

HEFT 48 EIN WÖCHENTLICHES SAMMELWERK ÖS 2
SFR 3.50 DM 3

WIE GEHT DAS

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



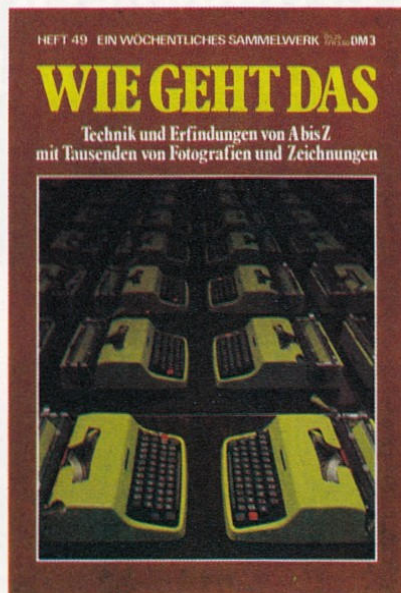
scan: **IGDL**

WIE GEHT DAS

Inhalt

Schleifen von Schmucksteinen	1317
Schleifmittel	1322
Schleudersitz	1324
Schleuse	1327
Schlierenverfahren	1330
Schlüsselschneidemaschine	1332
Schmidt-Teleskop	1333
Schmieden von Metall	1334
Schnellkochtopf	1338
Schokolade	1339
Schraube	1344

In Heft 49 von Wie Geht Das



Die ersten praktisch einsetzbaren Schreibmaschinen wurden vor über hundert Jahren entwickelt. Heute ist die Schreibmaschine ein unerläßlicher Bestandteil einer jeden Büroeinrichtung. Alles Wissenswerte über Schreibmaschinen—elektrische und mechanische—steht in Heft 49 von Wie Geht Das.

Eine der haltbarsten und wirksamsten Methoden zwei Metallstücke miteinander zu verbinden ist das Schweißen. Im nächsten Heft von Wie Geht Das können Sie mehr über die verschiedenen Schweißtechniken nachlesen.

WIE SIE REGELMÄSSIG JEDE WOCHEN 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 Ordnern 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, bestellt der 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

Einzahlschein) 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 leserlich enthalten.



SCHLEIFEN VON SCHMUCKSTEINEN

Das Wort 'Schmuckstein' ist ein branchenüblicher Sammelbegriff für 'Edelsteine' und 'Halbedelsteine'. Schliff und Facettieren steigern bei Schmucksteinen, bedingt durch Lichtbrechung und -reflexion an den zahlreichen Flächen und Kanten, das 'Feuer'. Auf diese Weise kommen Leuchtkraft und Farbe von Schmucksteinen besonders gut zur Geltung.

Man weiß nicht genau, wann der Mensch zum ersten Mal Steine als Schmuckelemente verwendet hat, doch liegen die Anfänge der Kunst des Steinschleifens möglicherweise in den jungsteinzeitlichen Techniken, mit denen man Steinwerkzeuge und Waffen glättete, um eine schärfere Schneide zu erzielen. Auf jeden Fall wurde eine Jadeaxt aus der Jung-

steinzeit gefunden, die für die Zeit ihrer Entstehung (vor etwa 10 000 Jahren) erstaunlich glatt poliert ist.

Armbänder aus goldgefaßten Amethysten, Lapislazuli und Türkisen wurden in ägyptischen Gräbern aus der Zeit zwischen etwa 3000 v. Chr. und 2780 v. Chr. gefunden. Die überwältigenden Schätze aus der Grabkammer des Tutanchamun zeigen, daß um 1000 v. Chr. in Ägypten fast alle Goldschmiedetechniken bekannt waren: Gießen, Löten, Lochen, Treiben, Ziselieren, Gravieren, Emaillieren und das Fassen von Steinen in Krabbenfassungen (aus einzelnen Drähten), speziell dafür angefertigten Rändern oder im Metallschmuckstück selbst. Die gerundeten oder von größeren Steinen abgetrennten Schmucksteine wurden vermutlich mit Bron-



Oben: Eine Geode oder Druse — ein Hohlstein, in dem sich bei der Gesteinswerdung mehrere Kristalle bildeten. Geschliffen sind Drusen ein beliebtes Ornament.

zwerkzeugen und Schleifmitteln wie Quarzsand, Granat- und Korundpulver sowie, jedenfalls nach Meinung einiger bedeutender Kenner der Materie, sogar mit Diamantstaub geschliffen.

Als erstes hat man wohl weniger harte Steine, wie Türkise und Lapislazuli, geschliffen, und zwar so, daß lediglich die Oberflächenrauigkeit geglättet wurde. Mit zunehmender Verbesserung der technischen Verfahren ging man wahrscheinlich dazu über, Kugeln und Zylinder aus solchen Steinen herzustellen, die man später sogar durchbohren und schleifen konnte. Es folgte die Bearbeitung härterer Steine wie Chalzedon. Chrysopras, Onyx, Achat, Blutstein, Jaspis und Amethyst. Man entdeckte dann irgendwann, daß sich erstaunliche Lichteffekte erzielen ließen (das sogenannte Feuer von Schmucksteinen, das durch die Lichtstreuung entsteht), wenn man durchsichtige Steine mit einem Facettenschliff versah.

Schliffarten

Es gibt zwei grundlegende, unterschiedliche Verfahren beim

DENIS INKERSOLE MINERAL ASSOCIATES

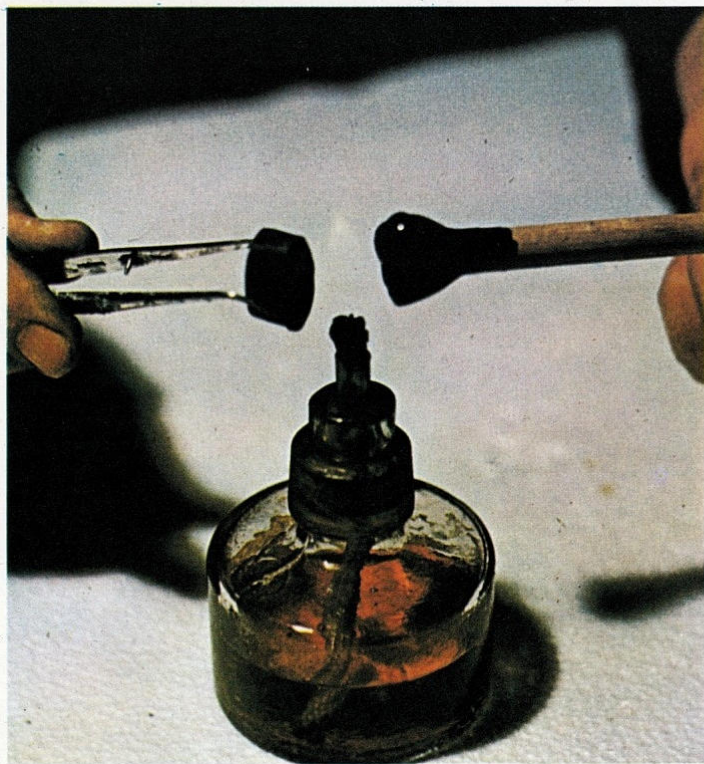


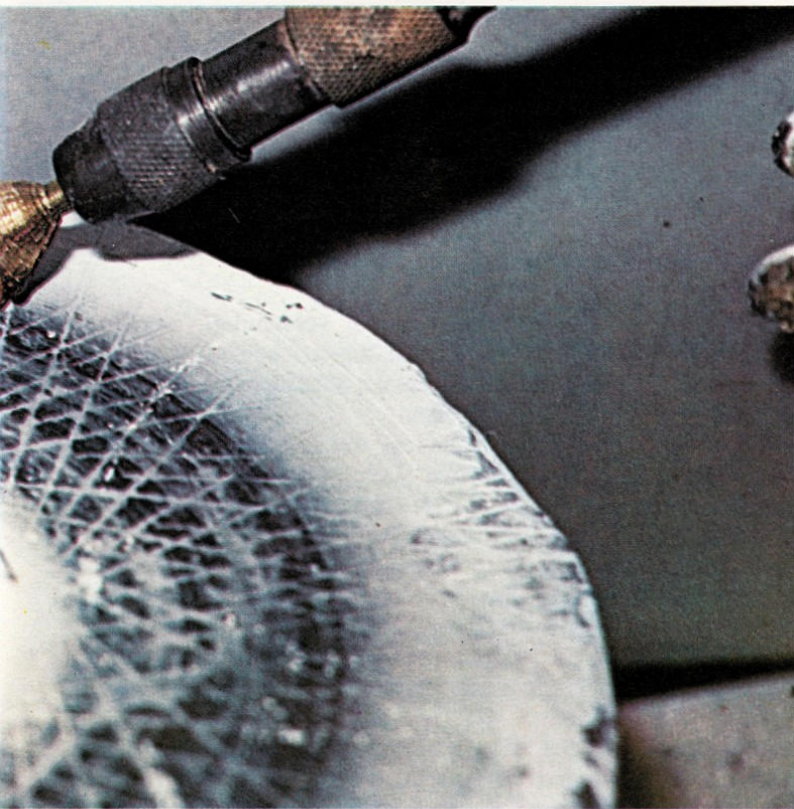
Oben: Ein facettierter Zitrin auf einem Kittstock aus Messing, der in einem mechanischen Facettierkopf eingesetzt ist. Der Stein wird auf der sich mit 500 U/min drehenden Scheibe poliert.

Links: Der Rohstein wird auf den Kittstock gesetzt. Hitze vom Spiritusbrenner schmilzt das Wachs am Ende des Kittstocks und erwärmt den Stein, der mit einer Zange gehalten und dann auf das Wachs gesteckt wird. Danach wird der Stein geschliffen.

Rechts: Ein Jadebrocken wird zurechtgeschnitten. Die Aufnahme zeigt die Beijing Kunst- und Handwerksfabrik in Peking, Volksrepublik China.

Unten: Facettierte Steine mit unterschiedlicher Lichtstreuung. Obere Reihe (natürliche Steine): Bergkristall, Skapolith und Fluorit (Flußspat). Untere Reihe (synthetische Steine): Strontiumtitanat, Lithiumniobat und Rutil.





Schleifen: Facettenschliff und Glattschliff. Formen des Glattschliffs sind beispielsweise Boutton (annähernd kugelig oder perlförmig), Cabochon und Kegel. Es finden sich aber auch barocke (unregelmäßige) Formen.

Die älteste, einfachste und billigste Methode zur Bearbeitung von Schmucksteinen besteht darin, daß man einfach die Außenflächen des rohen Steines glättet, ohne seine Form zu verändern.

Cabochons sind Steine mit einem mugeligen (gewölbten) Oberteil von ovalem, rundem oder tropfenförmigem Umriß. Die Wölbung des Oberteiles kann hoch, mittelhoch oder niedrig sein. Das Unterteil, dessen Fläche oft nur teilweise feingeschliffen wird, weist bisweilen eine Wölbung ähnlich der auf der Oberseite auf. In anderen Fällen ist das Unterteil eben oder auch nach innen gewölbt (konkav). Mit dem Konkavschliff werden dunkle Steine 'aufgehellt', beispielsweise der Almandin, ein schöner roter Schmuckstein aus der Granatgruppe.

Ursprünglich war der Cabochonschliff Steinen wie Smaragden, Rubinen und Saphiren vorbehalten. Man findet ihn heute aber auch bei Material, das nicht 'rein' genug (d.h. nicht völlig frei von kleinen sichtbaren Einschlüssen) für einen Facettenschliff ist, sowie bei durchscheinenden und undurchsichtigen Steinen wie Jade, Achat, Türkis und Opal. Außerdem nutzt man dieses Verfahren zur Erzeugung optischer Effekte bei bestimmten Steinen, beispielsweise der Chatoyance (Katzenaugeneffekt) beim Chrysoberyll und des Asterismus (Sterneffekt) beim Korund.

In den sechziger Jahren ging man dazu über, Rohsteine von unregelmäßiger Form durch Gegeneinanderreiben größerer Mengen in Polierzylindern feinstzupolieren. Stücke, die nur teilweise geschliffen werden, wie Cabochons, Bouttons, Kreuze und Herzen, können ihren Oberflächenschliff auf diese Weise erhalten.

Durch das Facettieren sollte ursprünglich die Oberflächenreflexion verstärkt werden, doch wollte man darüber hinaus ein ansprechendes Aussehen der Steine erzielen. Im 14. Jahrhundert versah man die natürlichen Kristallflächen des Diamanten-Oktaeders mit einem Feinschliff, woraus der Achtkantschliff entstand. Durch Zerschneiden des Oktaeders parallel zu seiner Grundfläche und durch Abschleifen der verbleibenden Oktaederspitze ergab sich nach zusätzlichem Einschleifen von Facetten die rechteckige Tafelform. Nach und nach entdeckte man, daß sich das in Diamanten verborgene Feuer durch Facettieren 'zum Leben' erwecken ließ (siehe DIAMANTBEARBEITUNG). Der Venezianer Peruzzi entwickelte um 1670 den Brillantschliff.

Der Rosenschliff stammt ebenfalls aus dem 17. Jahrhundert. Er verdankt seine Entstehung vermutlich den Schmucksteinschleifern von Amsterdam und Antwerpen. Beim typischen Rosenschliff sind 24 Dreiecke symmetrisch angeordnet, das Oberteil ist plan geschliffen; das Unterteil weist eine Spitze auf. Dieser Schliff findet Anwendung bei kleinen Diamanten, böhmischem Granat und hellen Zirkonen aus Ceylon (Sri Lanka).

Der Brillantschliff hat 32 Facetten oberhalb der Rondiste (Trennlinie zwischen Ober- und Unterteil) und unterhalb der Trennlinie 24. Eine Kalette (eine Facette an der Spitze des Unterteiles) hat statt 24 Facetten 25. Dieser Schliff eignet sich besonders gut für farblose Steine mit hoher Lichtstreuung wie beispielsweise Diamanten und Zirkone, weil er ihr volles Feuer zur Geltung kommen läßt. Daneben wendet man den Brillantschliff auch für farbige Steine wie Rubin, Saphir, blauen Zirkon, roten und grünen Granat und Edelspinelle an.

Farbige Rohsteine müssen so liegen, daß sie die beste Farbwirkung durch das Oberteil zeigen. Um ein Höchstmaß an Brillanz zu erzielen, muß man die Facetten präzise schleifen



und genau plan polieren. Der Winkel zwischen der Rondiste und den unteren Hauptfacetten ist so zu wählen, daß durch vollständige innere Reflexion möglichst viel Licht von den unteren Facetten zurückgeworfen wird, das dann am Oberteil austreten kann. Dieser Winkel ist bei einzelnen Schmucksteinarten unterschiedlich, er liegt im allgemeinen bei etwa 40° . Als Richtschnur kann gelten, daß der Stein um so tiefer geschliffen werden muß, je geringer sein Brechungsindex ist. Beim Schleifen ist außerdem auf Richtung und Maß der Spaltbarkeit, Unreinheiten im Stein, Bruchlinien sowie Härte- und Sprödigkeitsabweichungen zu achten. Oft muß ein Kompromiß geschlossen werden, so in Fällen, in denen man es mit einem Rohstein von schwer zu bearbeitender Form zu tun hat, oder wenn die Farbe so stark oder schwach ist, daß Idealproportionen nicht zu verwirklichen sind. In Sri Lanka und Indien wird bei geschliffenen Steinen vor allem auf ein möglichst hohes Gewicht geachtet, da die Schleifer nach Karat bezahlt werden (ein Karat = 0,2 g). Dies ist der Grund, warum im Ursprungsland geschliffene Steine für westliche Vorstellungen oft zu tief geschliffen sind und damit zu wenig Feuer zeigen.

Es gibt zahlreiche Abwandlungen des Brillantschliffes, beispielsweise Doppel-Brillantschliff, den man für besonders große Steine verwendet, Markise oder Navette, eine längliche Schliffform, tropfenförmigen Schliff, Ovalschliff oder Ceylonschliff.

Der Treppenschliff ist der geeignetste Schliff für Steine, deren Schönheit hauptsächlich von der Farbe lebt. Er besteht im großen und ganzen aus einer vierseitigen Tafel mit länglichen Vierkantfacetten parallel zu den Seiten. Da die Rechteckform mit schräggeschliffenen Kanten sehr häufig für Smaragde verwendet wird, bezeichnet man sie auch als Smaragdschliff. Wichtig sind die Winkel, die zur Totalreflexion führen; die wohl wichtigste Erwägung ist jedoch die Farbintensität. Steine mit kräftiger Farbe haben einen flachen Schliff, während helle Steine zur Steigerung der Farbwirkung

einen tiefen Schliff aufweisen.

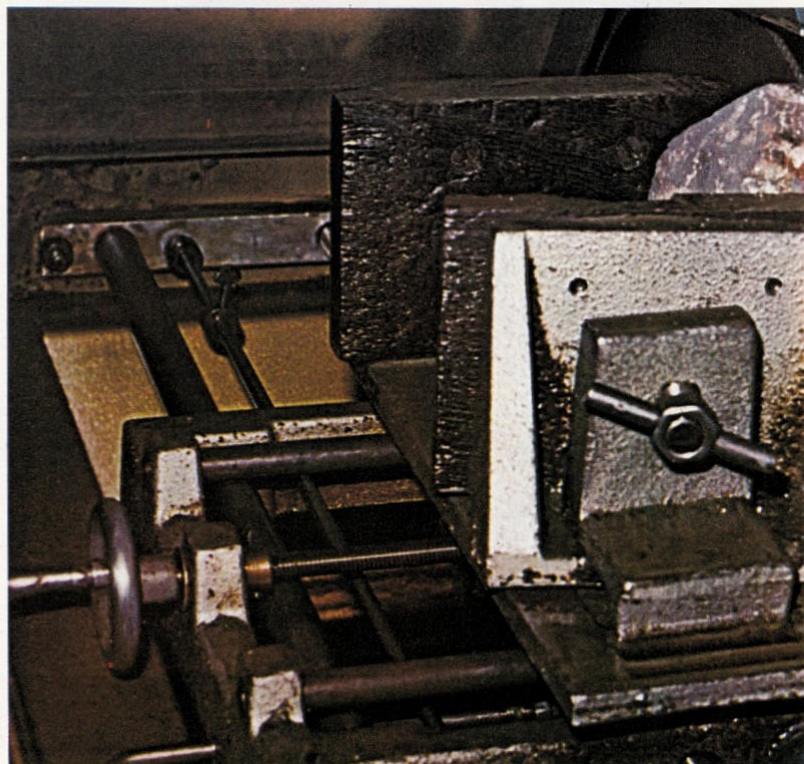
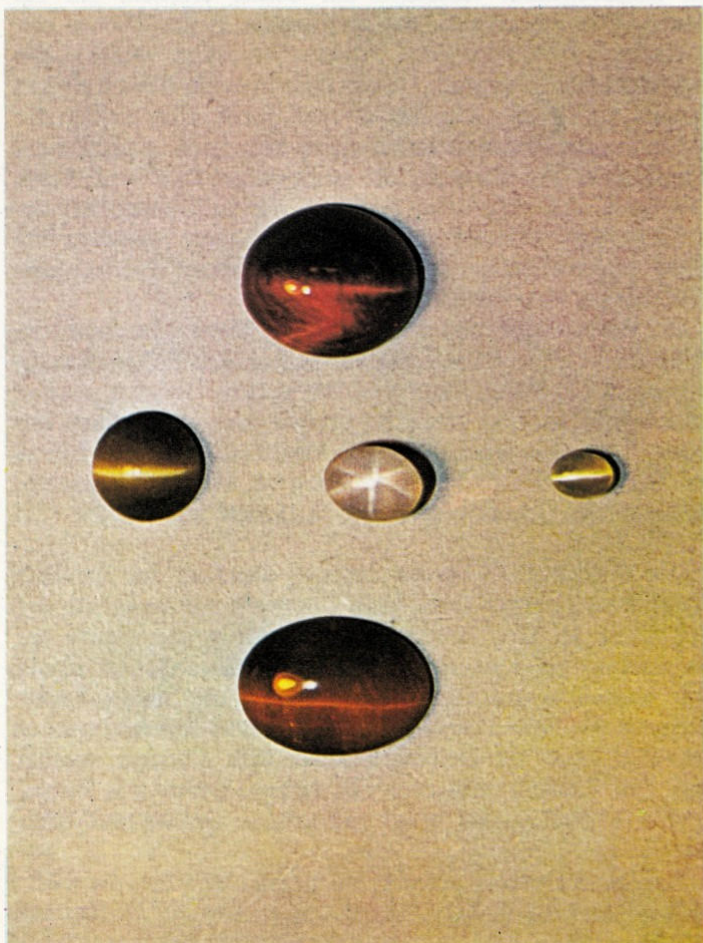
Es sind viele Sonderformen möglich, unter anderem Baguetteschliff (lang und rechteckig), Drachenschliff, Rautenschliff, Trapezschliff, Sechseck- und Achteckschliff. Viele Steine bekommen auch einen 'gemischten' Schliff, beispielsweise einen Brillantschliff auf dem Oberteil und einen Treppenschliff am Unterteil.

