bilder ergeben als bei Benutzung der mittleren Bereiche. Außerdem erscheint ein Bild über die ganze Ausdehnung der Linse gewölbt statt eben. Beispielsweise scheint sich das Bild eines Zeitungstextes an den Rändern der Linse wegzubiegen. Oft sieht man auch, daß die Kanten eines weißen Gegenstandes auf schwarzem Hintergrund farbig erscheinen: blau auf einer Seite, rot auf der anderen.



Eine achromatische Linse ergibt ein Bild ohne Farbabweichungen an den Rändern. Sie besteht aus zwei Teilen aus verschiedenem Glas. Die Farbaberration am ersten Teil wird durch den zweiten Linsenteil ausgeglichen.

LITHOGRAPHIE (OFFSETDRUCK)

Der Offsetdruck, der die technischen Möglichkeiten der Lithographie fortsetzt, ist heute das am häufigsten angewendete Druckverfahren. Seine Anwendungen reichen von Büro-Offsetmaschinen bis hin zu Anlagen für den farbigen Druck von Zeitschriften und Wochenmagazinen.

Der Offsetdruck ist ein Verfahren, das darauf beruht, daß sich Fett und Wasser abstoßen. Der Bildbereich ist weder erhaben, wie beim BUCHDRUCK, noch ist er vertieft, wie beim Tiefdruck. Die Druckplatte beruht einfach auf dem Prinzip, daß der Bildbereich die fetthaltige Druckfarbe annimmt, während der Restbereich die Farbe abweist.

Offsetplatten

Bei der Offsetlithographie können Druckplatten einfach in der Weise hergestellt werden, daß die Zeichnung o.ä. mit einem Fettstift unmittelbar auf die metallische Oberfläche aufgetragen wird. Dieses Verfahren wird bei geringen Auflagen für künstlerische Drucke angewendet. Eine Druckplatte aus Papier wird hergestellt, indem man sie mit Hilfe eines speziellen Offsetbandes direkt beschreibt oder mit Hilfe eines Kopiergerätes eine Vorlage auf die Platte kopiert. Mit diesen Druckplatten kann jedoch nur eine Auflage von einigen Tausend Drucken hergestellt werden. Der eigentliche Durchbruch für das Offsetverfahren kam durch die Verbindung mit der Foto-

Offset-Druckmaschinen werden in stärkerem Maße auch für Aufgaben eingesetzt, die bisher dem Buchdruck und Tiefdruck vorbehalten waren.