Das Schleifen und die dafür nötige Ausrüstung

Schleifscheiben, wie Steinschleifer sie verwenden, werden heute meist durch Elektromotoren angetrieben. Allerdings gibt es noch Gegenden auf der Erde, wo Schmucksteinschleifer ihre Poliertische von Hand drehen.

Der erste Schritt bei Rohsteinen, die in großen Stücken vorkommen, wie beispielsweise Jade, Zitrin, Achat und Lapislazuli, besteht darin, mittels diamantbestückter Trennscheiben, die je nach Durchmesser (von wenigen Zentimetern bis zu fast einem Meter) mit einigen hundert oder einigen tausend Umdrehungen pro Minute umlaufen, Stücke von geeigneter Größe abzutrennen. Dann wird am jeweiligen Stück der gewünschte Abschnitt ausgewählt, wobei überschüssiges Material mit einer kleineren Trennsäge beseitigt wird.

Cabochons für den Glattschliff und Rohlinge für den Facettenschliff werden hergestellt, indem man den rohen Stein gegen auf einer waagerechten Achse umlaufende, wassergekühlte Scheiben aus Siliciumkarbid oder Sandstein hält, deren Durchmesser bis zu rund einem Meter betragen kann. Die Schneidscheiben automatisch arbeitender Maschinen, die mechanisch Rohlinge herstellen, sind im Normalfall mit Diamantsplittern besetzt. Beim herkömmlichen Schleifverfahren wird der Rohstein mit Wachs oder Schellack auf einem Kittstock genannten Halter befestigt. Um eine glatte Kontur zu erhalten, werden die Cabochons anschließend auf Scheiben aus Siliciumcarbid naß geschliffen. Facetten erzeugt man durch Schleifen des auf seinem Kittstock sitzenden Rohsteines auf flachen Schleifscheiben, die auf einer senkrechten Achse rotieren. Berufsschleifer erreichen den richtigen Facettenwinkel durch Verwendung eines Lochbrettes. Dies ist ein Holzklotz mit zahlreichen kleinen Vertiefungen, in die das scharfe rückwärtige Ende des Kittstockes eingesetzt wird.



Die jeweils passende Vertiefung bestimmt der Schmucksteinschleifer nach Augenmaß, ebenso den zugehörigen Winkel. Hierbei werden große Erfahrung und bedeutendes handwerkliches Können vorausgesetzt. Moderne Facettiermaschinen, wie sie von Amateuren und auch einigen Berufsschleifern verwendet werden, sind mit Facettieraufsätzen oder Facettierköpfen ausgestattet, bei denen mit Einkerbungen versehene Räder und Winkelsegmente die richtigen Winkel und Erhebungen einstellen. Da diese Maschinen überaus präzise Schliffe erzeugen, nehmen sie dem handwerklichen Geschick viel von seiner Bedeutung. Poliertische können aus Gußeisen oder Blei mit lose aufgebrachtem Schleifstaub oder aus mit Diamantpulver bestückten Kupferscheiben bestehen.

Die Zahl der Poliertechniken (besser: Feinschlifftechniken) ist wohl ebenso groß wie die Zahl der Schmucksteinschlei-

fereien. Dennoch kann man ganz allgemein sagen, daß der Feinschliff von Cabochons auf Scheiben aus hartem Filz, Leder oder Holz erfolgt. Facetten werden auf Zinn, Zinnlegierungen oder Kupfer feingeschliffen. Man hat auch Versuche mit zahlreichen anderen Polierscheiben angestellt, unter anderem mit solchen, bei denen Gewebe aus Synthetikmaterial oder Holz über eine harte Unterlage gespannt werden. Als Feinschleifmittel dienen pulverisierte Gesteine (natürliches Erdmaterial), Aluminium-, Silicium-, Eisen-, Chrom-, Zinn- und Cerioxide sowie Diamantpulver bis zu einer Korngröße von 0,01 Mikron.

Der letzte Arbeitsgang besteht darin, daß der Stein von seinem Kittstock abgenommen und in einer siedenden Lösung wie z.B. Alkohol gereinigt wird. Dann kann er in eine Fassung eingesetzt werden.

Links unten: Polierte Cabochons mit 'Chatoyance' (Katzenaugeneffekt) und 'Asterismus' (Sterneffekt). Oben im Bild: rotes Tigerauge. Bildmitte: Quarzkatzenauge, Saphirstern, Chrysoberyllkatzenauge. Unten im Bild: gelbes Tigerauge.

Unten: Diamantenbestückte Trennscheibe beim Schneiden von Rohachat. Durch einen automatischen mechanischen Schraubenspindel-Vorschub wird der rohe Stein gegen das Schneidblatt gedrückt. Aus dem abgeschnittenen 'Scheibchen' wählt man die weiterzuverarbeitenden Stücke.

Rechts: Amethyste variieren in der Farbe von fast weiß bis tief purpurrot.



SCHLEIFMITTEL

Zu den heute allgemein verwendeten Schleifmitteln gehören sowohl der Diamant, die härteste in der Natur vorkommende Substanz, als auch die feinpulverisierte Kreide in Zahnpasten.

Schleifmittel sind Rohstoffe in gekörnter Form, die härter sind als die zu schleifenden Stoffe. Die Schleifwirkung wird nahezu ausschließlich durch den einfachen physikalischen Vorgang erzielt, daß der härtere Stoff Späne oder andere kleine Teilchen vom Werkstück abnimmt. Bei Metallen oxidieren die abgespannten Teilchen an der Luft, so daß sie nicht wieder mit dem Material verschweißen können.

Schleifmittel finden in der Hauptsache auf dreierlei Weise Verwendung. Einmal wird ein Stoff dem Schleifmittel unmittelbar ausgesetzt. Ein Beispiel dafür ist das Schärfen eines Messers auf einem Schleifstein. Bei einem anderen Verfahren wird Schleifkorn auf ein Stück Papier, Textilmaterial, Gummi oder eine Metallscheibe aufgebracht und das Ganze als Schleifwerkzeug verwendet. Das verbreitetste Beispiel hierfür ist Sand- oder Schrotstrahlen. Dabei bläst ein kräftiger Luftstrahl Schleifmittel, z. B. Sandkörner oder Strahlkies, unmittelbar gegen die zu säubernde Oberfläche.

Unmittelbar abschleifende Materialien finden sich nicht nur bei Schleifsteinen und Schleifscheiben, sondern werden auch in Pulverform angewendet. Die meisten Haushaltsreiniger (außer Seife und Waschpulver) enthalten Schleifmittel, und zwar im allgemeinen feinstpulverisiertes Siliciumdioxid, Bimssteinmehl oder Aluminiumoxid (Tonerde). Die Schleifwirkung unterstützt die chemische Wirkung des Reinigungsmittels. Beide Substanzen gemeinsam haben eine größere Reinigungswirkung — arbeiten also schneller — als eine von beiden allein.

Auch Zahnpasta enthält ein schwaches Schleifmittel, und zwar im allgemeinen feinpulverisierte Kreide. Zahnpulver, wie es früher häufig verwendet wurde, enthielt oft Bimssteinpulver oder Siliciumdioxid. Diese Mittel griffen jedoch den Zahnschmelz stark an. Heute behaupten die Hersteller, daß die Reinigungswirkung ihrer Erzeugnisse hauptsächlich auf chemischem Wege eintritt.

Die meisten in der Industrie verwendeten Schleifmittel wirken mittelbar dadurch ein, daß man sie auf eine Trägerschicht aufbringt. Dies spart Kosten ein, weil weniger Schleifmittel verbraucht wird als beispielsweise bei Einsatz einer massiven Schleifscheibe.

Die einfachste Art von beschichtetem Schleifmaterial ist Sand- oder Schleifpapier. Es wird erzeugt, indem man Schleifmittelkörnchen auf einen Bogen festes Papier klebt.

Schleifpapiere werden in vielen verschiedenen Arten und Körnungsgraden hergestellt und auf verschiedenste Art und Weise eingesetzt. Ihr ungewöhnlichster Einsatz ist wohl der im Druckereiwesen, wo ein beiderseitig zu bedruckendes Blatt beim Druck der zweiten Seite auf einem Bogen Schleifpapier, dem Preßdeckel, liegt, dessen Körnung nach oben weist. Die Körner halten das Papier in der vorgesehenen Lage und verhindern zugleich, daß die noch feuchte Druckerschwärze verschmiert wird.

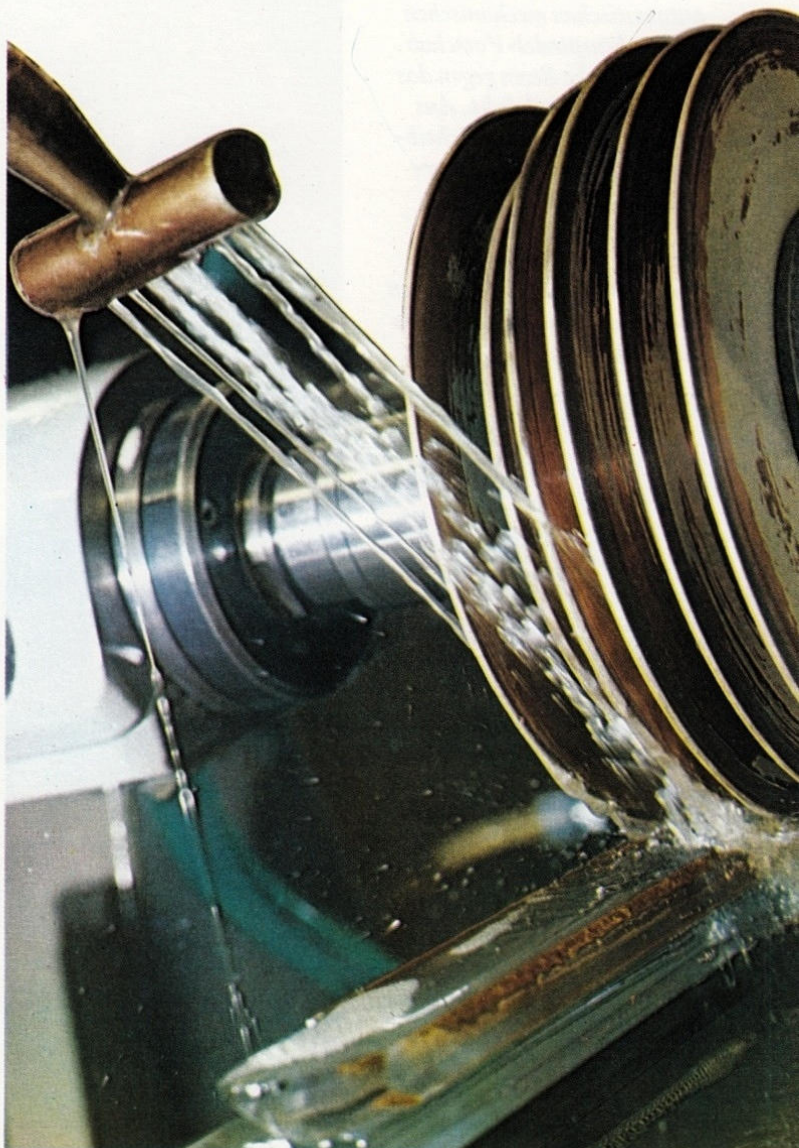
Häufig arbeiten Industrie-Schleifmaschinen mit Schleifbändern. Dies sind mit Schleifmittel bestückte lange Bänder aus besonders festem Papier oder auch aus textilem Material wie Leinen oder Gabardine.

Das Schrotstrahlen ist vielseitig einsetzbar. Der große Vorteil bei diesem Verfahren ist, daß die dem Schleifmittelstrahl ausgesetzten Flächen ziemlich gleichmäßig abgetragen werden. Metallteile werden vor dem Galvanisieren auf diese Weise gesäubert, denn das aufzubringende Material haftet nicht auf Schmutz oder korrodierten Stellen. Auch zum



BSC

***Oben:** Das Abschleifen einer Schweißnaht an einer Röhre in einem Röhrenwerk der British Steel Corporation. Die dabei verwendeten Schleifscheiben müssen härter als der bearbeitete Qualitätsstahl sein.*



Einritzen von Mustern in Flachglas bedient man sich des Schrotstrahlens. Die Flächen, die freibleiben sollen, werden mit einer kräftigen Papierschablone abgedeckt, die von dem Strahlkies nur zum Teil angegriffen wird. Dieses Verfahren ist an die Stelle der früher verwendeten Ätztechnik mit Hilfe von Fluorwasserstoff getreten.

Arten von Schleifmitteln

Es gibt natürliche und synthetisch erzeugte Schleifmittel. Da die synthetischen Mittel relativ jungen Datums sind, müssen alle herkömmlichen Schleifmittel natürlichen Ursprungs sein.

Das älteste aller Schleifmittel ist Sand; mit ihm wurden bereits um 25 000 v. Chr. Steinwaffen poliert.

Zu anderen, seit frühesten Zeiten verwendeten Schleifmitteln gehören Granat (ein harter, glasähnlicher Schmuckstein), körniger Korund (Schmirgel), Bimsstein, und Siliciumdioxid, das in verschiedenen Formen als Quarz, Feuerstein und Achat auftritt. Im Mittelalter arbeitete man mit Schleifsteinen, die natürlich in Fels eingeschlossene Stückchen Quarz und Feuerstein enthielten. Schmucksteine wurden mittels Schmirgel oder Metallscheiben, auf die pulverisierter Sandstein aufgebracht war, geschliffen.

Etwas später erfand man das Sandpapier und noch später das Schmirgelpapier und Schmirgelleinen, die beide eine feinere Körnung haben und länger halten. Im Jahre 1825

entdeckte man schließlich den Korund.

Der wichtigste Schritt bei der Entwicklung synthetischer Schleifmittel erfolgte im Jahre 1891, als Edward Acheson erstmals Siliciumcarbid-Kristalle darstellte. Dieses Material bekam den Namen Karborund und erwies sich im Laufe der Zeit als eines der vielseitigsten synthetischen Schleifmittel. Die Kristalle, die sich in beliebig feiner oder grober Körnung herstellen lassen, können zu festen Blöcken verbunden, aber auch auf Metallscheiben oder Bänder zum Einsatz in Werkzeugmaschinen aufgebracht werden.

Zu den jüngsten Entwicklungen gehört Aluminiumoxid, ein synthetischer Korund, sowie synthetische Diamanten, deren Erzeugung im Jahre 1955 erstmals gelang. Sie haben allerdings die Naturdiamanten nicht verdrängen können, da diese sich noch immer besser mit Stahlscheiben, wie sie zum Trennen von Stein und Beton verwendet werden, verbinden lassen. Mit synthetischen Diamanten werden hauptsächlich andere sehr harte Substanzen geschnitten, wie beispielsweise Wolframcarbid. Die Herstellung synthetischer Diamanten aus Kohlenstoff verlangt hohe Temperaturen und hohe Drücke — Bedingungen, wie sie bei der Entstehung von Naturdiamanten gegeben sind. Diamant, das härteste natürliche Material, diente in Indien bereits um 700 v. Chr. als Schleifmittel. Zum Schneiden von Metallen verwendete man massive Diamantstücke, allerdings war ihr Einsatz begrenzt.



Ganz links: Trennscheiben werden mit winzigen Splittern von Industriediamanten bestückt. Mit ihrer Hilfe schneidet man harte Werkstoffe, die eine gewöhnliche Metallsäge in Sekunden stumpf machen würden. Hier wird ein synthetischer Quarzblock für die Verwendung in quarzgesteuerten Oszillatoren geschnitten. Zur Kühlung der entstehenden Reibungswärme wird Wasser auf die Schnittstelle gesprüht.

Links: Das Schrotstrahlverfahren wird oft zur Fassadenreinigung eingesetzt. Auf diesem Bild reinigt ein Arbeiter das Äußere eines Gerichtsgebäudes, auf dem sich Schmutz in einer Stärke von 3 mm bis (so unglaublich es klingt) 50 mm abgelagert hat. Der Strahlkies wird aus Naturstein gewonnen, den man zerkleinert und bis zur geforderten Korngröße durchsiebt. Die Körner werden mittels Druckluft von 2,8 bar bis 4,2 bar durch die Düse geblasen, die der Arbeiter in der Hand hält. Durchschnittlich verbraucht ein Schrotstrahlgerät zwei Tonnen Kies pro Arbeitstag. Man könnte das Material wieder einsammeln, es wird aber meist als Abfall beseitigt. Man benötigt zur Reinigung der Fassade von Gebäuden dieser Größe Tausende von Tonnen.

SCHLEUDERSITZ

Tausende von Kampffliegern verdanken ihr Leben dem Schleudersitz, mit dem sie beim Absturz ihres Kampfflugzeuges 'aussteigen' konnten.

Gegen Ende des Zweiten Weltkrieges wurde der Absprung mit dem Fallschirm aus einem abstürzenden Kampfflugzeug immer schwieriger. Die Einführung von Düsenkampfflugzeugen machte das sogenannte 'Aussteigen über die Bordwand' wegen der außerordentlich hohen Fluggeschwindigkeiten absolut unmöglich.

Untersuchungen, die eine Lösung dieses Problems herbeiführen sollten, ließen sehr bald erkennen, daß sich ein vor dem Absturz stehender Kampfflieger am ehesten durch kraftvolles Herausschleudern seines Sitzes retten kann. Als Antrieb eignet sich am besten eine Schleudersitzkanone, die mit einer hochexplosiven Treibladung geladen ist. Nach dem Herausschleudern wird der Kampfflieger von einem Hauptfallschirm aus dem Sitz, der danach zur Erde fällt, gezogen, während der Kampfflieger am Fallschirm herabschwebt. Früher wurden Fallschirme durch Ziehen an der Reißleine geöffnet; heute verfügen sie über eine selbsttätige Öffnungsvorrichtung.

Betätigen des Schleudersitzes

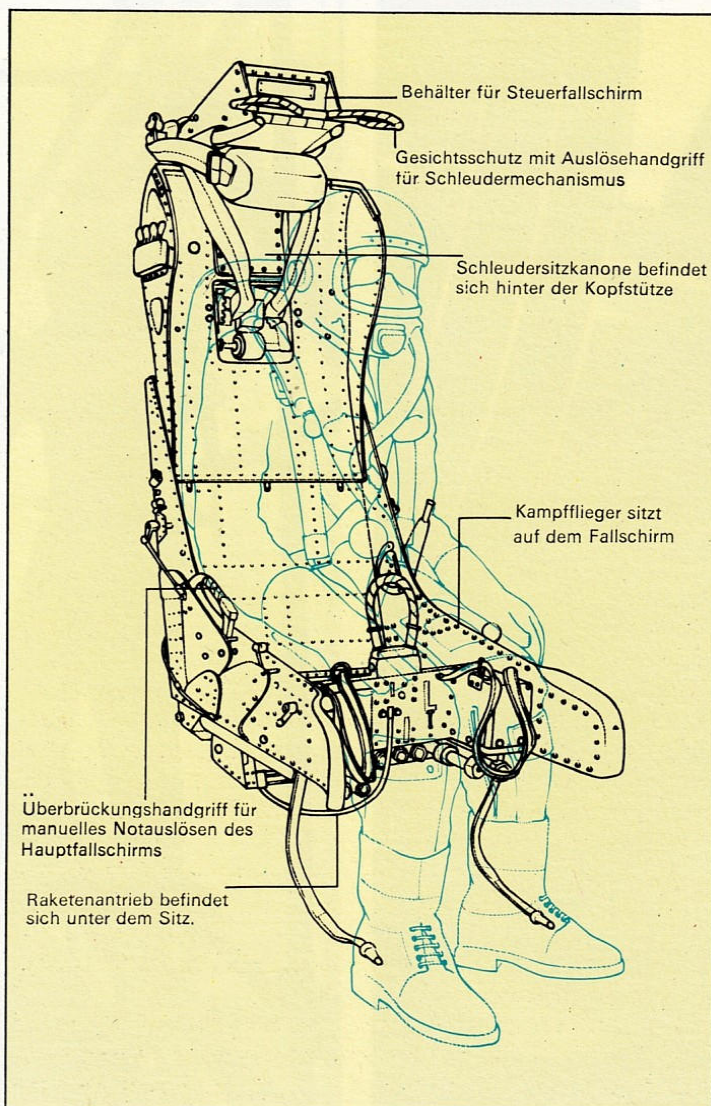
Bei einem drohenden Absturz wird der Schleudersitz mit dem darin befindlichen Kampfflieger, der außer mit seinem Fallschirm auch mit einer Überlebens- und Notausrüstung ausgerüstet ist, mit Hilfe der Schleudersitzkanone aus der Pilotenkanzel herausgeschleudert. Die Schleudersitzkanone ist

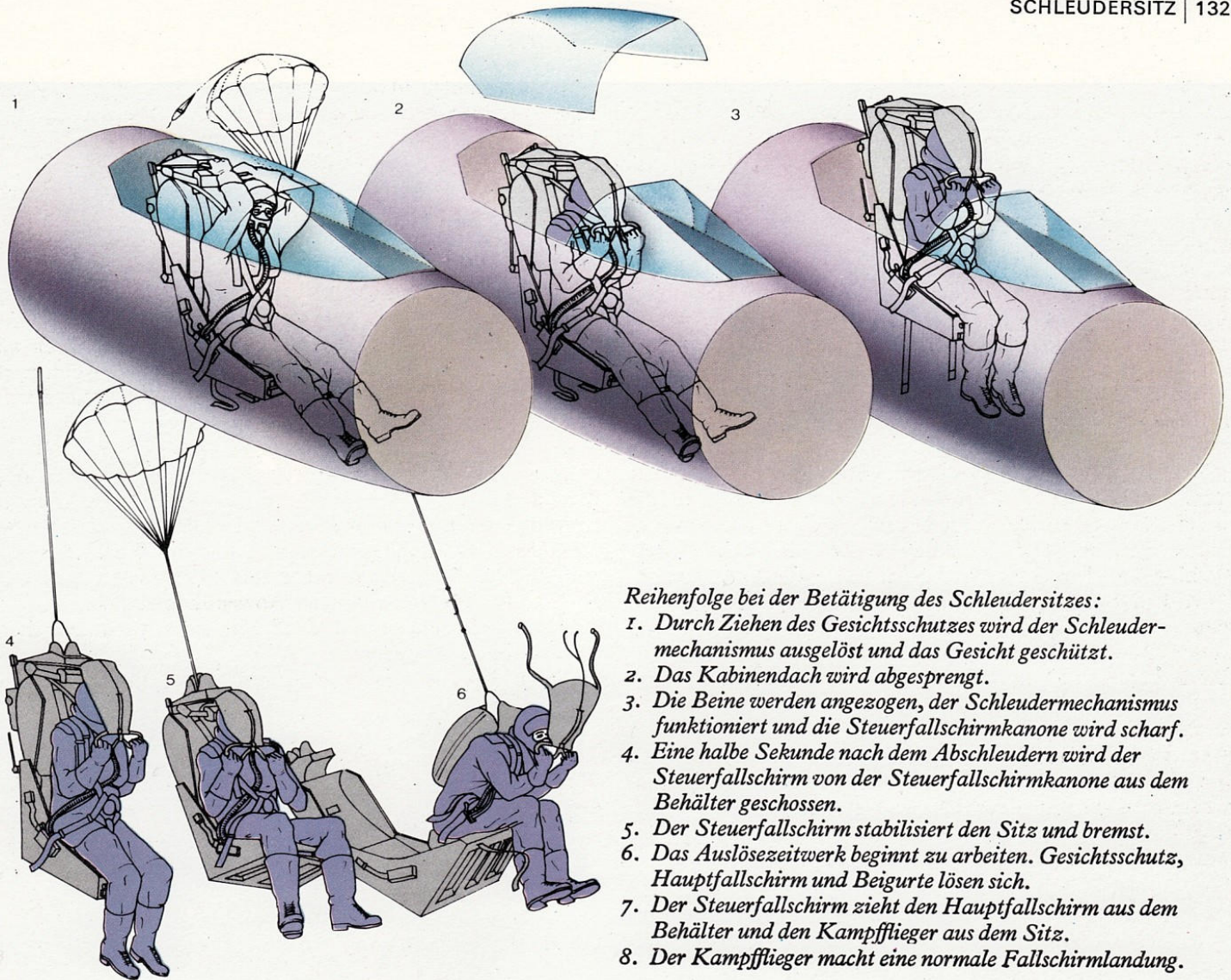
senkrecht hinter dem Schleudersitz am Flugzeugrumpf angebaut. Ihre Schleuderkraft reicht aus, den Sitz auch bei hohen Fluggeschwindigkeiten so kraftvoll wegzuschleudern, daß er nicht gegen Teile des Flugzeugrumpfes schlägt.

Einige Schleudersitze haben zusätzlich zur Schleudersitzkanone einen Raketenantrieb unter dem Schleudersitz, um diesen schneller auf größere Höhen zu bringen. Die Rakete wird im gleichen Augenblick gezündet, in dem der Sitz aus dem Flugzeug geschleudert wird. Die gemeinsame Treibkraft von Schleudersitzkanone und Rakete schleudert den Sitz mit dem darin sitzenden Kampfflieger bis zu 90 m vom Flugzeug weg. Dies ist weit und hoch genug, um einen Hauptfallschirm, der sich am Körper des Kampffliegers in einem Behälter befindet, voll öffnen zu lassen. Die Höhe reicht aus, den Fallschirm selbst dann zu öffnen, wenn der Sitz aus einem auf dem Flugfeld abgestellten Kampfflugzeug herausgeschleudert wird. Mit dem Einbau dieser lebensrettenden Einrichtung in neuartige Senkrecht- und Kurzstartflugzeuge ist eine entscheidende Sicherheitsvorsorge getroffen. Auch bei konventionellen Flugzeugen sollte das Schleudersitzprinzip in Bodennähe bei Notlandungen Anwendung finden.

Das Abschleudern des Schleudersitzes wird eingeleitet, indem der Kampfflieger an einem Handgriff zieht, der sich über seinem Kopf oder zwischen seinen Knien befindet.

Unten: Schleudersitz mit Raketenantrieb. Im Notfall kann der Kampfflieger den Hauptfallschirm mit dem Überbrückungshandgriff manuell auslösen. Daneben im Bild der Schleudersitz, der in dem Mehrzweck-Kampfflugzeug vom Typ Tornado verwendet wird.



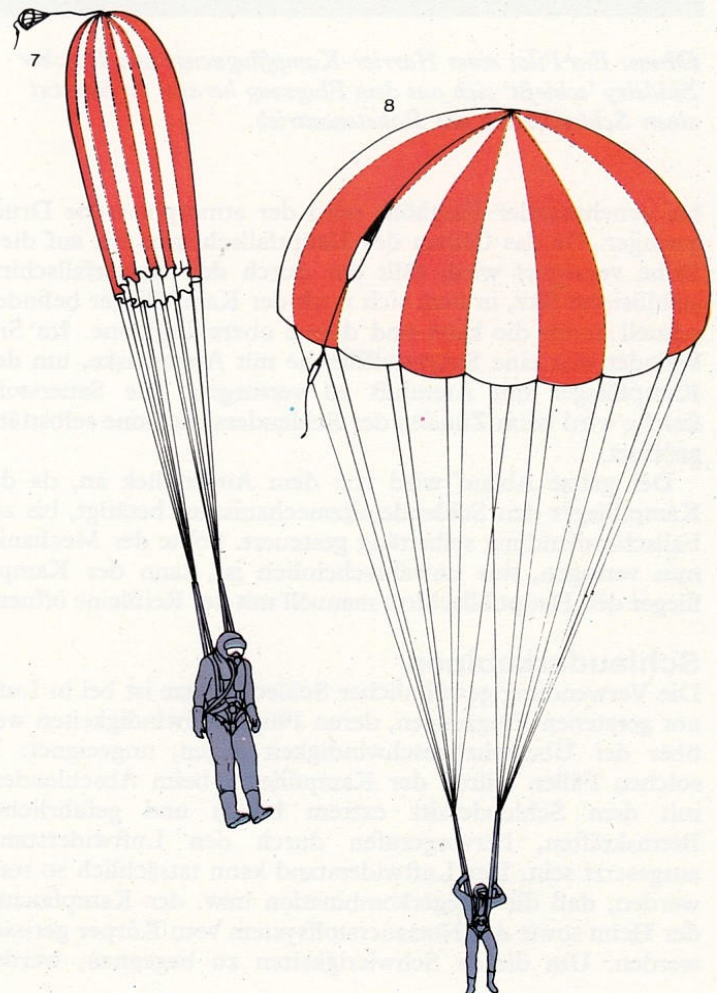


Oder er zieht einen Gesichtsschutz vor sein Gesicht, der mit der Schleudersitzkanone verbunden ist. Hierdurch wird einerseits die Zündfolge in Gang gesetzt, andererseits wird das Gesicht vor dem Heißluftschwall geschützt. Das Kabinendach wird abgesprengt und eine Kartusche gezündet, durch die weitere Kartuschen in der Schleudersitzkanone und, sofern eingebaut, auch der Raketenantrieb gezündet werden, wodurch sich der zum Abschleudern des Sitzes erforderliche Schub entwickelt.

Nach dem Abschleudern des Schleudersitzes wird aus dem Fallschirmbehälter, der sich am Oberteil des Schleudersitzes befindet, ein Steuerfallschirm herausgeschossen. Dieser öffnet sich durch den Abfeuerdruck schnell und präzise. Dieser Fallschirm stabilisiert und bremst den Sitz soweit ab, daß sich der Hauptfallschirm des Kampffliegers öffnen kann, ohne zu zerreißen.

Nachdem der Steuerfallschirm den Schleudersitz genügend abgebremst hat, wird er von einem barostatisch geregelten Auslösezeitwerk vom Sitz getrennt, so daß sich das Zugmoment nunmehr auf den Hauptfallschirm konzentriert und diesen aus dem Fallschirmbehälter des Kampffliegers herauszieht. Gleichzeitig bewirkt das Auslösezeitwerk, daß sich die Haltegurte, mit denen der Kampfflieger an seinem Sitz festgeschnallt ist, lösen. An seinem eigenen Hauptfallschirm hängend, löst sich der Kampfflieger ungehindert aus seinem Schleudersitz und macht eine normale Fallschirmlandung, während der Sitz frei zur Erde fällt.

Muß der Schleudersitz in mehr als 3 000 m Flughöhe abgeschleudert werden, wird das barostatische Auslösezeitwerk durch den Barostatregler verzögert, der genau wie eine Barometerdose auf den atmosphärischen Druck reagiert, d.h.





Oben: Ein Pilot eines Harrier-Kampfflugzeugs von Hawker Siddeley 'schießt' sich aus dem Flugzeug heraus. Er benutzt einen Schleudersitz mit Raketenantrieb.

bei zunehmender Flughöhe wird der atmosphärische Druck geringer. Da das Öffnen des Hauptfallschirmes bis auf diese Höhe verzögert wird, fällt der durch den Steuerfallschirm stabilisierte Sitz, in dem sich noch der Kampfflieger befindet, schnell durch die kalte und dünne obere Luftzone. Im Sitz befindet sich eine Sauerstoffflasche mit Atemmaske, um den Kampfflieger mit Atemluft zu versorgen. Die Sauerstoffflasche wird beim Zünden der Schleudersitzkanone selbsttätig geöffnet.

Der ganze Ablauf wird von dem Augenblick an, da der Kampfflieger den Schleudersitzmechanismus betätigt, bis zur Fallschirmlandung selbsttätig gesteuert. Sollte der Mechanismus versagen, was unwahrscheinlich ist, kann der Kampfflieger den Hauptfallschirm manuell mit der Reißleine öffnen.

Schleuderkabinen

Die Verwendung gewöhnlicher Schleudersitze ist bei in Luftnot geratenen Flugzeugen, deren Fluggeschwindigkeiten weit über der Überschallgeschwindigkeit liegen, ungeeignet. In solchen Fällen würde der Kampfflieger beim Abschleudern mit dem Schleudersitz extrem hohen und gefährlichen Bremskräften, hervorgerufen durch den Luftwiderstand, ausgesetzt sein. Der Luftwiderstand kann tatsächlich so stark werden, daß die Fliegerkombi bzw. der Kampfanzug, der Helm sowie das Notsauerstoffsystem vom Körper gerissen werden. Um diesen Schwierigkeiten zu begegnen, werden

neuartige, auf dem letzten Stand der Technik stehende Überschall-Kampfflugzeuge mit einer Pilotenkabine ausgestattet, die dem Prinzip der Druckkabinen entspricht. Diese kann im Notfall durch Sprengbolzen und Raketenantriebe von der Rumpfzelle des Flugzeuges getrennt werden. Die Schleuderkabine hat Fallschirme, mit denen sie stabilisiert und abgebremst wird, sowie Schleudersitze, mit denen sich die Besatzung beim Erreichen einer sicheren Fallgeschwindigkeit und entsprechenden Höhe aus der Schleuderkabine abschleudert.

Notausrüstung

Der Kampfflieger hat zusätzlich zu seinem Hauptfallschirm einen Überlebens- und Notausrüstungsbehälter für den Fall, daß er in feindlicher oder unfreundlicher Umgebung niedergehen muß. Gerät er hierbei in ein größeres Gewässer oder in die offene See, kann er sich in ein selbsttätig aufblasendes Schlauchboot retten, das er zusätzlich zu seiner Schwimmweste mit sich führt. Darüber hinaus gehört der schwimmfähige Notsender zur Notausrüstung. Er ist besonders wichtig, da er selbsttätig Notsignale und Peilzeichen sendet. Hierdurch wird es Suchflugzeugen und Suchschiffen möglich, das Gebiet zu lokalisieren, in dem der Fallschirm niedergegangen ist. Außerdem gehören Wetterschutzkleidung, Signalausrüstung, Notproviant und Fischfangausrüstung zur Notausrüstung.

Der Schleudersitz ist einer der wichtigsten Ausrüstungsteile eines neuzeitlichen Militärflugzeuges. Allein der Martin-Baker-Schleudersitz — eines von verschiedenen anderen Fabrikaten — hat bis heute etwa 4 500 Kampffliegern das Leben gerettet.

SCHLEUSE

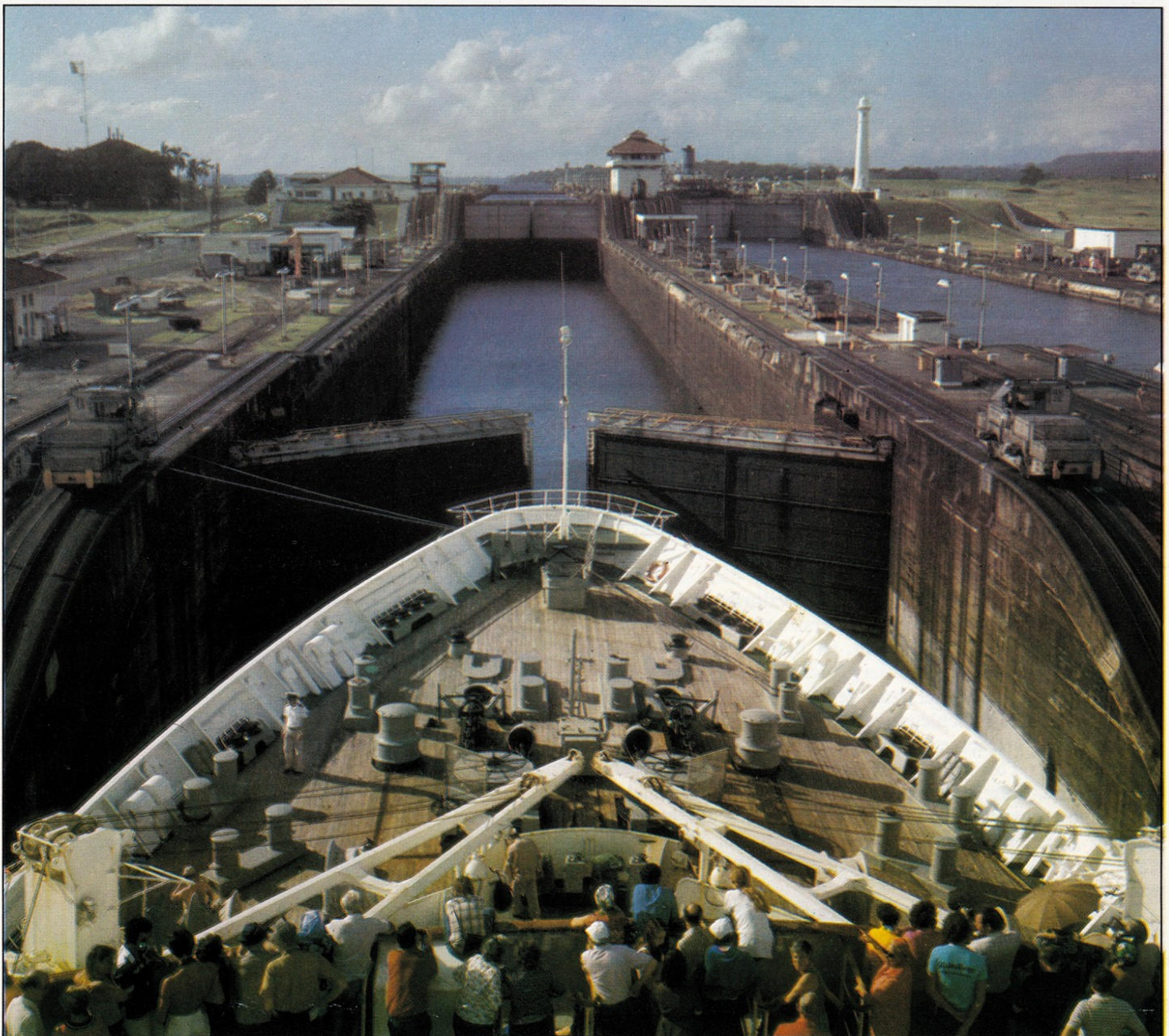
Kanalschleusen, die dazu dienen, Höhenunterschiede in einem Kanal auszugleichen oder seinen Wasserstand zu regulieren, sind seit mehr als zweitausend Jahren in Gebrauch.