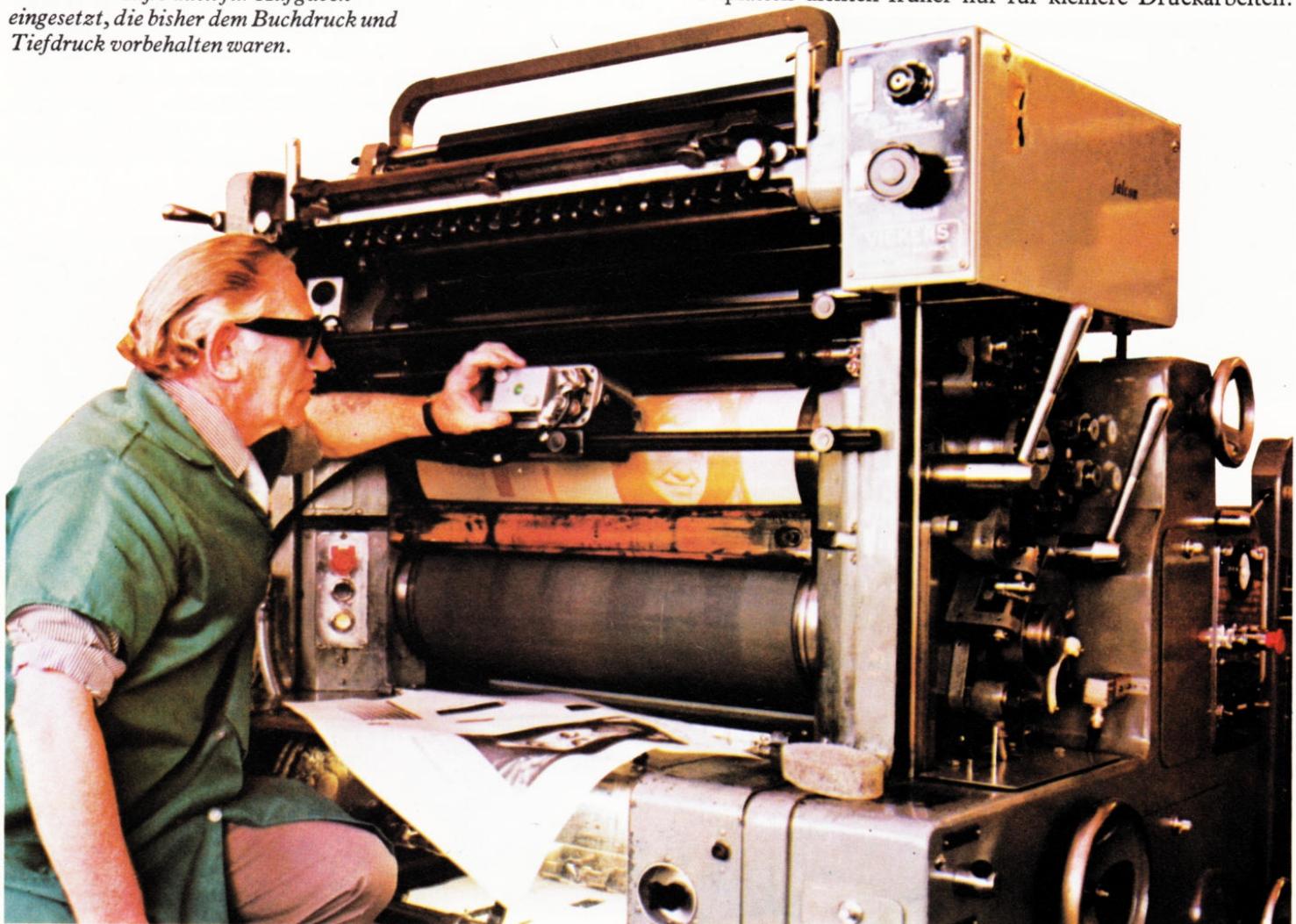
grafie. Von einigen Ausnahmen abgesehen werden Offsetplatten auf fotomechanischem Wege hergestellt.

Herstellung der Platten

Der erste Schritt bei der Herstellung von Platten ist das Überziehen der Metallocerfläche mit einer lichtempfindlichen Schicht. Dies geschieht, indem man die Schicht als Lösung auf die Platte gießt. Die Platte wird auf einen sich drehenden Tisch, den Schleuderapparat, gespannt. Hierdurch wird gewährleistet, daß alle Teile der Platte mit einer gleichmäßig dicken Schicht überzogen werden. Es gibt auch Platten, deren Schicht mit einem Schwamm mit der Hand aufgetragen wird.

Alle fotomechanischen Methoden beim Herstellen von Offsetplatten beruhen auf der Tatsache, daß sich die Oberflächenstruktur der Platte chemisch verändert, wenn man die Bildvorlage (Positiv oder Negativ) einer starken Lichtquelle aussetzt. Je nach Art der lichtempfindlichen Schicht ist sie in einem speziellen Lösungsmittel mehr oder weniger löslich. Nachdem die Platte dem Licht ausgesetzt wurde, kann der lösliche Bereich abgewaschen werden; zurück bleibt das aufgenommene Bild.

Bei Negativplatten wird die beschichtete Platte in einen Vakuum-Kopierrahmen gebracht. Das Negativ wird genau darüber gelegt. Das Vakuum führt dann zu einem engen Kontakt des Negativs mit der Platte. Beide werden nun einer starken Lichtquelle ausgesetzt. Licht, das durch die hellen Bereiche des Filmes dringt, härtet die Schicht aus. Der nicht-ausgehärtete Bereich wird anschließend abgewaschen. Zurück bleiben die ausgehärteten Bereiche, d.h. die zu druckende Bildfläche. Der Bildbereich erhebt sich geringfügig über die Oberfläche. Sie reibt sich beim Drucken im Laufe der Zeit ab. Offsetplatten dienten früher nur für kleinere Druckarbeiten.