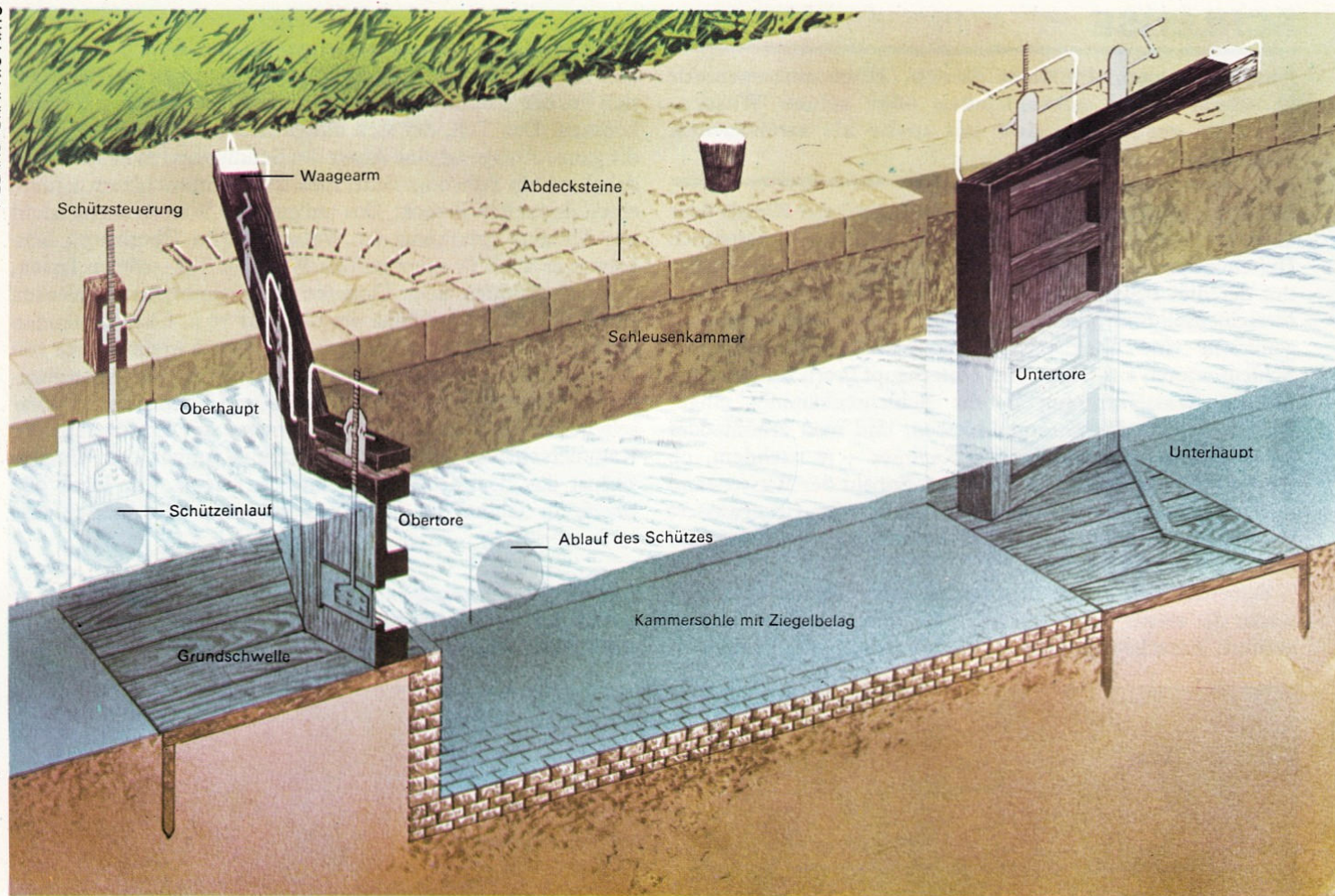
Ein Schiff muß beim Befahren eines Flusses oder Kanals oder auch bei der Einfahrt in eine Hafenschleuse gelegentlich Höhenunterschiede überwinden. Die einfachste Einrichtung, mit der dies bewirkt werden kann, ist die sogenannte Kammerschleuse. Eine moderne Schleuse dieser Art ist im allgemeinen eine oben offene Kammer mit wasserdichten Schleusentoren am Ober- und Unterhaupt (vorn und hinten). Ist das Wasserfahrzeug in die Schleusenkammer eingefahren, werden die Tore geschlossen, und man erhöht oder senkt den Wasserstand in der Kammer — je nachdem, ob das Schiff zu Berg oder zu Tal fährt. Sobald der Wasserstand in der Schleusenkammer dem des Ober- oder Unterwassers entspricht, wird das betreffende Schleusentor geöffnet, und das Schiff kann ausfahren.

Schleusen gibt es seit mindestens 2 000 Jahren. Allerdings waren die ersten Schleusen nicht als Kammerschleusen ausgeführt. Entscheidend für die Schiffbarkeit von Flüssen ist

ihre Wassertiefe. Um sie zu steigern, wurden oft Dämme errichtet. An ihnen gab es Stellen, die sich öffnen ließen, so daß Schiffe bei der Bergfahrt hindurchgezogen werden oder sich bei der Talfahrt von der Strömung hindurchtragen lassen konnten. Der Teil, der sich öffnen ließ, heißt Sperrschleuse, die ganze Anlage ist eine Abart des Schiffszugs; es handelt sich dabei um ein Führungswehr. Eine solche Stauschleuse erfüllte einen doppelten Zweck: Das aufgestaute Wasser sorgte nicht nur für eine Erhöhung der Wassertiefe im Oberhaupt, man konnte es auch in einer großen Woge zu Tal strömen lassen, um den Schiffen über Untiefen hinwegzuhelfen. Schleusen dieser Art gab es in China um das Jahr 70 n. Chr. Sie fanden größere Verbreitung, als man sie später auch in die Wehre von Wassermühlen einbaute. Hierdurch wurden die Meinungsverschiedenheiten zwischen Müllern und Schiffsführern zwar seltener — beseitigt waren sie aber erst mit Einführung der Kammerschleuse, deren geschlossene Kammer den Wasserverlust aus dem Oberhaupt stark verringert. Im Jahre 984 wurde in China die erste uns bekannte Kammerschleuse

Unten: Schleusenanlage am Panamakanal. Die Kammern können Schiffe bis zu 305 m Länge und 34 m Breite aufnehmen. Die Schleusen des Kanals arbeiten mit Stemmtonen.





gebaut. Sie wurde dadurch bedient, daß man im Oberhaupt und Unterhaupt Schleusentore hob und senkte, ähnlich dem Fallbeil einer Guillotine. Die erste nachweisbare Kammer-schleuse Europas wurde im Jahre 1253 von Wilhelm von Holland bei Spardam, Holland, gebaut; sie hatte ebenfalls solche Senktore.

Die meisten modernen Schleusen sind mit Toren eines Typs ausgestattet, den Leonardo da Vinci (1452 bis 1519) zu Beginn des 16. Jahrhunderts erfand und der eine deutliche Verbesserung darstellt. Diese Tore drehen sich wie Türen auf Angeln. An beiden Enden der Schleuse sind je zwei solcher Tore angebracht, die sich im geschlossenen Zustand in V-Form gegen das Oberwasser 'stemmen'; man nennt sie daher auch Stemmtore.

Ein Vorteil der Stemmtore liegt darin, daß sie keiner besonderen Abdichtungsmaßnahmen bedürfen, denn die Spitze des V weist gegen die Wasserströmung. Der Druck, der die Tore gegeneinanderpreßt, ist besonders groß, wenn zwischen der Vorder- und der Rückseite des Tores eine Höhendifferenz im Wasserstand gegeben ist.

Früher baute man Schleusen oft vollständig aus Holz, doch wurden später steinerne oder gemauerte Schleusenammern die Regel. Die Tore waren gewöhnlich aus Holz und hielten etwa 50 Jahre. Zum Füllen und Leeren der Schleuse enthielten die Schleusentore handbediente Schütze. Später merkte man, daß ein gleichmäßiger Ab- und Zufluß des Wassers zu erzielen war, wenn man die Schütze an parallel zur Schleuse geführte Torumläufe legte.

Zur Überwindung großer Höhenunterschiede legt man Schleusen unmittelbar hintereinander an, so daß die Obertore der einen Schleuse jeweils zugleich die Untertore der anderen sind und umgekehrt. Eine solche Anlage wird als Schleusentreppe bezeichnet. Von ihnen gibt es eine große Anzahl, angefangen bei Schleusentreppen mit lediglich zwei 'Stufen'

Oben: Schnitt durch eine Kanalschleuse. Zum Füllen der Kammer werden die Schütze am Obertor geöffnet und die am Untertor geschlossen. Das Oberwasser kann in die Schleuse einströmen. Ist die Kammer gefüllt, werden die Obertore geöffnet. Ein Schiff kann einfahren. Die Obertore und Schütze werden geschlossen, die Untertorschütze geöffnet und das Wasser strömt ins Unterhaupt. Nun können die Untertore geöffnet werden.

Rechts: Diese Schleusentreppe befindet sich am Rideau-Kanal nahe Ottawa, Kanada. Die Stemmtore werden nicht mit der Hand, sondern über Winden betätigt. Dennoch dauert es recht lange, bis ein Schiff die Treppe durchfahren hat.

Unten: Die meisten Schleusen an kleinen Kanälen müssen mit Muskelkraft bedient werden, wie hier in der Bretagne.

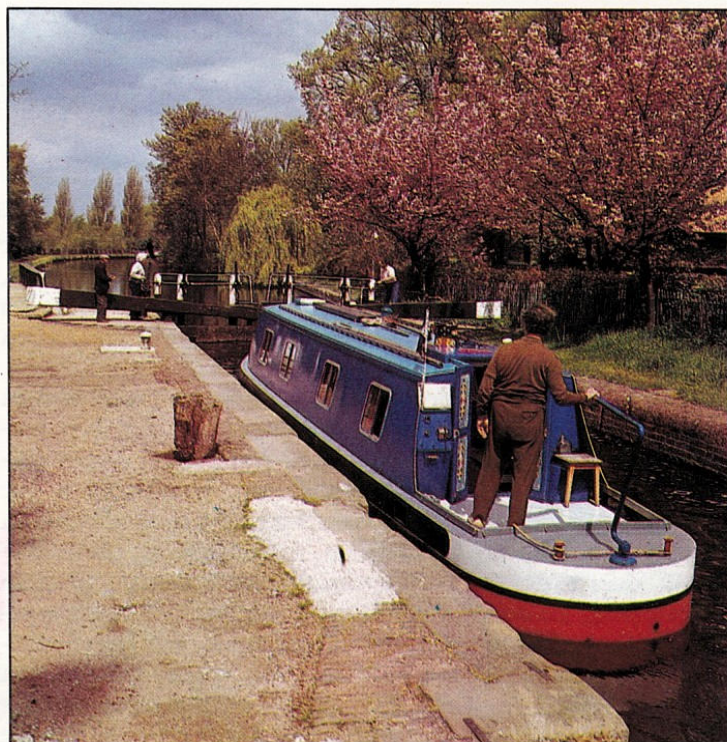


(drei Paar Schleusentore) bis zur gigantischen 'Neptunstreppe' am Kaledonischen Kanal zwischen der Ost- und der Westküste Nordschottlands. Sie besteht aus acht zusammenhängenden Schleusen mit neun Paar Schleusentoren.

Bauweise

Es ist unschwer zu erkennen, daß sich der moderne Schleusenbau im wesentlichen darauf beschränkt, althergebrachte Verfahren zu verfeinern. So nimmt man beispielsweise Beton für die Kammern und geschweißten Stahl für die Tore. Tore und Schütze werden hydraulisch oder elektrisch angetrieben. Da die Schleusen zur Aufnahme größerer Schiffe immer größer geworden sind, wurde bei Kanälen der Wasserverlust aus dem Oberhaupt zu einem Problem. Man kann ihn durch Hochpumpen von Wasser ausgleichen oder durch den Bau von Sparschleusen vermindern. Bei ihnen liegen neben der Schleusenkammer kleine Becken, die einen Teil des aus der Kammer laufenden Wassers auffangen. Mit ihm kann die Schleuse später wieder aufgefüllt werden. Hervorstechende Beispiele für Schleusen dieser Art finden sich am Rhein-Main-Donau-Großschiffahrtsweg, der nach seiner für die Mitte der 80er Jahre vorgesehenen Fertigstellung die deutschen Binnenwasserstraßen mit denen Südosteuropas verbinden soll. Hier kann mit Mehrfach-Sparbecken bis zu 60% des in der Schleusenkammer enthaltenen Wassers aufgefangen werden. Diese Schleusen sind jeweils 190 m lang, 12 m breit und haben eine Hubhöhe bis zu 25 m. Die Hubhöhen von Schleusen des 19. Jahrhunderts lagen selten über 9 m, während heute die größte Hubhöhe 42 m beträgt. Sie findet sich an einer Schleuse im Verlauf des Irtysch bei Ust-Kamenorgorski in der Sowjetunion, mit deren Hilfe Schiffe von 1 600 t den Staudamm eines Wasserkraftwerkes überwinden. Es dauert etwa eine halbe Stunde, bis sich die 100 m lange und 70 m breite Schleusenkammer leert oder füllt. Das Untertor erstreckt sich nicht über die gesamte Höhe, es wandert vertikal nach oben, um einen 'Tunnel' abzudichten, durch den zu Berg fahrende Schiffe in die Schleuse einfahren.

Auch am Panamakanal finden sich große Schleusen; dies ist vor allem deshalb bemerkenswert, weil dieser Kanal bereits im Jahre 1914 eröffnet wurde. Ihre Stemmtore sind bis zu



BR. WATERWAYS

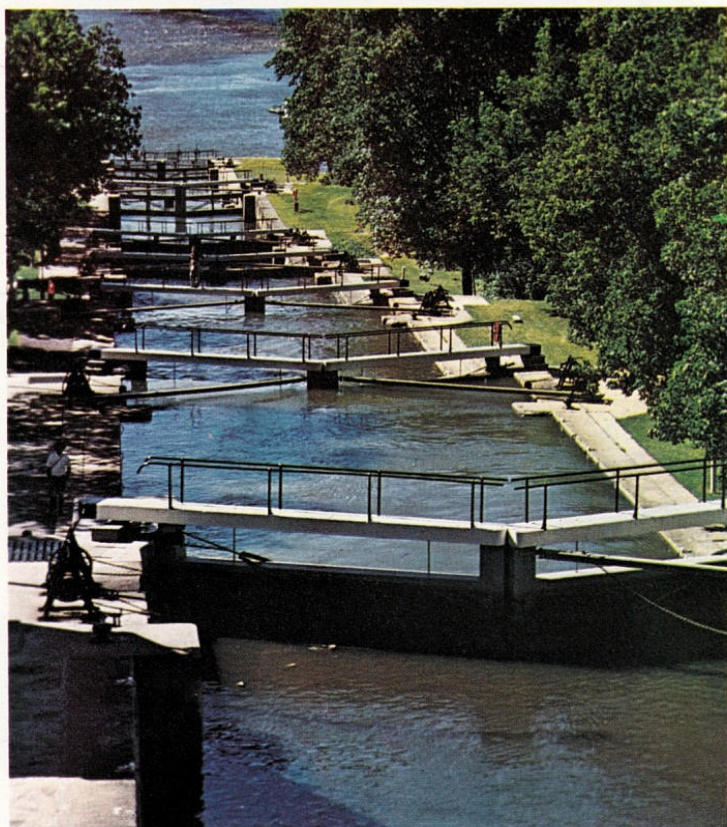
Oben: Eine Schleuse im britischen Kanalsystem, die ebenfalls mit einer Winde betrieben wird. Hier ein Ferienboot bei der Durchfahrt in Richtung Unterhaupt.

25 m hoch, die Kammern können Schiffe von 305 m Länge und 34 m Breite aufnehmen. Sie lassen sich innerhalb von lediglich acht Minuten füllen oder entleeren.

Hafenschleusen

Hafenschleusen sahen ursprünglich genauso aus wie Kanalschleusen des 18. Jahrhunderts: Die Kammer war aus Ziegeln oder anderem Mauerwerk gefertigt; die hölzernen Stemmtore wurden mit der Hand betätigt. Bei solchen Schleusen wird selten eine Hubhöhe von 6 m überschritten, doch bedingt der Tiefgang seegehender Schiffe eine große Tiefe der Schleusentore. Heute finden sich verschiedenartige Ausführungen von Schleusentoren: Häufig sind es Stemmtore, in vielen Fällen aber sind die Tore an ihrem unteren Ende angelenkt (Klapptore), werden auf Schienen zur Seite verschoben (Schiebetore) oder in Form von Schwimmtoren eingeschwommen (Schleusenponton). In allen Fällen handelt es sich um verschweißte, stählerne Hohlkörper, die mit Dauerballast aus Beton gefüllt sind. Ist darüber hinaus Betriebsballast erforderlich, kann zum Senken des Tores in die verbleibenden Hohlräume Wasser gepumpt oder zum Steigen Wasser aus ihnen herausgepumpt werden.

Wenn auch immer häufiger Tiefwasser-Ladeterminale, die auch noch den größten Schiffen Zugang gewähren, an die Stelle geschlossener Hafendocks treten, gibt es noch immer eine Anzahl großer Hafenschleusen. Geschlossene Hafendocks sind bei einem Tidenhub unter 4 m nicht erforderlich. Aus diesem Grunde haben viele Seehäfen keine Hafenschleusen. Typische Beispiele für Schleusenhäfen sind Bremerhaven (Länge der Schleuse 372 m, Breite 45 m) und Antwerpen in Belgien (Länge 360 m, Breite ebenfalls 45 m). Der Zeitaufwand für die Betätigung solcher Schleusen hängt mehr davon ab, wie leicht oder schwer die großen Schiffe zu manövrieren sind, als davon, wie schnell sich die Schleuse füllen läßt. Ist vom Oberwasser her eine geeignete natürliche Wasserzufuhr nicht möglich, muß zum Ausgleich der Schleusungs-, Sicker- und Verdunstungsverluste Wasser in das Hafenbecken zurückgepumpt werden.



ROBERT ESTALL

SCHLIERNVERFAHREN

Mit Hilfe des Schlierenverfahrens kann die Strömung oder Mischung durchsichtiger Flüssigkeiten oder Gase fotografiert werden.

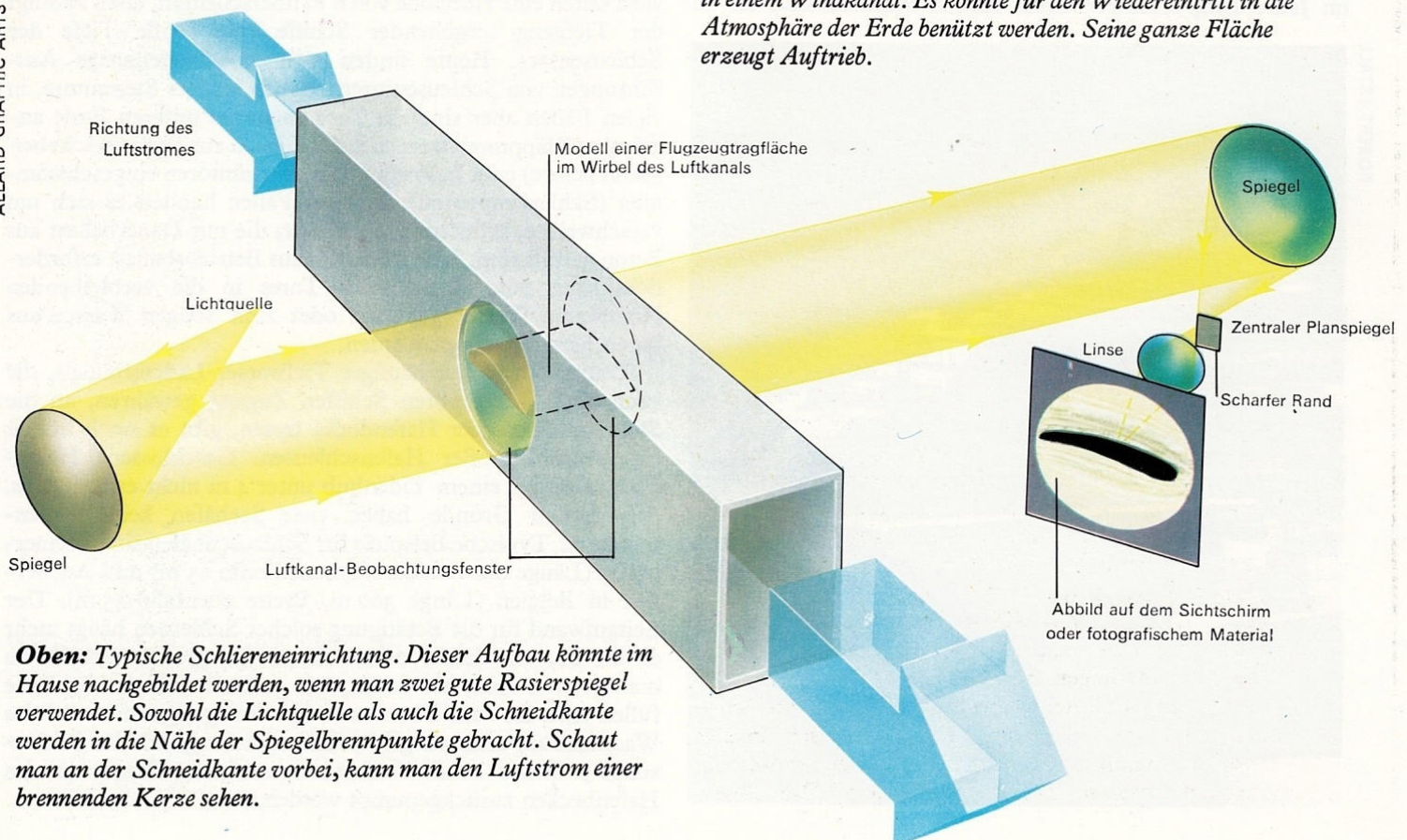
In Wissenschaft und Technik treten Probleme bei der Beobachtung von Substanzen auf, die farblos, durchsichtig oder nicht strahlend sind. Beispiele sind Konvektionsprobleme, Strömungsverhältnisse, z.B. bei einer Autokarosserie, das Mischen von Gasen oder Flüssigkeiten oder das Aufdecken von Undichtigkeiten in Fenstern.

Man kann diese Probleme dadurch lösen, daß man in dem mit Licht zu durchstrahlenden Medium Schichten von verschiedenem Brechungsindex erzeugt. Man kennt heute verschiedene Arten des Schlierenverfahrens. Ursprünglich war das Schlierenverfahren dazu bestimmt, Unregelmäßigkeiten in optischen Gläsern festzustellen. Angenommen, ein Lichtstrahl dringt durch ein durchsichtiges Material, in dem rechtwinklig zu dem Lichtstrahl ein Gefälle des Brechungsindex (man spricht auch vom Gradienten des Brechungsindex) auftritt, dann wird das Licht von seinem geradlinigen Weg abgelenkt. Die gleiche Erscheinung tritt auf, wenn sich der Brechungsindex in Längsrichtung ändert. Der Grund für die Brechung des Lichtes besteht darin, daß die Geschwindigkeit des Lichtes kleiner wird, je größer der Brechungsindex ist. Das Schlierenverfahren kann dazu benutzt werden, die Abweichungen des Lichtes festzustellen, wodurch die Gradienten des Brechungsindex beobachtet und erfaßt werden können. Die Anordnung der erforderlichen Apparatur hängt von der Natur und der Größe des zu beobachtenden Phänomens ab. Man muß sich das Experiment zweidimensional vorstellen bzw. so, daß sich die zu beobachtende Erscheinung zwischen zwei sich senkrecht zum Licht befindlichen Glasplatten befindet und daß die Bedingungen zwischen den Glasplatten während des ungestörten Durchganges des Lichtstrahles konstant sind. Eine ähnliche Erscheinung würde man auch in einem Windkanal, in dem die Strömungsverhältnisse eines Körpers bestimmt werden sollen, vorfinden. Für die optischen



Oben: Farbige Schlierenaufnahme eines flügellosen Flugzeuges in einem Windkanal. Es könnte für den Wiedereintritt in die Atmosphäre der Erde benützt werden. Seine ganze Fläche erzeugt Auftrieb.

ALLARD GRAPHIC ARTS



Oben: Typische Schliereneinrichtung. Dieser Aufbau könnte im Hause nachgebildet werden, wenn man zwei gute Rasierspiegel verwendet. Sowohl die Lichtquelle als auch die Schneidkante werden in die Nähe der Spiegelbrennpunkte gebracht. Schaut man an der Schneidkante vorbei, kann man den Luftstrom einer brennenden Kerze sehen.



PHOTRI

strahlen werden jedoch durch die Linse in der üblichen Weise abgebildet, da ihr Brennpunkt auf den Flügel und nicht auf den Lichtpunkt eingestellt ist.

Da das Licht verschoben wurde und die Verschiebung sich auf das Bild vor der Linse bezieht, ist es möglich, Aussagen über die Abweichungen zu machen. Eine scharfe Kante (auch Schneidkante) wird am Brennpunkt des zweiten Spiegels in der Weise angebracht, daß bei einer Ablenkung Null fast das ganze Licht auf den Bildschirm trifft. Wird das Licht hingegen abgelenkt, kann es von der Schneidkante vollkommen abgeblockt werden, oder aber es kann ungehindert an ihr vorbeigehen. Im ersten Falle wird die Bildhelligkeit auf dem Bildschirm reduziert; im zweiten Falle wird sie erhöht. Auf diese Weise werden die kleinsten Abweichungen an den Flügelabschnitten hellere oder dunklere Bereiche auf dem Bildschirm ergeben. Für diese Anordnung verwendet man eine kleine rechteckige Lichtquelle. Wird die Schneidkante durch ein optisches Filter mit Bändern verschiedener Farben ersetzt, wird das abgelenkte Licht verschiedene Bandbereiche des Filters treffen, wodurch sich die Farbe auf dem Bildschirm ändert.

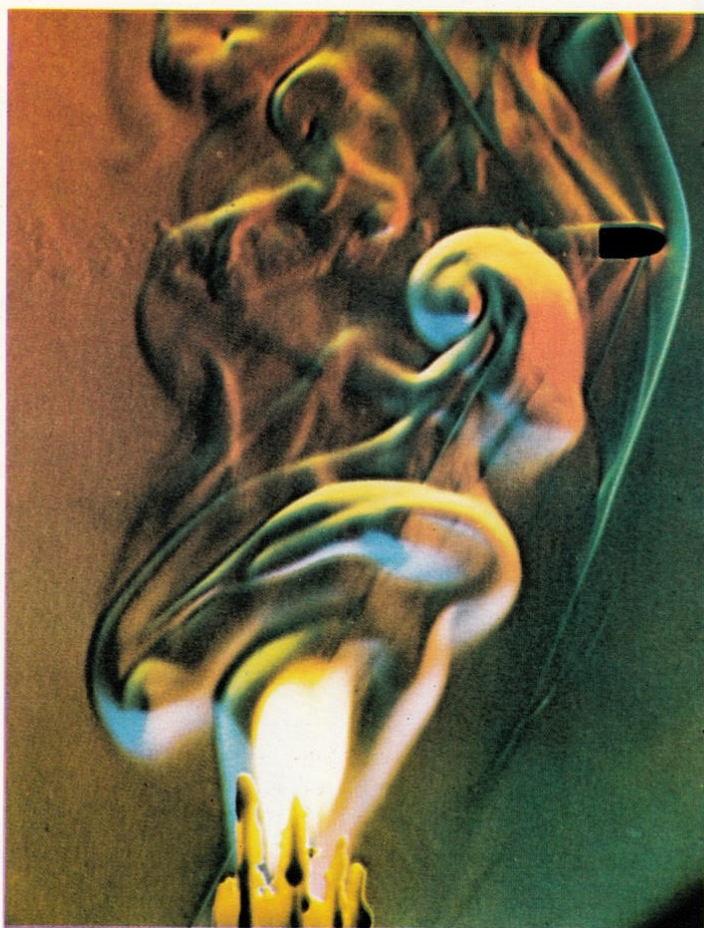
Praktische Anwendung

Bei Verwendung von Entladeröhren, Nulloden oder pulsierenden Lasern als Lichtquelle beträgt die Belichtungszeit bei der Schlierenfotografie nur eine Millionstelsekunde. Für die Aufnahme beweglicher Bilder kennt man verschiedene Verfahren. Durch diese Methode können schnell ablaufende Vorgänge wie Explosionswellen oder Schockwellen, die durch sich schnell bewegende Projektile entstehen, untersucht werden. Sie beeinflussen das Strömungsfeld nicht und sind nur durch die Größe der optischen Komponenten begrenzt. Ein typisches System hat einen Spiegeldurchmesser von 30 cm bis 1 m. Ein ähnliches System, der Foucaulttest bei der optischen Fertigung, testet nicht den Brechungsindex der Luft, sondern die Qualität eines einzelnen Spiegels. Spiegelfehler auf der Spiegeloberfläche werden sichtbar gemacht.

Rechts: Die meisten Schlierenaufnahmen sind schwarz/weiß. Farbige Aufnahmen können jedoch Zusatzinformationen vermitteln. Diese Aufnahme zeigt ein Geschloß, das über eine Kerze fliegt. Die Schockwellen des Projektils sind erkennbar.

Bauteile können Linsen oder Spiegel verwendet werden. In der Regel setzt man bevorzugt Spiegel ein, da sich große Systeme mit Spiegeln leichter realisieren lassen.

Ein konkaver Spiegel hat einen Brennpunkt, in dem sich die parallel einfallenden Lichtstrahlen bei der Reflexion vereinigen. Wird umgekehrt in den Brennpunkt eine Lichtquelle gesetzt, werden parallele Lichtstrahlen erzeugt. In der Praxis wird der Spiegel leicht geneigt, wodurch die Lichtquelle außerhalb der reflektierten Lichtstrahlen liegt. Wird nun ein zweiter, konkaver Spiegel für das Einfangen der parallelen Lichtstrahlen verwendet, wird ein Bild der ursprünglichen Lichtquelle im Brennpunkt des zweiten Spiegels erzeugt. Wird z.B. ein Flügel eines Flugzeuges zwischen die beiden Spiegel gebracht, kann durch eine Linse, die sich zwischen dem Empfangsspiegel und einem Bildschirm befindet, der Flügel abgebildet werden. Da das Licht zwischen den beiden Spiegeln parallel ist, bildet jeder Punkt des Flügels eine eigene Abbildung der Lichtquelle im Brennpunkt des zweiten Spiegels. Diese Bilder fallen im Brennpunkt zusammen. Treten jedoch Änderungen im Gradienten des Brechungsindex auf, die durch Änderungen der Luftdichte und im Druck hervorgerufen werden, werden die Lichtstrahlen verschieden stark gebrochen, so daß sich nicht mehr alle Lichtstrahlen im Brennpunkt des zweiten Spiegels vereinigen. Die Licht-



J. KIM VANDIVER

SCHLÜSSELSCHNEIDEMASCHINE

Schlüsselschneidemaschinen, die vom Prinzip her Kopierfräsen sind, bieten eine schnelle und preiswerte Möglichkeit, flache Schlüssel, wie sie für alle Arten von Zylinderschlössern erforderlich sind, nachzuarbeiten.

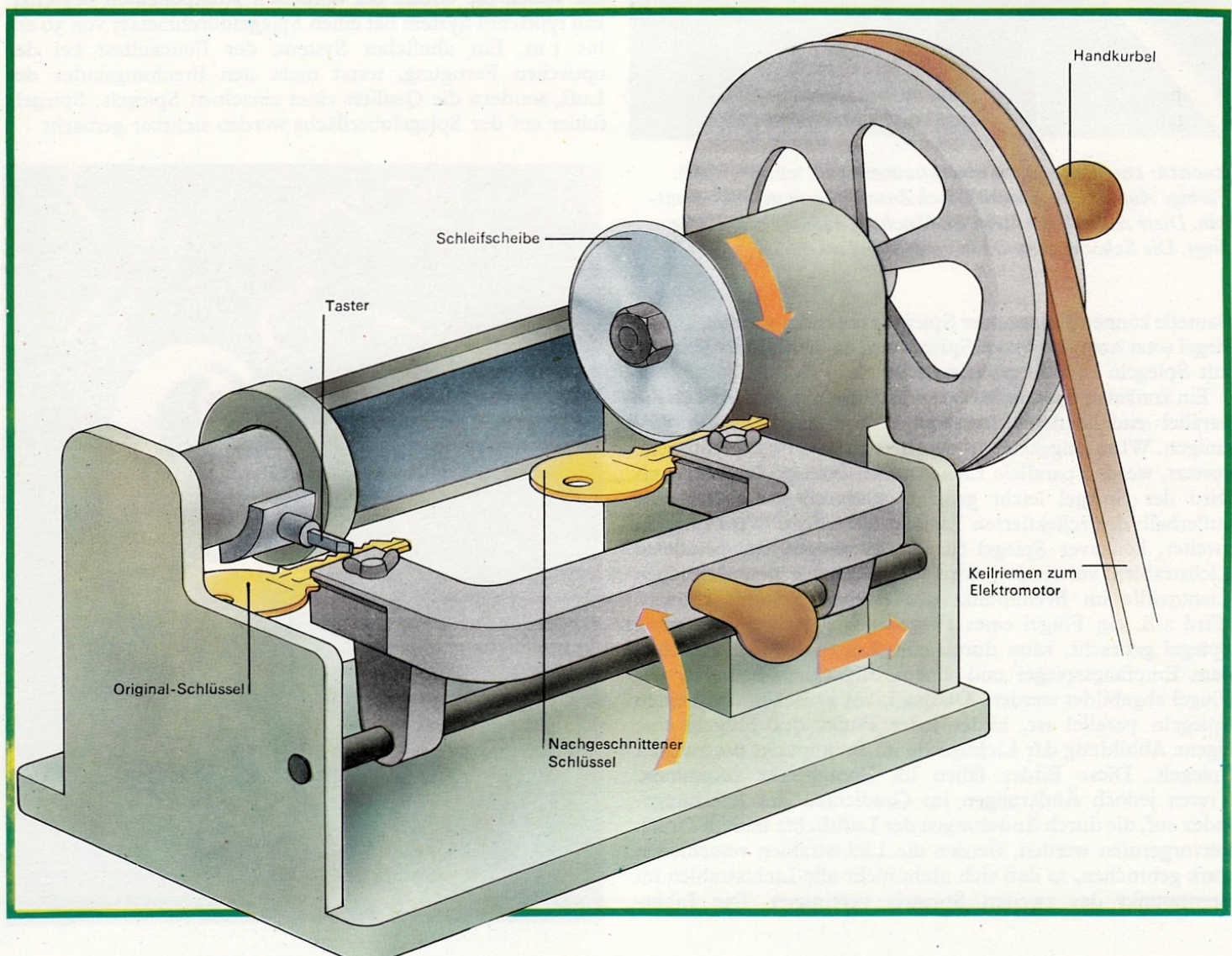
Eine Schlüsselschneidemaschine ist im Grunde eine sich drehende Feile (Schleifscheibe), die einer durch den zu kopierenden Schlüssel dargestellten Schablone folgt. Die Maschine ist mit einer doppelten Aufspannvorrichtung ausgerüstet: In die eine wird der zu kopierende Schlüssel und in die andere der Rohling eingespannt. Auf der den Originalschlüssel haltenden Seite trägt der bewegliche Teil der Maschine (Schlitten) einen Abtaststift (Taster), der den Konturen des Originals folgt, während auf der anderen Seite des Schlittens eine Schleifscheibe mit dünnem Rand so lange 'Fleisch' aus dem Rohling herausfeilt, bis sein Profil dem des zu kopierenden Originals entspricht. Die Maschine ist mit einer Einstellvorrichtung zum Heben oder Senken des Tasters ausgerüstet.

Es gibt elektrische und handbetriebene Maschinen. Die Backen der Aufspannvorrichtung greifen um den Schlüsselenschaft in die Längsnut auf der flachen Seite des Schlüssels ein, der bis zur Öse zwischen die Klemmbanken geschoben werden muß. Schlüssel mit doppelseitigem Bart werden nach Beendigung des Kopiervorgangs für die eine Seite entweder durch Ausspannen und erneutes Einspannen oder durch mechanisches bzw. automatisches Drehen der Aufspannvorrichtung um die eigene Achse weiterbearbeitet. Es muß

darauf geachtet werden, daß die Klemmbanken in der entsprechenden Längsnut des Schlüssels und des Rohlings eingreifen, da sonst die das Bartprofil bildenden Kerben entweder zu tief oder zu flach herausgefeilt werden.

Die neueste Ausführung von Schlüsselschneidemaschinen besitzt einen Metalldeckel, der den Arbeitsbereich vollständig abschließt. Derjenige, der die Maschine bedient, schiebt den Schlüssel und den Rohling in die entsprechenden Aufnahmeschlitze und betätigt einen Schalter. Die Maschine führt die erforderlichen Arbeitsbewegungen selbsttätig aus. Die Abdeckung verhindert, daß Metallspäne umhergewirbelt werden und Umstehenden in die Augen geraten können.

***Unten:** Diese Schlüsselschneidemaschine ist ungefähr 25 cm lang und wird an einer geeigneten Werkbankkante befestigt. Der auf der linken Seite befindliche Taster folgt den Konturen des zu kopierenden Schlüssels, der als Schablone benutzt wird, während die auf der rechten Seite angebrachte Schleifscheibe die Kopie des Schlüssels anfertigt. Die Maschine wird mit zwei Schleifscheiben, einer Fräzscheibe, Beilagscheiben, Probier-Rohlingen und Einstellwerkzeug geliefert. Nach Auswechseln der Schleifscheibe gegen die Fräzscheibe können Schlüssel sowohl für einfache Schlösser mit einer Zuhaltung als auch für Zylinderschlösser, bei denen Stahlstifte in den Zylinder hineinragen, geschnitten werden. Wird die Maschine nach Auflegen eines Keilriemens auf die Riemenscheibe durch einen Elektromotor betrieben, wird die hölzerne Handkurbel aus Sicherheitsgründen abgebaut. Im 2. Arbeitsgang werden Schlüssel mit doppelseitigem Bart weiterbearbeitet.*



SCHMIDT-TELESKOP

Schmidt-Teleskope sind sehr empfindliche optische Systeme. Sie werden insbesondere in der Astrofotografie eingesetzt.

Schmidt-Teleskope werden immer dann eingesetzt, wenn ein großes Bildfeld bei geringen Lichtstärken aufgenommen werden soll.

Von einem sphärischen Spiegel erhält man ein gutes Bild, wenn Lichtstrahlen in der Nähe der Hauptachse einfallen. Bei Lichtstrahlen, die vom Rande des Spiegels reflektiert werden, tritt ein Bildfehler auf, der als sogenannte sphärische Aberration bekannt ist. Hier liegt der Brennpunkt der Randstrahlen näher an dem sphärischen Spiegel als der Brennpunkt, der von achsnahen Lichtstrahlen stammt. Man hat also für jede Zone des Spiegels einen anderen Brennpunkt; man erhält keinen definierten Brennpunkt, sondern eine Brennfläche.

Die sphärische Aberration läßt sich vermeiden, indem man einen parabolischen Spiegel statt eines Kugelspiegels verwendet. Der Nachteil bei parabolischen Spiegeln liegt darin, daß das Bild eines stark seitwärts von der Achse liegenden Punktes nicht mehr ein Bildpunkt ist, sondern eine kometenschweifartige Figur. Man spricht bei diesem Fehler auch von 'Koma'. Durch Kombination eines sphärischen Spiegels mit einer Korrekturlinse — ein sogenanntes katadioptrisches System — läßt sich die Koma weitgehend vermeiden.

Bernhard Schmidt (1879 bis 1935) löste das Problem des Kommas und der sphärischen Aberration dadurch, daß er einen sehr großen, sphärischen Spiegel verwendete, der auch Strahlenbündel erfaßt, die stark gegen die optische Achse geneigt sind. Punkte seitlich der Achse werden unter den gleichen Bedingungen abgebildet wie ein achsennaher Punkt, indem man alle Bildpunkte auf eine sphärische Fläche im Abstand f (Brennpunkt des Spiegels) fallen läßt. Die Koma wird hierdurch vermieden. Die sphärische Aberration wird beseitigt, indem man eine Korrektionsplatte im Krümmungsmittelpunkt — es ist der Punkt mit der doppelten Brennweite — anbringt. Es handelt sich um eine dünne Glasplatte, die so geschliffen ist, daß die durch sie bewirkte Ablenkung der Lichtstrahlen die sphärische Aberration aufhebt. Bringt man an der sphärischen Fläche im Brennpunkt f eine gekrümmte fotografische Platte an, lassen sich fotografische Aufnahmen machen.