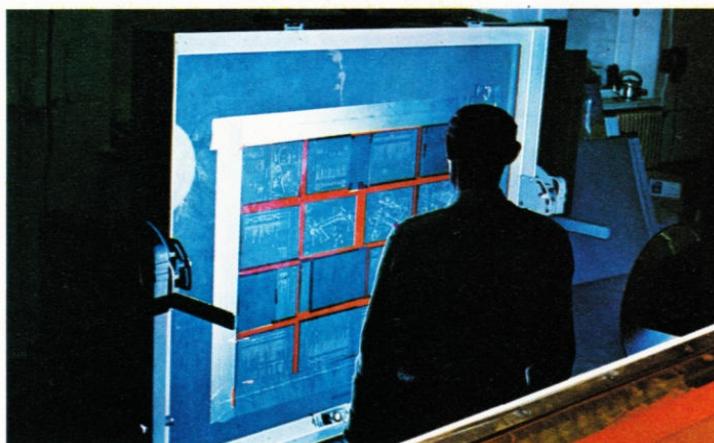


Rechts: Anfertigen einer Offset-Druckplatte in einem Vakuumrahmen. Die dabei verwendeten Lampen sind im Oberteil des Rahmens angebracht.

Durch vorbehandelte Platten lassen sich heute von einer Metallplatte bis zu 50 000 Drucke herstellen.

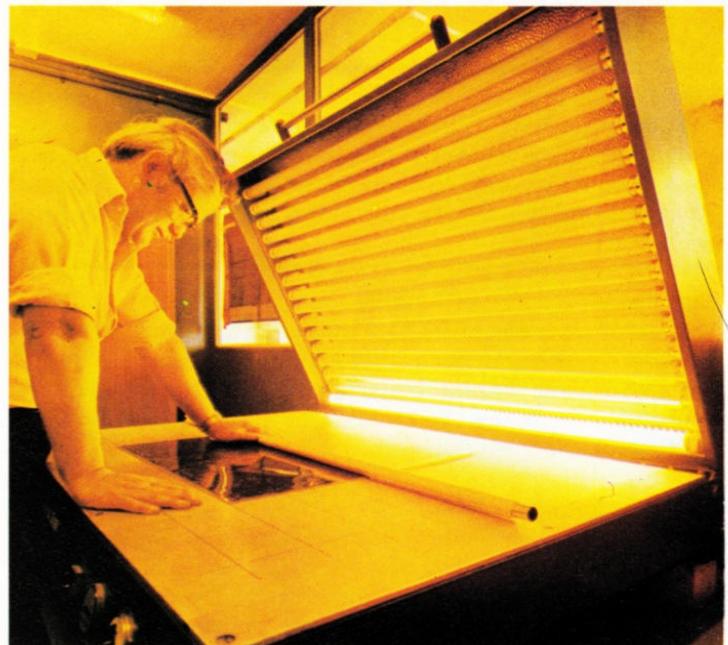
Bei der Herstellung tiefgeätzter Offsetplatten wird die Schicht dem Licht über ein Positiv ausgesetzt. Die nicht-ausgehärteten Bereiche werden ausgewaschen. In diesem Falle dient der ausgehärtete Bereich jedoch nicht als Druckfläche, sondern stellt einen Schutzfilm dar. Die Bildfläche wird leicht geätzt und dann mit einem Lack ausgefüllt. Obwohl man auch von Tiefätzen spricht, befindet sich die Bildfläche nur etwa 0,008 mm unterhalb der Plattenebene, wodurch sie beim Druck nicht so leicht abgehoben wird. Mit diesen Metallplatten können etwa 100 000 Drucke angefertigt werden.