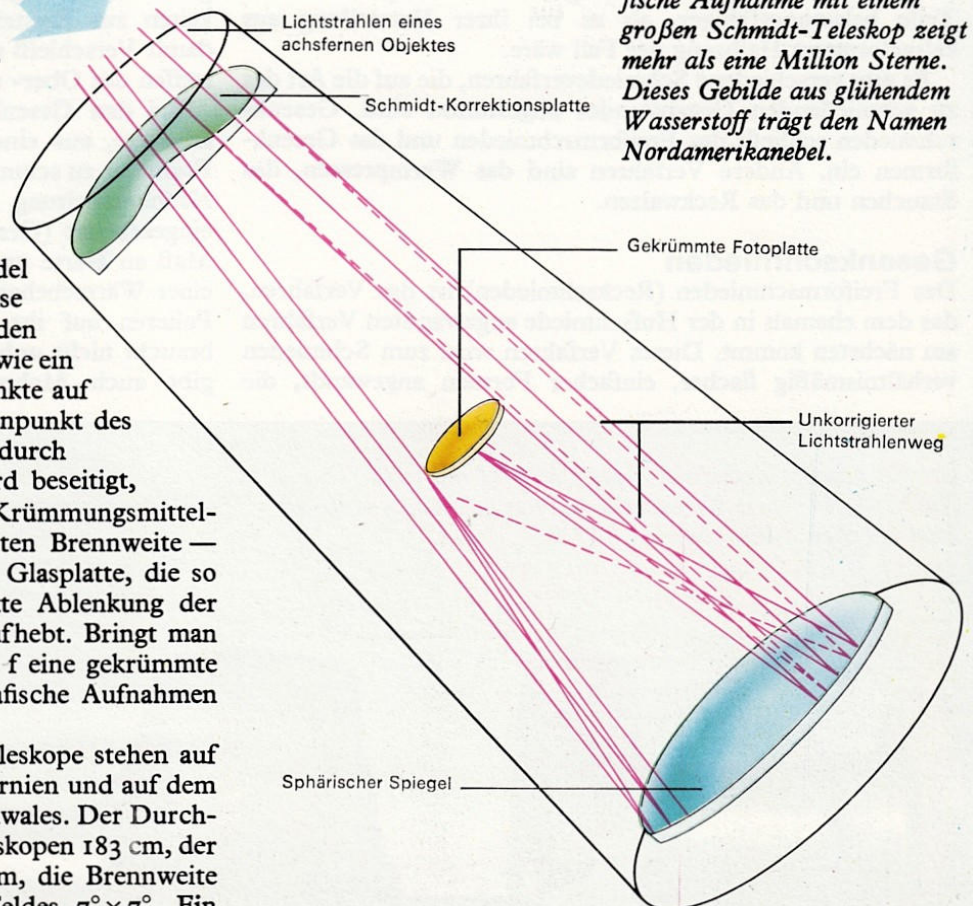
Die beiden derzeit größten Schmidt-Teleskope stehen auf dem Mt. Palomar-Observatorium in Kalifornien und auf dem 'Siding Spring'-Observatorium in Neu-Südwesten. Der Durchmesser des Spiegels beträgt bei beiden Teleskopen 183 cm, der Durchmesser der Korrektionsplatte 122 cm, die Brennweite 3 m und die Größe des brauchbaren Feldes $7^\circ \times 7^\circ$. Ein kleineres Schmidt-Teleskop mit einer Korrektionsplatte von 100 cm befindet sich am 'European Southern'-Observatorium in Chile.

Die Schmidt-Teleskope werden zu detaillierten Himmelsaufnahmen herangezogen. Man kann hierdurch die relative Position von Himmelskörpern bestimmen. Ein Teleskop mit einer Apertur (Durchmesser der Korrektionsplatte) von 30 cm und einem brauchbaren Feld von 50° wurde von Baker entwickelt, um Meteorschwänze oder die Bahnen von Satelliten zu beobachten. Die Brennebene ist so stark gekrümmt, daß spezielle Aufnahme Filme gefertigt werden mußten.

Schmidt-Teleskope können aus einem Stück Glas hergestellt werden, wobei sich die Korrektionsplatte auf einer Seite und der sphärische, mit Aluminium überzogene Spiegel auf der anderen Seite befindet. Zum Einschieben des Filmes wird in die Mitte des Teleskopes ein Schlitz geschnitten. Das Öffnungsverhältnis ist ganz ausgezeichnet; es beträgt 1:0,5. Die Bildqualität wird hierbei kaum gemindert. Die Größe dieser Schmidt-Teleskope ist verständlicherweise gering, da aus einem Glasstück keine beliebig großen Scheiben herausgeschnitten werden können. Sie weisen auch eine chromatische Aberration (Farbbildfehler) auf. Man verwendet sie hauptsächlich in Spektrographen (siehe SPEKTROMETER).



Oben: Eine einzige fotografische Aufnahme mit einem großen Schmidt-Teleskop zeigt mehr als eine Million Sterne. Dieses Gebilde aus glühendem Wasserstoff trägt den Namen Nordamerikanebel.



Oben: Lichtweg eines Schmidt-Teleskops. Wäre die Korrektionsplatte nicht vorhanden, würde das Licht gemäß der gestrichelten Linie verlaufen; es könnte also wegen der sphärischen Aberration nicht scharf auf die Fotoplate eingestellt werden. Bei gekrümmter Fotoplate können achsnahe und achsferne Lichtstrahlen durch speziellen Entwurf der Korrektionsplatte gebündelt werden. Große Schmidt-Teleskope sind zur Beobachtung großer Himmelsbereiche von Bedeutung. Große Teleskope studieren dann die Einzelheiten.

SCHMIEDEN VON METALL

Das Schmieden (Warmumformung) ist eines der wichtigsten Verfahren zur Formung von Metallen und wird in der modernen Industrie häufig angewendet.

Schmieden bedeutet das Formen metallener Gegenstände mit Hämmern oder Pressen. Das zu schmiedende Metall wird in der Regel auf eine Temperatur erwärmt, bei der es in den plastischen Zustand übergeht, d.h. in einen Zustand, in dem das Metall durch Hämmern geformt werden kann. Der Hufschmied, der einen Metallstab im Feuer erwärmt, gebogen und dann durch Schlagen mit dem Hammer auf dem Amboß in ein Hufeisen umgeformt hatte, nannte seinen Glühofen Esse und seine Werkstatt Schmiede. In modernen Industrieanlagen wurde die Esse des Hufschmieds durch leistungsfähigere Hochöfen und sein Hammer durch Maschinen ersetzt, die einen Druck von vielen Tonnen ausüben können.

Der Vorteil des Schmiedens über andere Arten der Metallumformung liegt darin, daß die Struktur und demzufolge auch die Stärke des Metalls in die Richtung 'umorientiert' wird, die den Belastungsrichtungen des Fertigproduktes besseren Widerstand entgegensetzen kann. Dementsprechend sind Zahnradrohlinge, Pleuelstangen und andere geschmiedete Teile belastungsfähiger, als es bei ihrer Herstellung aus kaltgeformtem Halbzeug der Fall wäre.

Es gibt verschiedene Schmiedeverfahren, die auf die Art des zu schmiedenden Gegenstandes abgestimmt sind. Gesenkschmieden schließt das Freiformschmieden und das Gesenkenformen ein. Andere Verfahren sind das Warmpressen, das Stauchen und das Reckwalzen.

Gesenkschmieden

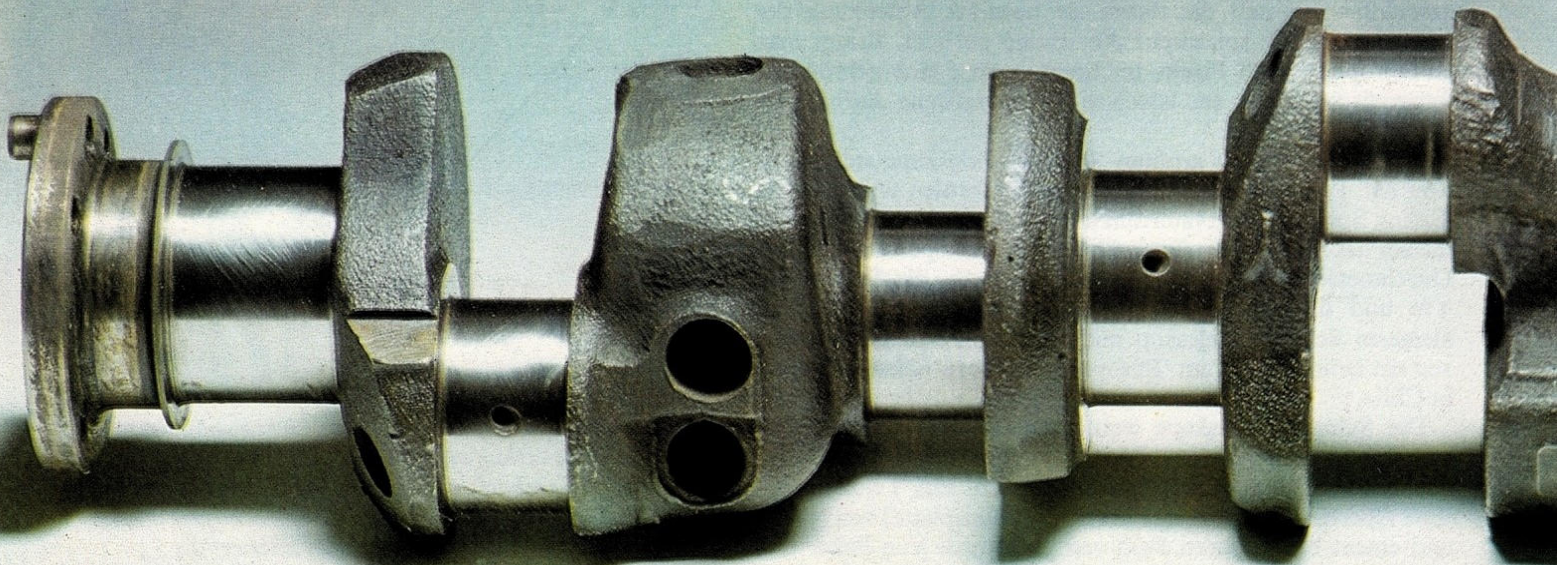
Das Freiformschmieden (Reckschmieden) ist das Verfahren, das dem ehemals in der Hufschmiede angewandten Verfahren am nächsten kommt. Dieses Verfahren wird zum Schmieden verhältnismäßig flacher, einfacher Formen angewandt, die

mitunter nach überlieferten Verfahrensweisen weiterbearbeitet werden müssen, um ihre endgültigen Abmessungen zu erhalten. Beim Freiformschmieden arbeiten immer ein oberes und ein unteres Werkzeug (Schmiedesattel) zusammen. Die Fläche, mit der der Schmiedesattel das Schmiedestück formt, wird Schmiedebahn (beim Hammer auch Hammerbahn) genannt. Die Form des Schmiedesattels richtet sich nach der Schmiedearbeit. Der Hammer oder Bär wird durch Dampfkraft, Preßluft oder auf mechanischem Wege zwischen senkrechten Führungen (Säulen) gehoben und heruntergelassen. Mit Dampf oder Druckluft betriebene Freiform-Schmiedepressen können so konstruiert werden, daß der Dampf bzw. die Druckluft umgeleitet und als Dämpfer zur Steuerung der Schlagkraft benutzt werden kann. Das Gesamtgewicht eines Bären kann von 90 kg bis zu 50 t reichen.

Die größten Säulenpressen müssen auf starke Fundamente gesetzt werden, die manchmal unter den Boden der Werkhalle und bis auf das gewachsene Gestein gehen. Andererseits können kleinere Schmiedepressen, die sogenannten Einständerpressen zur Erzielung eines 'elastischen' Hammerschlages mit einer Federaufhängung ausgerüstet sein. Ähnlich wie das Freiformschmieden geht das Gesenkschmieden vor sich, mit der Ausnahme, daß der warme Barren (Knüppel) zwischen den zusammengepreßten Schmiedegesenken (Obergesenk und Untergesenk) ausgeformt wird. Aus diesem Grunde arbeitet die maschinelle Anlage notwendigerweise mit engeren Toleranzen. Es müssen z.B. Möglichkeiten zur Einstellung der Führungen vorgesehen werden, damit Verschleiß ausgeglichen und ein genaues Aufeinandertreffen des Ober- und Untergesenkes gewährleistet wird.

Bei den Gesenken handelt es sich um quadratisch bearbeitete, aus einer Stahllegierung hergestellte Blöcke. Die Form der zu schmiedenden Gegenstände ist unter sorgfältiger Nachbearbeitung in die Prägeseite (Matrize) der Gesenke eingearbeitet (Gravur). Damit die Gesenke ein bestimmtes Maß an Härte und Verschleißfestigkeit erhalten, werden sie einer Wärmebehandlung ausgesetzt und durch Schleifen und Polieren auf ihr endgültiges Maß gebracht. Ein Gesenk braucht nicht unbedingt nur aus einem Teil zu bestehen, es gibt auch Mehrstufen-Gesenke, Schmiedewerkzeuge, die

Die Kurbelwelle eines Ford Zephyr Mk III mit sechs Kurbelzapfen. Diese Kurbelwelle hat nur vier Lager statt der sonst üblichen sieben Lager.





Oben: Eine geschmiedete Kurbelwelle wird aus dem Gesenk genommen. Das Obergesenk ist leicht zu erkennen. Man kann jede Form gesenkschmieden, sofern sie sich aus dem Gesenk nehmen läßt.

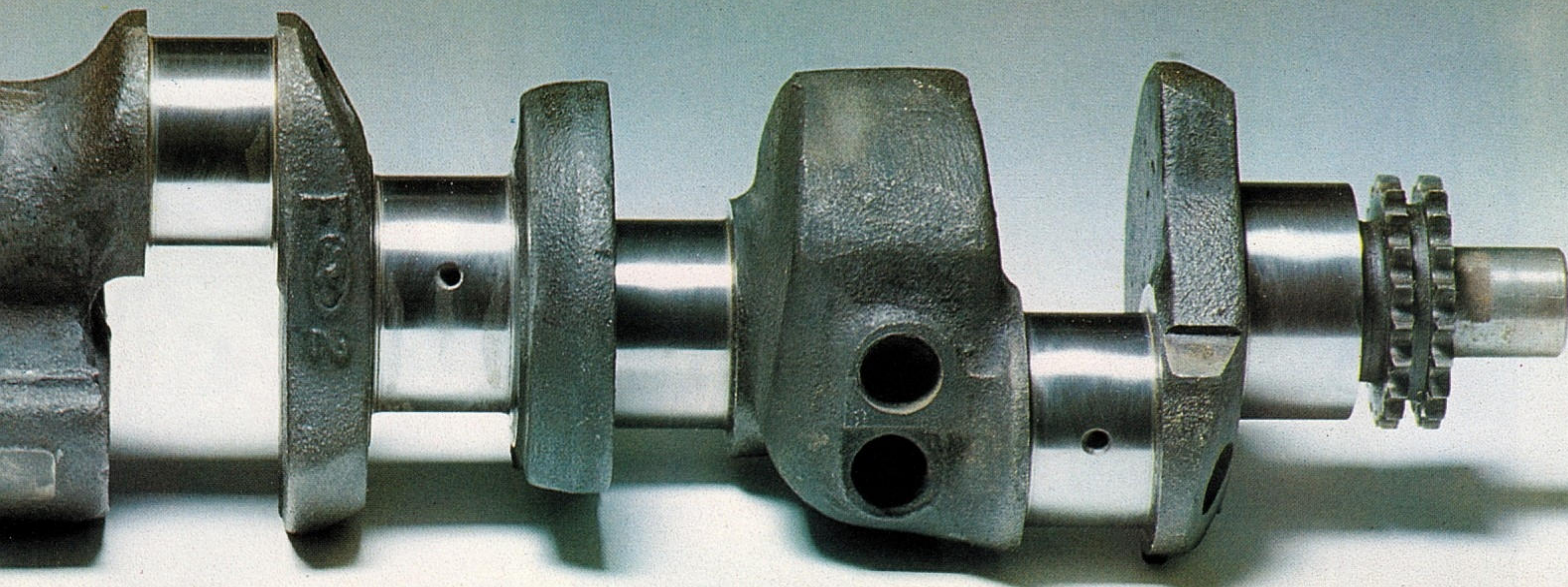


Oben: Walzschmieden, hier eine konische Form. Die Walzen (Rollen) sind wie Riemenscheiben geformt. Die eingearbeitete Nut dient zur Herstellung der gewünschten Form.

mehrere Gravuren für mehrere aufeinanderfolgende Zwischenformen enthalten, wie z.B. Biegegravur, Vorschmiedegravur, Reckgravur, Ausschlagfläche, Rollgravur usw., die zur Fertigung der verschiedenen Zwischenstufen von der Ausgangsform bis zum endgültigen Gesenkschmiedestück führen. Verbleibende Grate werden entweder unmittelbar vom warmen Werkstück oder nach seinem Erkalten durch Nacharbeiten von Hand entfernt.

Gesenkschmiedeverfahren lassen sich nach der Art der Handhabung in zwei Hauptgruppen unterteilen: Das Schmieden von der Stange, bei der der Schmied das kalte Ende der Stange halten kann und somit keine Zange benötigt, und das Schmieden vom Stück, wobei das Schmiedestück entweder frei im Gesenk liegt oder am Zangenende gehalten wird.

Im Gesenkschmiedeverfahren kann eine reichhaltige Palette



von Gegenständen, die von einigen Gramm bis zu mehreren Tonnen wiegen, hergestellt werden. Es läßt sich fast jeder Gegenstand im Gesenk schmieden, solange er aus dem Gesenk wieder herausgenommen werden kann. Zu den am häufigsten anzutreffenden, im Gesenkschmiedeverfahren hergestellten Teilen gehören die Pleuelstangen für Verbrennungsmotoren. Dieses Teil ist während des Motorbetriebs vielfältigen Belastungen ausgesetzt. Die Herstellung im warmen Gesenkschmiedeverfahren bedeutet, daß das Metall infolge seiner besonderen Umformung (entweder in Richtung der Walzfaser oder quer zur Walzfaser) die größtmögliche Widerstandskraft erhält, um diesen Belastungen standhalten zu können.

Eine Gesenkschmiedepresse wird durch Druckknopfschalter oder einen Fußauslöser in Betrieb gesetzt. Der Maschinenführer (oder Hammerführer) ist für die Überwachung der pro Arbeitsgang durchgeführten Hube und die aufgewendete Kraft verantwortlich, damit das Werkstück mit dem geringstmöglichen Verschleiß der Gesenke hergestellt werden kann. Zur produktiven Ausformung unter gleichzeitiger Vermeidung unnötiger Betriebsleistung der Schmiedepresse müssen die Rohlinge oder Knüppel genau die richtige Größe und Form aufweisen und bis zur richtigen Plastizität (über 920°C im Falle von Stahllegierungen) erwärmt werden. Schmiedepressen (Schmiedemaschinen) für kleinere Masenerzeugnisse können bis zu 300 Hube pro Minute ausführen, wobei der auf die Gesenke einwirkende Druck von $3,4 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ bis $3,4 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ reichen kann.

Beim Warmpressen handelt es sich um einen verhältnismäßig

langsamen, mit einer hydraulischen Presse durchgeführten Schmiedevorgang. Bei der hydraulischen Presse wird fast die gesamte ausgeübte Kraft durch den Arbeitsgang selbst verbraucht, anstatt teilweise von der Maschine oder ihrem Fundament verzehrt zu werden. Das Warmpreßverfahren unter Einsatz hydraulischer Pressen kommt für große Metallbarren in Betracht, die bis zu 250 t wiegen und für deren Bearbeitung Drücke bis zu $3,9 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ erforderlich sind. Beispiele für die Herstellung nach diesem Verfahren sind Kurbelwellen mit einem Gewicht von 50 t und 406-mm-Schiffsgeschütze.