Ein modernes Verfahren ist der Bimetalloffsetdruck. Während Zink- und Aluminiumplatten entweder fett- oder wasserabstoßend präpariert werden müssen, sind andere Metalle entweder wasser- oder fettbindend. So kann man z.B. auf wasseranziehendes und fettabstoßendes Grundmetall (Chrom, Nickel) galvanisch eine zweite farbführende (fettanziehende) Metallschicht (Kupfer) aufbringen und an den bildfreien Stellen nach der Kopie wieder wegätzen. Die Herstellung der Platten ähnelt dem Tiefätzenverfahren, wobei jedoch das Ätzen zur Entfernung einer dünnen Schicht Chrom dient, um das aus Kupfer bestehende Bild hervorzuheben. Diese Bimetallplatten sind teurer als die oben beschriebenen Metallplatten. Sie nutzen sich aber wesentlich weniger ab, wodurch von einer Platte bis zu einer Million Drucke hergestellt werden können.



Herstellung einer Negativplatte für den Offsetdruck. Die Negative werden auf einem Kunststofffilm montiert, bevor der Film zusammen mit der unbelichteten Platte in den Vakuumrahmen gelegt wird, um die Druckplatte zu belichten.

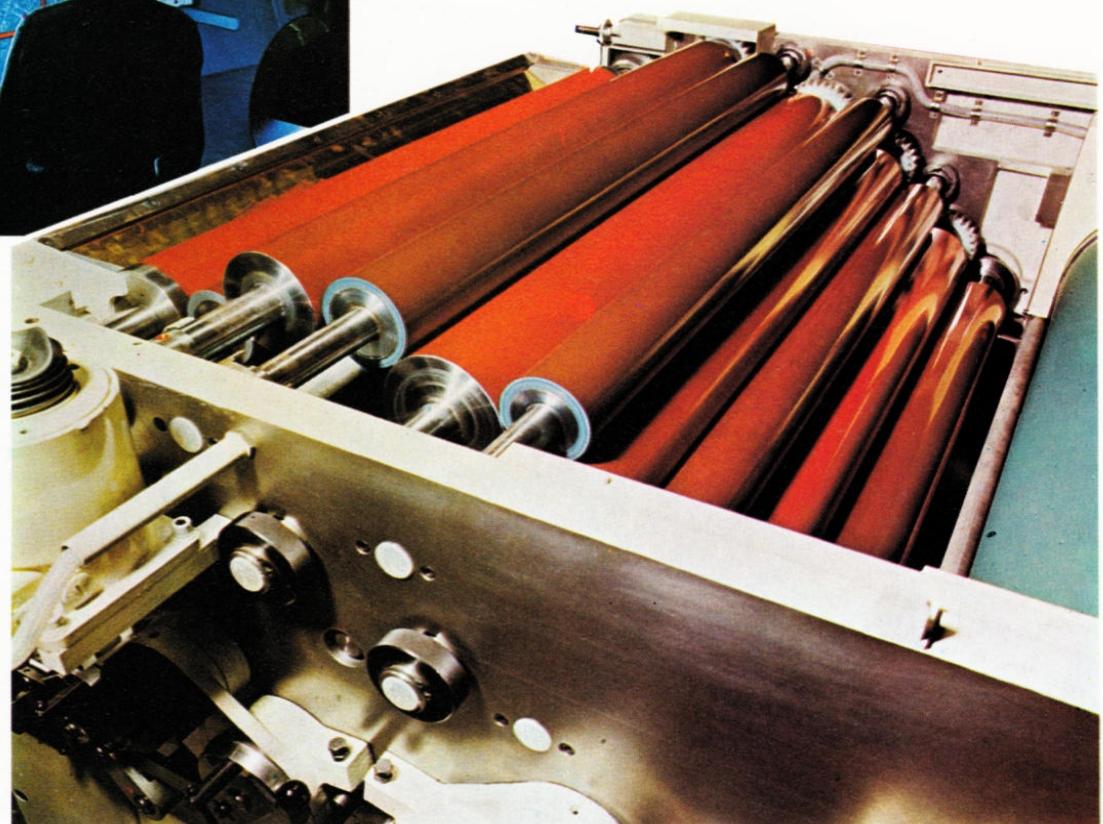
Rechts: Kleinoffsetmaschine mit 16 Farbwälzen, von denen jedoch nur vier die Platte einfärben, wenn sie unter ihnen vorbeiläuft. Die übrigen Farbwälzen bringen den Farbauftrag gleichmäßig auf die farbüber tragenden Walzen.