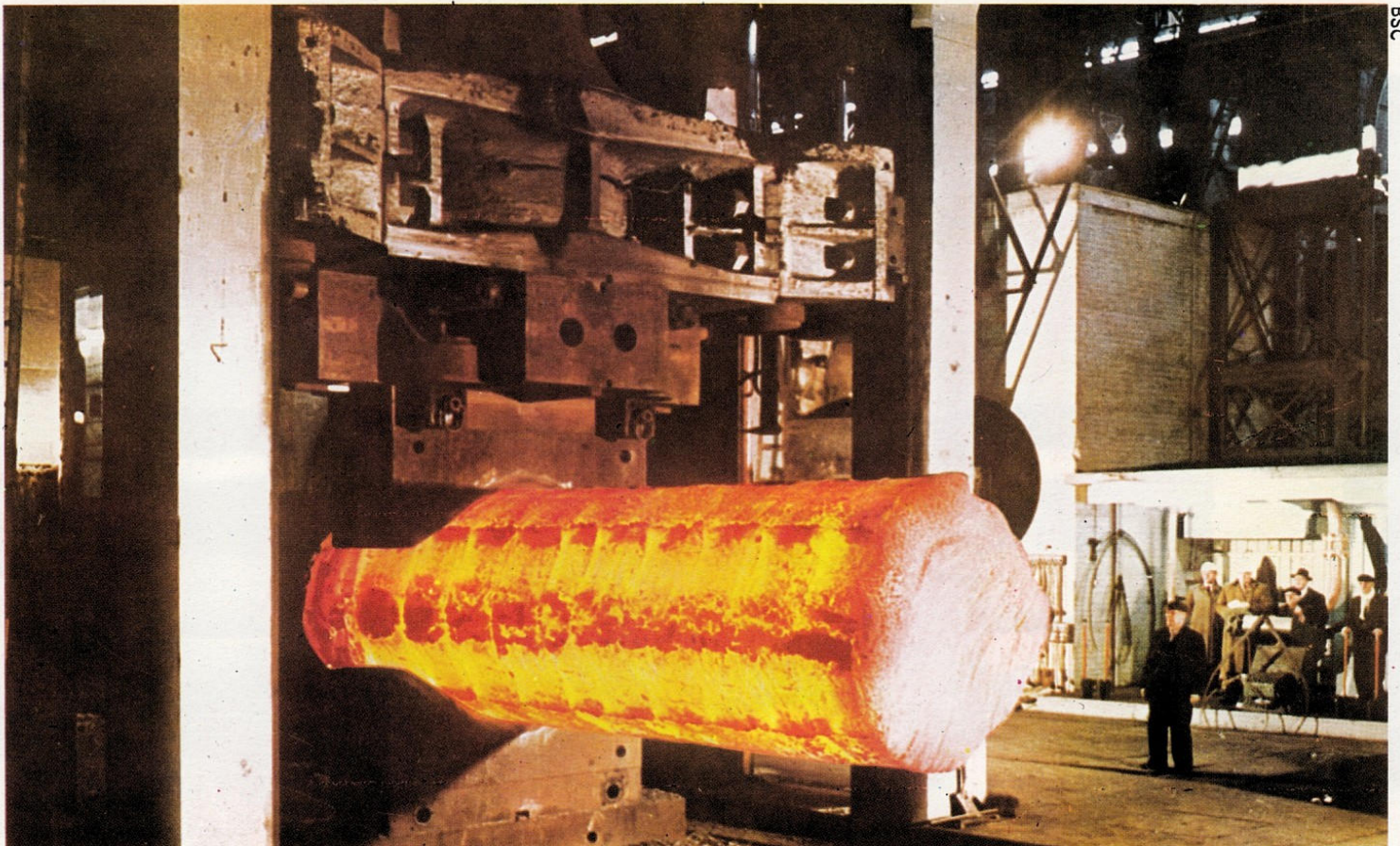
Stauschen

Schwere Maschinenschrauben oder -bolzen mit breitem Kopf gehören zu den durch Stauschen hergestellten Erzeugnissen. Der Kopf ist das gestauchte Teil. Zur Herstellung wird ein Metallstab oder Rohling zwischen zwei Klemmbacken mit halbkreisförmiger Werkstück-Aufnahme gespannt. Auf der Seite des zu stauchenden Endes ist eine Vertiefung mit dem Durchmesser des endgültigen Kopfteles eingearbeitet. Von der Seite oder von oben trifft nun das Anstauchgesenk, in diesem Falle der Kopfstempel, mehrere Male auf das Werkstück auf, bis es in seiner Länge reduziert wird und die Gesenkform ausfüllt. Dieses Verfahren ist besonders gut für automatische Arbeitsgänge geeignet: Die Maschine kann den Metallstab bis zu einem vorwählbaren Anschlag einführen, in der richtigen Länge abschneiden und die verschiedenen Stauchvorgänge selbsttätig ablaufen lassen.

Walzschmieden

Nach diesem Verfahren, das im Grunde eine Kombination aus Recken und Kneten ist, werden Werkstücke mit gleichbleibendem oder konischem Durchmesser hergestellt. Das warme Halbzeug wird zwischen Walzen, die entsprechend der beabsichtigten Formgebung bearbeitet wurden, gebracht. Nach diesem Verfahren lassen sich Kabelkeile und Zimmermannsmeißel herstellen.

Unten: Warmpressverfahren. Die hydraulische Presse übt einen Druck bis zu $3,9 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ aus. Nahezu der gesamte Druck wird vom Werkstück aufgenommen — im Gegensatz zum Freiformschmieden, wo die Maschine einen Teil der Schlagkraft auffangen muß.



Entwicklung

Obgleich fast nur Stahl geschmiedet wird, kann beinahe jedes Metall auf diese Weise geformt werden. Leichtmetalle der Neuzeit haben sich mit großem Erfolg schmieden lassen. Für bestimmte Anwendungsbereiche wird die Erforschung von Kaltformverfahren, d.h. Schmieden bei hohen Temperaturen, jedoch unter der Plastizitätstemperatur, weitergeführt, weil bei diesen Temperaturen eine bessere Maßhaltigkeit gewährleistet wird. (Nach diesem Verfahren werden schon seit Jahren Schrauben und Bolzen gefertigt).

Es wurden auch Maschinen mit beweglichem Ober- und

Untergesenk hergestellt, so daß nicht nur eine Schlagbewegung mit dem Bären auf das Untergesenk ausgeführt wird. Bei diesem 'Gegenschlagschmieden' läßt sich bei halber Schlaggeschwindigkeit fast der doppelte Druck erreichen, wodurch eine größere Präzision des fertigen Werkstückes bei einer geringeren Leistungsverzehrung durch das Fundament der Maschine erzielt wird. Das Schmieden wird eines der bedeutendsten Verfahren zur Formgebung bei Metallen bleiben, da durch dieses Verfahren nicht nur eine bedeutende Steigerung der Widerstandskraft des fertigen Werkstücks sondern auch eine bessere Formgebung möglich ist.



Ein großes zylindrisches Werkstück wird geschmiedet. Das Werkstück hat noch eine Temperatur von über 1000°C.

SCHNELLKUCHTOPF

Ein Schnellkochtopf spart Energie und reduziert die Kochzeit auf ein Viertel: Kartoffeln sind in nur fünf Minuten gar. Ein Eintopfgericht benötigt nicht mehr als eine Viertelstunde.

Ein Schnell- oder Dampfkochtopf ist ein Kochtopf, der sich mit einem Deckel luftdicht verschließen läßt, so daß der Dampf, der beim normalen Kochvorgang entweichen würde, im Topf eingeschlossen bleibt. Er wurde von dem französischen Physiker Denis Papin (1647 bis 1712) erfunden, der im Jahre 1681 den sogenannten 'Digestor' beschrieb. Heute ist der Digestor als 'Papinscher Topf' bekannt. Papin demonstrierte seinerzeit vor Mitgliedern der Königlich-Britischen Akademie der Naturwissenschaften stolz die Fähigkeit seines Topfes, Knochen zu einer eßbaren, gallertartigen Masse zu zerkochen. Heute findet dieses System als Schnellkochtopf im Haushalt, als Digestor zur Aufbereitung der Holzmasse bei

der Papierherstellung, als Autoklav zum Sterilisieren medizinischer Geräte und auch in der Konservenindustrie Verwendung; das zugrundeliegende Prinzip ist stets das gleiche.

In großen Höhen ist ein Dampfkochtopf besonders nützlich, da dort aufgrund des niedrigeren Luftdrucks die Siedetemperatur von Flüssigkeiten niedriger und deshalb zur Beschleunigung des Kochvorganges eine höhere Temperatur erforderlich ist. Auf Meereshöhe ergibt ein Druck von etwas über 100 kN/m^2 eine Kochtemperatur von 121°C ; normalerweise dürfte die Temperatur nicht über der Siedetemperatur von Wasser auf Meereshöhe (100°C) liegen.

Höhere Kochtemperaturen bedeuten, daß der eigentliche Kochvorgang schneller und damit zeitsparend abläuft. Bei der Zelluloseherstellung lassen sich bei einem Druck im Digestor zwischen 517 kN/m^2 und 758 kN/m^2 die Holzspäne so weit zerkochen, bis die einzelnen Fasern zu Papier weiterverarbeitet werden können. Höhere Temperaturen im Autoklav bedeuten zuverlässigere Sterilisation. Die Vernichtung von Bakterien ist auch bei der Konservierung von Lebensmitteln von außerordentlicher Bedeutung; hier empfiehlt sich das Kochen im Dampftopf zur Vermeidung von Wurst- und Fleischvergiftungen.

Schnell- bzw. Dampfkochtöpfe jeder Art müssen zum Schutz gegen Explodieren mit Sicherheitsventilen ausgerüstet sein.

Unten: Schnellkochtöpfe haben verschiedene Einsätze, die je nach Verwendungszweck des Kochtopfes benutzt werden können. Alle Schnellkochtöpfe müssen ein Sicherheitsventil besitzen, damit sie nicht explodieren können.



SCHOKOLADE UND KAKAO

Von allen Süßigkeiten ist Schokolade allgemein am beliebtesten. Als heißes Getränk wird Kakao bezüglich seiner Beliebtheit nur von Kaffee und Tee übertroffen.

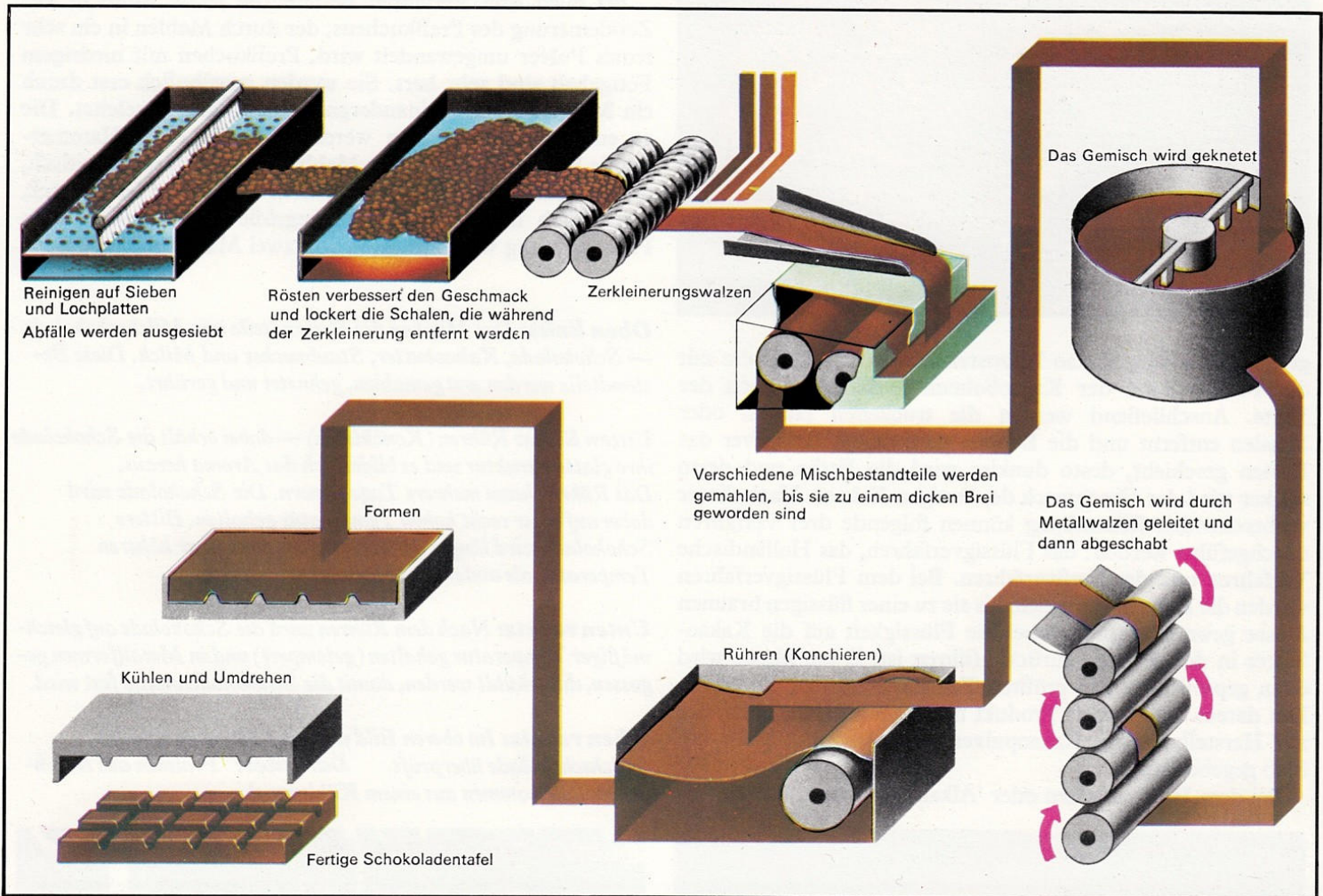
Sowohl Schokolade als auch Kakao werden aus Kakaobohnen gewonnen. Während bei der Herstellung von Kakaopulver ein Teil des Fettes (Kakaobutter) aus den Bohnen entfernt wird, wird bei der Herstellung von Schokolade zusätzliche Kakaobutter hinzugegeben.

Es ist bekannt, daß die aztekischen Indianer in Mexiko ein Getränk aus Kakaobohnen, Maiskörnern, Honig, Vanille und Gewürzen hergestellt haben, das sie 'Chocolatl' nannten. Kolumbus (1451 bis 1506) hat von seiner vierten Reise im

butter, Zucker und, im Falle von Milkschokolade, Milch oder Trockenmilch beigemischt wird.

Kakaobohnen

Die Kakaobohne stellt das grundlegende Rohmaterial dar, das wie keine andere Zutat die Qualität und den Geschmack der Schokolade bestimmt. Es ist außerordentlich wichtig, daß die Bohnen zur richtigen Zeit, also weder unreif noch überreif, geerntet werden. Sie werden ihrer Frucht entnommen und zur Entwicklung des Geschmacks fermentiert. Auch die auf die Fermentation folgende Trocknung ist für die Qualität der Bohnen von Bedeutung. Danach können sie verarbeitet werden. Etwa 90% der Welternte stammt aus Westafrika und Brasilien. Diese Bohnen, die als Foraster oder Bohnen von Verbraucherqualität bekannt sind, sind im Geschmack



Jahre 1502 Kakaobohnen nach Spanien mitgebracht. Die Spanier verbesserten das Getränk durch Zusatz von Zucker. In der Gesellschaft Europas des 17. Jahrhunderts wurde Trinkschokolade ein modernes und teures Getränk. Im Vergleich mit dem Kakao, den man heute verwendet, war dieses Getränk ziemlich ungesund, da Kakaobohnen sehr viel Fett enthalten (alle Pflanzensamen enthalten Fette oder Öle, die, ebenso wie Stärke, als Nährstoffvorrat dienen). Die ursprüngliche Trinkschokolade bestand einfach aus gemahlener Kakaobohnen.

Im Jahre 1738 wurde die erste Schokoladenfabrik gebaut. Hundert Jahre später entdeckte Van Houten in Holland eine Methode zum Auspressen des überschüssigen Fettes aus den Kakaobohnen. Dies bahnte den Weg zur Herstellung von Kakao, wie wir ihn heute kennen, und ermöglichte die Herstellung der heutigen (dunkel-)braunen Schokolade, die grundsätzlich aus Schokoladenmasse (das zerkleinerte und gemahlene Innere einer Kakaobohne) besteht, der Kakao-

Oben: Schokoladenherstellung. Die Kakaobohnen werden gereinigt und geröstet. Bei der Grobzerkleinerung werden die Schalen abgetrennt. Der Kakao wird gemischt, gemahlen und gepreßt. Die nun zähflüssige Masse wird geknetet und durch Walzen geleitet und anschließend intensiv gerührt (konchiert). Die flüssige Schokolade wird in die gewünschte Form gegossen und wahlweise gefüllt.

weniger angenehm als die Criollo-Bohnen, die von erlesener Qualität sind und für Schokolade von Spitzenqualität verwendet werden. Die Bohnen von erlesener Qualität wachsen in Trinidad, Ecuador, Venezuela und Java.

Herstellung von Kakao

Kakao besteht im wesentlichen aus Kakaobohnen, aus denen das überschüssige Fett herausgepreßt wurde und die zu einem sehr feinen Pulver gemahlen wurden. Es gibt drei grundle-



gende Methoden, Kakao herzustellen. Sie beginnen alle mit der Fermentation der Kakaobohnen unmittelbar nach der Ernte. Anschließend werden die trockenen Hülsen oder Schalen entfernt und die Bohnen geröstet. Je intensiver das Rösten geschieht, desto dunkler wird die Farbe und desto stärker wird der Geschmack des fertigen Kakaos. Nach dieser vorbereitenden Behandlung können folgende drei Verfahren durchgeführt werden: das Flüssigverfahren, das Holländische Verfahren und das Preßverfahren. Bei dem Flüssigverfahren werden die Bohnen gemahlen, bis sie zu einer flüssigen braunen Masse geworden sind, wobei die Flüssigkeit auf die Kakaobutter in den Bohnen zurückzuführen ist. Diese Masse wird dann gepreßt, um den größten Teil des Fettes zu entfernen. Das daraus entstehende Produkt nennt man Preßkuchen, der zur Herstellung von Kakaopulver gemahlen und durch ein Sieb gegeben wird.

Bei dem Holländischen oder 'Alkali'-Verfahren werden die

Bohnen in Alkalilösungen eingeweicht, bis sie weich und naß sind. Anschließend werden sie getrocknet und wie im Flüssigverfahren behandelt. Abhängig von der Stärke der Alkalität können sowohl der Geschmack als auch die Farbe des Kakaos verändert werden; bei Bedarf kann eine viel dunklere Farbe erzielt werden.

Im Preßverfahren werden die gerösteten Bohnen mit Wasserdampf behandelt, d.h. sie werden erweicht aber nicht naß gemacht. Die aufgeweichten Bohnen sind leichter auszupressen, und es kann ein größerer Teil des Fettes aus ihnen herausgepreßt werden. Der so entstandene Preßkuchen hat daher im Vergleich zu den nach den beiden anderen Verfahren hergestellten Preßkuchen einen sehr niedrigen Fettgehalt. Außerdem ist die Teilchengröße des fertigen Kakaos anders.

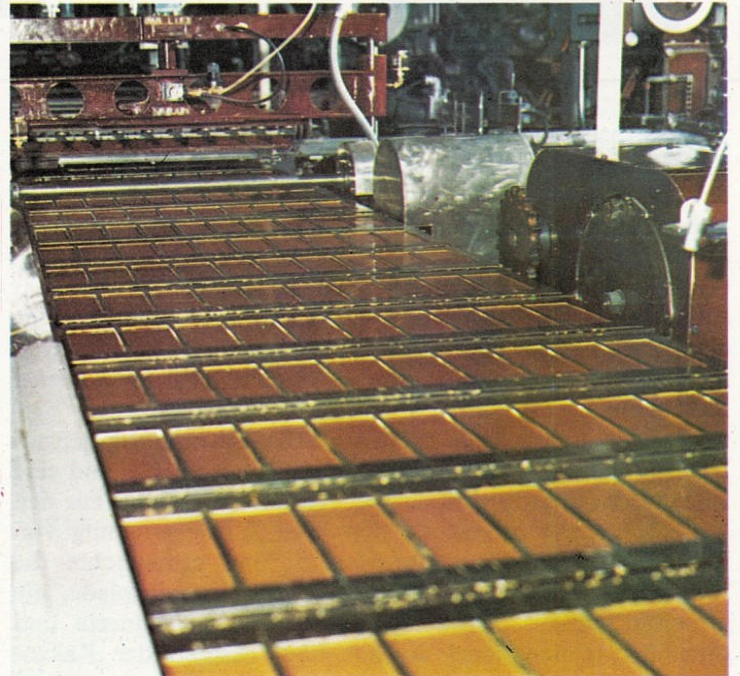
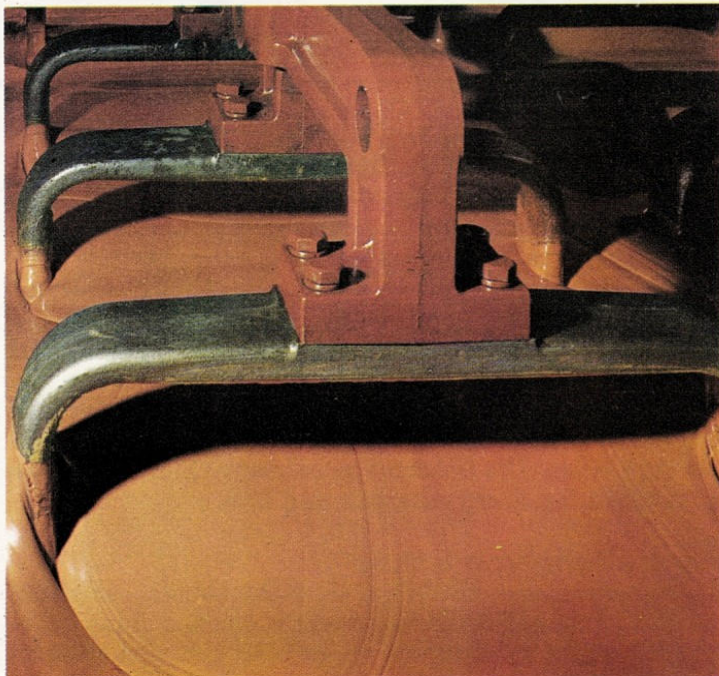
Bei allen drei Verfahren besteht die letzte Stufe in der Zerkleinerung des Preßkuchens, der durch Mahlen in ein sehr feines Pulver umgewandelt wird. Preßkuchen mit niedrigem Fettgehalt sind sehr hart. Sie werden gewöhnlich erst durch ein Mahlwerk mit ineinandergreifenden Zähnen geleitet. Die so entstehenden Brocken werden dann in einer Hammermühle behandelt. Der letzte Mahlvorgang ist äußerst kritisch, da die Qualität des Kakaos, abgesehen von seinem Geschmack, gewöhnlich nach seiner Teilchengröße beurteilt wird. Die Pulverisierung wird mit Hilfe von zwei Mahlscheiben durch-

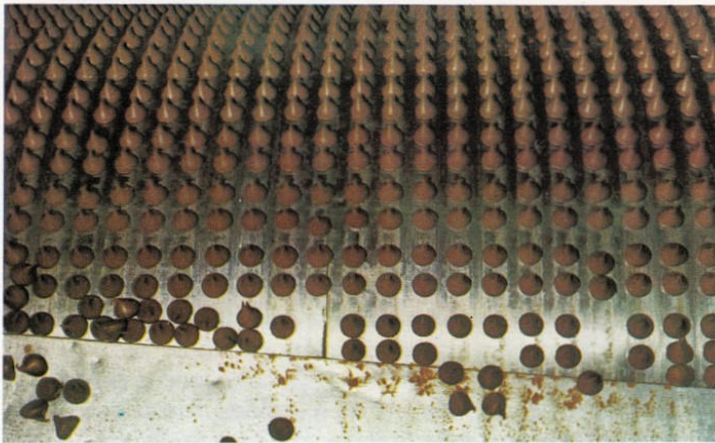
Oben links: Das Mischen der Bestandteile von Milkschokolade — Schokolade, Kakaobutter, Staubzucker und Milch. Diese Bestandteile werden erst gemahlen, geknetet und gerührt.