VICKERS

Offsetdruck

Beim Offsetdruck wird die Farbe von der Platte nicht unmittelbar auf das Papier, sondern auf einen mit Gummituch bespannten Zylinder, der seinerseits das Papier bedruckt, übertragen. Dieser indirekte Flachdruck, der als Offsetdruck bekannt ist, wurde zuerst zum Bedrucken dünner Metallplatten verwendet, um nicht von Metall auf Metall, was etwas problematisch ist, zu drucken. Heute wird dieses Verfahren allerdings bei allen zu bedruckenden Materialien angewendet. Die Verwendung eines Gummituches verringert die Abnutzung einer Druckplatte. Seine Biegsamkeit macht es möglich, feine Halbtontbilder auf eine Vielzahl verschiedenartiger Papiere zu drucken, d.h. auch auf Papiere mit rauen Oberflächen. Ein weiterer Vorteil der Offsetdrucke besteht darin, daß das Druckbild auf der Platte direkt zu lesen und nicht, wie beim direkten Druckvorgang, spiegelbildlich zu sehen ist.



STEINMESSE UND STOLLBERG KG

Erfindungen 28: SALZGEWINNUNG

Salz wurde in der Frühzeit des Menschen sehr vielfältig verwendet. Es wurde zum Beizen von Häuten und zur Konservierung von Lebensmitteln benutzt. Der griechische Historiker Herodot beispielsweise berichtete über das Salzen von Fisch bei Anwohnern des Dnjepr; der Grieche Strabo pries das gesalzene Schweinefleisch der Gallier an. Später wurde Salz zum Färben oder zur Herstellung von Seife verwendet.

Salz aus Meerwasser

In relativ warmen Gegenden wie dem Mittelmeer und im Mittleren Osten war die Gewinnung von kristallinem Salz einfach. Man ließ das Meerwasser einfach verdampfen. Hierzu schlug man Salzpfannen, die mit Wasser gefüllt wurden, in Felsen, die sich in Meeresnähe befanden. Das Wasser verdampfte, und es blieben Salzkristalle zurück. Diese Methode wird auch heute noch, beispielsweise in Malta, angewendet. Sie dürfte auf das Mittelalter — vielleicht sogar früher — zurückgehen. In Gegenden, in denen kein Felsgestein vorkommt, wurden die Salzpfannen aus Ton gefertigt.

Erhitzen der Sole

Bei den Temperaturen in Europa verläuft der Verdampfungsprozeß im allgemeinen sehr langsam, so daß man die Sole (salzhaltiges Wasser) zusätzlich heizte. Bei einem System wurde die Sole in konisch zulaufende Steinguttöpfe gefüllt, unter die ein schwaches Feuer gesetzt wurde. Durch dauerndes Nachfüllen von Meerwasser füllte sich das Gefäß allmählich mit Salz. Wenn es voll war, transportierte man es in den Gefäßen weg. Ein anderes System bestand darin, daß man eine Reihe von Ziegelsteinen von unten erhitzte. Die Sole tropfte langsam auf die nicht beheizte Oberfläche der Steine, auf der sich eine Salzschicht bildete, die abgekratzt werden konnte.

Salzgewinnung im Inneren des Landes

Der Transport des Salzes von den Küsten nach Zentraleuropa war sehr teuer. Es überrascht daher nicht, daß schon in vorgeschichtlicher Zeit sowohl aus Salzquellen als auch aus salzhaltigem Gestein Salz gewonnen wurde. Überreste aus solch früher Salzgewinnung wurden bei Sielle

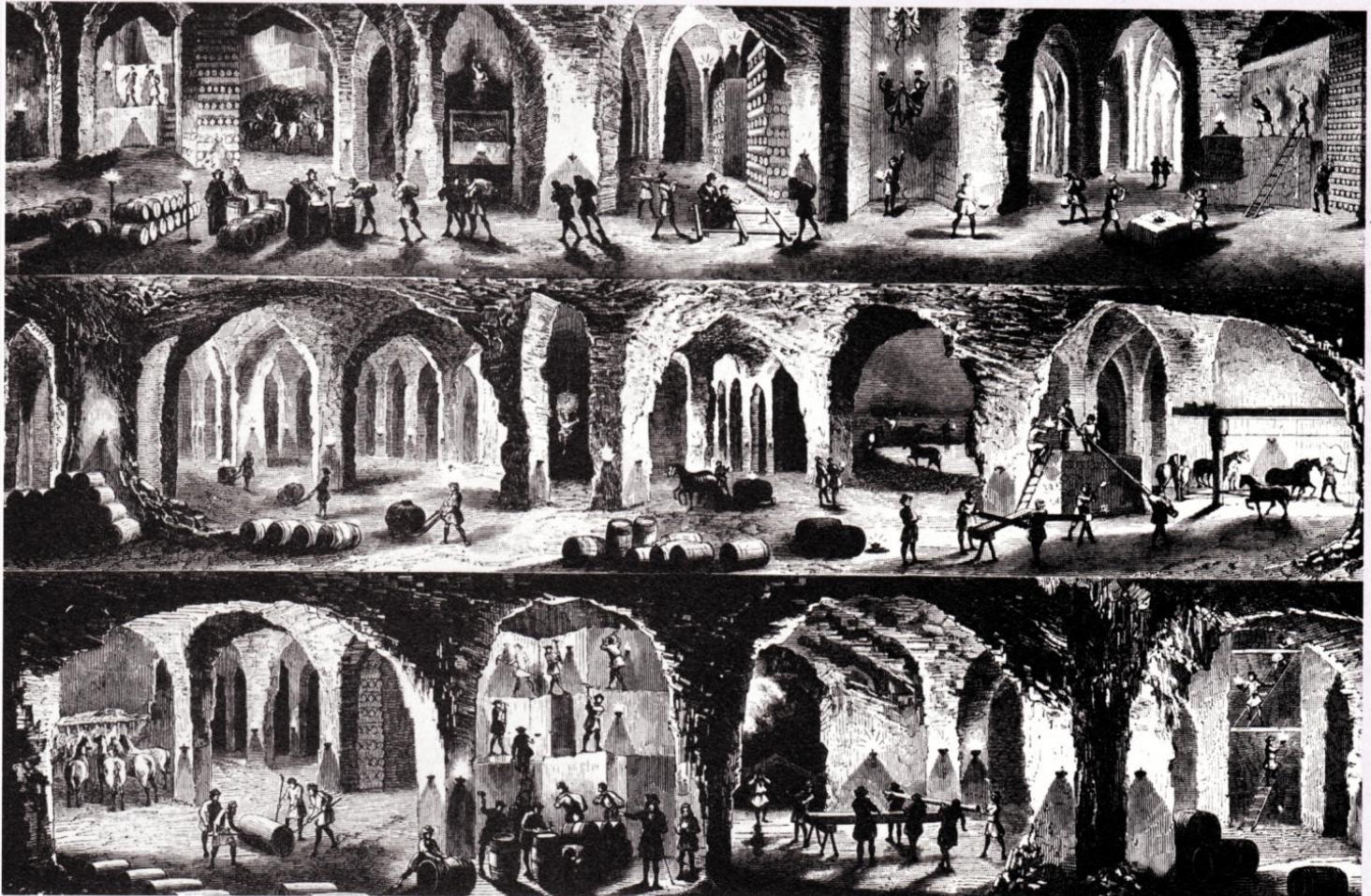
(Lothringen) und bei Halle a.d.S. (DDR) gefunden. In beiden Fällen handelte es sich um natürliche Salzquellen.

Salzbergwerke

Die Steinsalzvorkommen in den Ostalpen wurden mit Sicherheit schon 500 v. Chr. abgebaut. Anzeichen des Abbaus entdeckte man in Hallein, Hallstatt und Salzburg (alle Österreich). Da Abbauwerkzeuge aus Holz und Leder gefunden wurden, weiß man, wie zur damaligen Zeit salzhaltiges Gestein abgebaut wurde.

Es war nicht möglich, das Bergwerk so trocken zu halten, daß sich das Salz nicht auflöste. Daher ließ man es manchmal zu, daß sich das Salz auflöste. Es wurde später durch Eindampfen wiedergewonnen. Um andererseits das Bergwerk vor Feuchtigkeit zu schützen und um an die Lagerstätte zu gelangen, schlügen

Ein europäisches Salzbergwerk. Man sieht, wie Salz in Blöcke geschnitten wurde. Hierbei bildeten sich sogenannte 'Räume' mit großen Pfeilern.





die Bergleute einen Gang (oder Stollen) in den Abhang. Auf diese Weise könnte der Bergbau entstanden sein.

Solevorkommen in grosser Tiefe

Im prähistorischen China — genau wie in Europa — war in Küstengegenden das Meer die Hauptsalzquelle. In den gebirgigen Gegenden im Westen Chinas wurde Salz aber wahrscheinlich aus salzhaltigem Gestein gewonnen. Interessanter ist jedoch die Tatsache, daß Sole in großen Tiefen gewonnen werden konnte.

Bohren nach tiefen Salzlagerstätten

Um 200 n. Chr. entwickelten die Chinesen der Provinz Szetschnan eine Methode zur Ausbeutung tief gelegener Salzlagerstätten. Sie trieben schmale Bohrlöcher vielfach bis zu einer Tiefe von 550 m in die Schicht ein. Es wurde ein Gerüst mit einem Rollkolben an seiner Spitze errichtet. Hierüber lief ein Seil, an dem ein Bambusstab, an dessen Ende sich eine Steinspitze befand, angebracht war. Durch Heben und Senken dieses primitiven Bohrers wurde das Gestein langsam pulverisiert. Dieses pulverisierte Gestein wurde von Zeit zu Zeit mit einer Schöpfkelle aus dem Bambus entfernt. Aus unserer Sicht scheint diese Methode mühsam und sehr zeitraubend gewesen zu sein. Es

Salzbergwerk im Jahre 1820 in Krakau, Polen. Durch Schlagen von Gängen erreichte man die Salzvorkommen.

Luftbild von Salzgärten in Aden. Das in die einzelnen Pfannen geleitete Meerwasser verdampft. Zurück bleibt kristallines Salz.

wird aber berichtet, daß pro Stunde bis zu 800 Schläge durchgeführt wurden. Es sei daran erinnert, daß die ersten Ölbohrungen (Ende des letzten Jahrhunderts) ähnlich erfolgten. Nachdem die Lagerstätte der Sole erreicht war, wurden in das Bohrloch Bambusstäbe, die mit Leinen und Mastik (natürliches Harz) umwickelt waren, hinabgelassen. Die Sole wurde mittels hohlen Bambusbehältern an die Oberfläche gebracht. Die Sole wurde dann in Sudpfannen verdampft. Als Rückstand erhielt man kristallines Salz.

Im 12. Jahrhundert hatten die Chinesen ihre Bohrtechnik so weit verbessert, daß bis zu einer Tiefe von 1068 m gebohrt werden konnte. Die Bohrungen wurden mittels einer von Ochsen gezogenen Winde ausgeführt. Beim Bohren stieß man auf Gasblasen. Das Gas wurde nicht sinnlos in die Luft abgelassen, sondern durch Bambusrohre geleitet, um damit die Sudpfannen zu erwärmen. Dies dürfte die erste industrielle Nutzung von Erdgas gewesen sein.

Natürliche Salzvorkommen (in Form von Sole), die kommerziell ausbeutet werden können, findet man in Österreich, Frankreich, Deutschland, Indien und in verschiedenen Staaten der USA. Dort sind vor allem die Vorkommen in den Salzseen von Utah zu nennen. Die größten Salzvorkommen befinden sich im Toten Meer im Nahen Osten.