Unten links: Rühren (Konchieren) — dabei erhält die Schokolade ihre glatte Struktur und es bildet sich das Aroma heraus. Das Rühren kann mehrere Tage dauern. Die Schokolade wird dabei auf einer recht hohen Temperatur gehalten. Bittere Schokolade wird länger gerührt und zwar bei einer höheren Temperatur als andere Schokolade.

Unten rechts: Nach dem Rühren wird die Schokolade auf gleichmäßiger Temperatur gehalten (getempert) und in Metallformen gegossen, die gekühlt werden, damit die Schokoladenmasse fest wird.

Oben rechts: Im oberen Bild wird mit Mandeln gefüllte Milkschokolade überprüft. **Darunter:** Pralinen aus Milkschokolade kommen aus einem Kühltunnel.





geführt, wobei eine von beiden mit sehr hoher Geschwindigkeit rotiert. Wenn die Temperatur während der Pulverisierung höher als 34°C steigt, schmilzt die Kakaobutter, und die Kakaoteilchen verklumpen. Daher wird ein kühler Luftstrom kontinuierlich durch die Pulverisiermühle geleitet.

Kakaosorten

Wenn der Kakao zum Trinken verwendet werden soll, wird er im allgemeinen mit Vanillin, Zimt, Salz und manchmal mit anderen pulverisierten Gewürzen vermischt. Diese Zusätze werden so pulverisiert, daß ihre Teilchengröße gleich der des Kakaopulvers ist.

Bis nach dem Zweiten Weltkrieg war dies viele Jahre lang das beliebte und gängige Kakaogetränk. Es war ein billiges, nahrhaftes und schmackhaftes Getränk, selbst wenn man es nur mit Wasser und Zucker anrührte. Mit wachsendem Wohlstand entstand Bedarf nach praktischeren Nahrungsmitteln. Kakao verlor allmählich seine Beliebtheit, da seine Zubereitung zu umständlich war. Dies war darauf zurückzuführen, daß sich gewöhnliches Kakaopulver in heißer Milch schwer löste und nicht ohne weiteres dispergierte. Dies führte zur Entwicklung von speziell zum Trinken aufbereitetem Kakao, d.h. von 'instant' oder löslichem Kakao.

Um die Feinverteilung des Kakaopulvers in Milch zu verbessern, muß dem Kakaopulver ein eßbares Benetzungsmittel zugesetzt werden. Es war üblich, für diesen Zweck Sojalezithin zu verwenden, das dem Kakao leider einen etwas untypischen Geschmack verleiht. Mehrere Firmen haben versucht, diesen Makel zu beseitigen, und die britische Firma Cadbury hat ein geschmackloses Phospholipoid auf der Basis von Rapsöl entwickelt. Es werden verschiedene Methoden angewendet, um das Lezithin hinzuzugeben. Eine der am häufigsten angewendeten Methoden besteht darin, es in flüssiger Form in einen großen Behälter zu sprühen, in dem das Kakaopulver in Luft suspendiert ist. Bei diesem Verfahren kommt jedes einzelne Kakaoteilchen mit dem Lezithin in Kontakt; eine maximale Oberflächenbedeckung der Teil-

chen ist gewährleistet. Alternativ kann ein Verfahren angewendet werden, bei dem das Kakaopulver mit Zucker gekocht wird und agglomeriert, wodurch ein Produkt entsteht, das sich in heißer Milch sofort löst.

Kakao wird nicht nur als Getränk verwendet, sondern auch als Geschmacksbestandteil für Mixgetränke, Eiscreme, Kuchen und Kekse und speziell für Zuckerglasuren und Backwarenüberzüge verkauft. Der für diese Zwecke verwendete Kakao ist als Industriekakao bekannt. Die strengen Vorschriften bezüglich der Teilchengröße, der Keimzahlbestimmung usw. sind von Land zu Land verschieden.

Der Verzehr von Kakao hat eine milde, stimulierende Wirkung, da er die Alkaloide Theobromin (2,2%) und Koffein (0,1%) enthält. Konzentrierter Kakao hat etwa folgende Zusammensetzung: 40,3% Kohlehydrat, 22,0% Fette, 18,1% Proteine, 6,3% anorganische Asche und geringe Mengen Wasser und Fasern. Ein Kilogramm enthält etwa 20 kJ (4 870 kcal).

Herstellung von Schokolade

Die Bohnen werden zuerst gereinigt und gemischt (Schokolade wird normalerweise aus einer sorgfältig gemischten Auswahl von Bohnen hergestellt). Nach dem Reinigen werden die Kakaobohnen geröstet, damit sie ihr volles Aroma entfalten. Sowohl die Temperatur als auch die Zeitdauer des Röstvorganges können den Geschmack der fertigen Schokolade entscheidend beeinflussen.

In der nächsten Stufe des Verfahrens werden die Bohnen ausgestäubt, um das Kakaobohnenstückchen (das Innere der Bohne) von der Hülse oder Schale zu trennen. Für diesen Vorgang gibt es verschiedene Maschinen, die sich in dem Anteil der gewonnenen Kakaobohnenstückchen unterscheiden. Nachdem die Kakaobohnenstücke in kleine Teilchen

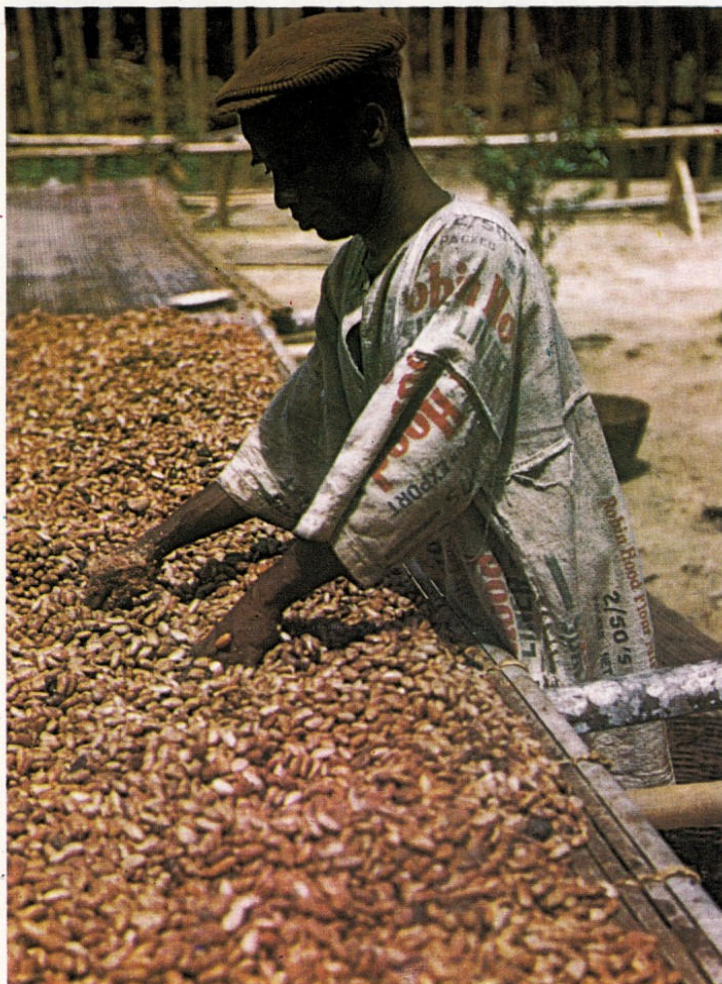


BARNABYS

Oben: Kakaofrüchte auf den westindischen Inseln. Die Bäume erreichen eine Höhe von 5–8 m.



Links: Kakaofrüchte, die etwa die Größe einer Warzenmelone oder einer großen Gurke haben. Sie wurden längs aufgeschnitten, so daß die im Fruchtfleisch eingebetteten Kakaobohnen zu sehen sind.



Links unten: Kakaobohnen, die nach dem Fermentieren auf Matten getrocknet werden. Das Trocknen dauert etwa eine Woche. Der größte Teil des Wassergehalts von 60% wird so entfernt, bevor die Bohnen in Säcke gefüllt und verladen werden.

geleitet, bis die richtige Teilchengröße erreicht ist. Diese bestimmt die Struktur der fertigen Schokolade.

Der nächste Schritt des Verfahrens, das Konchieren, ist eine Kunst, über die die Schokoladenhersteller schon seit der Erfindung der Schokolade verschiedener Meinung sind. Es besteht aus intensivem Kneten, einer Temperaturbehandlung und Belüftung. Dies ist der Zeitpunkt, wenn die Schokolade ihre Glätte, Cremigkeit und Reinheit erhält, und der Geschmack voll ausgebildet wird; man erhält ein völlig homogenes Erzeugnis. Das Wort Konche kommt von dem lateinischen Wort für Muschelschale. Die ursprüngliche Konche bestand aus einem flachen Granitbett, auf dem schwere, an Stahlarmen befestigte Granitwalzen vorwärts und rückwärts rollten. Diese alte, längliche Konche sieht wie eine Muschelschale aus. Viele Schokoladenhersteller sind der Meinung, daß Schokolade von bester Qualität nur mit Hilfe einer solchen Konche hergestellt werden kann. Heute haben sich jedoch viele Hersteller auf eine aufrecht stehende Stahlkonche umgestellt. In Europa wird der größte Teil der Schokolade auf diese Weise hergestellt. Konchierdauer und Konchier Temperatur sind unterschiedlich und werden normalerweise geheimgehalten; bei Milkschokolade liegen diese Werte gewöhnlich bei 10 bis 24 Stunden und etwa 65°C, wobei eine Konchierzeit von 24 bis 96 Stunden und eine Konchier Temperatur bis zu 75°C der dunklen Schokolade einen leicht verbrannten oder starken Röstgeschmack verleihen.

Schokoladenarten

Entsprechend den Schokoladenarten wird die Schokolade je nach ihrer endgültigen Verwendung unterschiedlichen Behandlungen unterzogen, wobei es zwei grundlegende Arten gibt, und zwar die Schokoladenkuvertüre, d.h. Schokolade zum 'Einhüllen' oder Bedecken von Schokoladenerzeugnissen, Keksen und anderen Süßwaren, und die Formschokolade. Letztere wird in Formen gegossen und zum Festwerden stehengelassen; sie wird für einfache und gefüllte Tafeln, Ostereier und andere saisonabhängige Schokoladenartikel verwendet. In den USA wird gefüllte Schokolade normalerweise formgepreßt.

Andere Schokoladenarten sollten auch erwähnt werden, obwohl sie nicht überall als Schokolade eingestuft werden, da die Nahrungsmittel-Standardqualitäten in jedem Land verschieden sind. Eine dieser Arten ist die Backwarenglasur, die normalerweise als Grundfett gehärtetes Palmfett enthält, das die Kakaobutter ersetzt und den Schmelzpunkt erhöht. Es gibt auch Überzüge für Konditorwaren, die aus besonders behandelten Pflanzenfetten, die in vieler Hinsicht der Kakaobutter ähnlich sind, hergestellt werden. Fette, die einen niedrigeren Schmelzpunkt haben als Kakaobutter, werden in Schokoladenüberzügen für Eiscreme verwendet.

Diabetiker-Schokolade enthält Sorbit, das Volumen gibt und Süßkraft hat und somit die nicht erwünschten Bestandteile Zucker, Dextrose, Invertzucker und Stärkeverzuckerungsprodukte ersetzt. Sie kann auch Saccharin und einen Anteil Nüsse enthalten, was sich günstig auf den Preis auswirkt, da Sorbit um einiges teurer ist als Zucker.

zerbrochen wurden, werden sie (gewöhnlich in Walzenmühlen) zu einer weichen Masse gemahlen, aus der anschließend alle Arten von Schokoladenerzeugnissen hergestellt werden.

Die Schokoladenmasse wird sorgfältig mit sehr fein gemahlenem Zucker und zusätzlicher Kakaobutter gemischt. Die Kakaobutter wird hergestellt, indem ein Teil der Kakao-masse ausgepreßt wird. Als Rückstand bleibt der Kakao-preßkuchen, der zu Kakao-pulver verarbeitet wird. Bei der Herstellung von Milkschokolade wird in diesem Stadium auch Milch (oder Trockenmilch) hinzugegeben. Überschüssige Säuren und Feuchtigkeit werden extrahiert. Danach wird das Gemisch verfeinert, d.h. es wird durch feine Walzen



Oben: Aus dem Röstofen kommende Kakaobohnen. Das Rösten verstärkt das Aroma und verleiht den Bohnen eine dunkelbraune Farbe. Die Rösttemperatur der Bohnen liegt zwischen 135°C und 175°C.

Unten: Das Abfüllen von Kakaodosen auf einer Taktstraße. Die Dosen werden vom Band genommen und durch die Füllmaschine geführt, die sie füllt. Vibration bewirkt, daß sich in jeder Dose das leichte Kakapulver nach unten gleichmäßig verteilt.



Kalorienreduzierte Schokolade hat einen niedrigen Fettgehalt und enthält Substanzen, die Volumen verleihen, aber keinen Nährwert haben; ein typisches Beispiel ist Karboxymethylzellulose, CMC.

Schokoladenkuvertüren werden gewöhnlich von Spezialisten hergestellt. Man verkauft sie entweder in Form von Scheibchen und Tafeln oder in flüssiger Form direkt an den Hersteller von Schokoladenwaren, Keksen, Eiscremes und ähnlichen mit einem Schokoladenüberzug zu versehenen Artikeln. Bis zur Weiterverarbeitung muß die Kuvertüre bei einer bestimmten Temperatur gehalten werden, so daß sie, wenn sie schließlich fest wird, nicht ungleichmäßig aussieht, sondern glatt und glänzend ist. Die zu überziehenden Erzeugnisse werden durch eine Überzugsvorrichtung geleitet, die aus einem siebartigen Förderband besteht, das durch einen Schokoladensprühnebel läuft. In einem Kühltunnel wird die Schokolade dann schließlich fest.

Es ist wichtig, daß Formschokolade richtig getempert wird. In die moderne, kontinuierlich arbeitende Formanlage wird heute eine Reihe von vollautomatischen Temperiermaschinen eingebaut. Nach dem Tempern wird die flüssige Schokolade mit Hilfe einer Beschickungsvorrichtung in die Formen gefüllt. Während des Kühlvorganges wird die festgewordene Schokolade aus den Formen entnommen. Wenn gefüllte Schokoladentafeln hergestellt werden sollen, werden die Formen gefüllt und dann umgedreht, so daß die überschüssige Schokolade herausfließt. Die Formen werden dann wieder unter die Beschickungsvorrichtung geleitet, wo die Füllung hineingegeben wird. Dann wird noch einmal Schokolade zugeführt, die den unteren Teil des fertigen Erzeugnisses bildet.

Zur Herstellung von Ostereiern und anderen saisonabhängigen Schokoladenerzeugnissen wird die Schokolade in drehbare Formen gegossen, die dann rotieren, während die Schokolade fest wird. Eine neue Erfindung ist die Folienform, die anschließend gleich als Einwickelpapier verwendet werden kann.

SCHRAUBE

Die Herkunft der Schraube ist nicht genau bekannt, doch schraubenartige Vorrichtungen, wie z.B. der Schraubenbohrer und die Archimedische Schraube, wurden bereits vor dem 3. Jahrhundert v. Chr. in Griechenland und Ägypten verwendet.



Alte österreichische Schraubenpresse für Trauben.

Eine Schraube besteht aus einem zylindrischen Schaft mit eingeschnittenem spiralförmigem Gewinde. Schrauben lassen sich grob in zwei Kategorien unterteilen: Metallschrauben und Holzschrauben. Beide bestehen in der Regel aus Metall. Während Metallschrauben einen konstanten Durchmesser und eine dazu passende Schraubenmutter oder ein entsprechendes Gewindeloch aufweisen, haben Holzschrauben einen schwach konischen Schaft. Das Holz, in das sie eingeschraubt werden, bildet durch entsprechende Verformung das passende Gewinde. Bevor man sie einschrauben kann, muß gewöhnlich ein Loch vorgebohrt werden. Das Funktionsprinzip ist bei beiden Schraubentypen gleich: Wenn die Schraube gedreht wird, formt das spiralförmige Gewinde die Drehbewegung in eine Längsbewegung um. Diese Fähigkeit führt zu anderen, über die Verwendung als reines Befestigungsmittel hinaus-

gehenden, Einsatzgebieten für Schrauben. Die Leitspindel einer Drehbank oder auch das Schraubenmikrometer sind Beispiele für die Verwendung von Schrauben zur Kraftübertragung bzw. als Meßgeräte.

Es gibt viele Spielarten von Metallschrauben, die entweder als Kopfanziehschrauben oder als Durchsteckschrauben zur Verbindung von Maschinenteilen verwendet werden. Die Köpfe kleinerer Schrauben sind in der Regel mit einem Längsschlitz (Schlitzschrauben) oder mit einem Kreuzschlitz (Kreuzschlitzschrauben) oder auch mit einem Innensechskant zum Ansetzen eines Innensechskantschlüssels versehen. Die größeren Schraubentypen haben nahezu ausnahmslos Sechskantköpfe, die sich mit Gabel- oder Ringschlüsseln sehr fest anziehen lassen.

Schneidschrauben

Neben den oben angeführten Holz- und Metallschrauben gibt es eine dritte Art Befestigungsschrauben, die Schneidschrauben. Diese schneiden, wie der Name bereits sagt, ihr Muttergewinde in Metall, Kunststoff, Asbest, Hartholz und ähnliche Materialien selbst ein, wenn sie in ein vorgebohrtes Loch eingedreht werden, dessen Durchmesser geringer als der Gesamtdurchmesser der Schraube ist. Die dabei gebildeten Späne können in Längsrillen des Gewindebolzens ausweichen. Eine weitere Spielart dieses Schraubentyps sind die mit zusätzlichen Schneidkanten ausgerüsteten Gewinde-schneidschrauben.

Schraubenwinden

Schrauben, die Kraft und Bewegung umformen, heißen Bewegungsschrauben. Dazu zählen die Schraubenwinden, die die Umsetzung von Drehmomenten in Längskräfte ermöglichen. Bei einer möglichen Version wird die zum Heben einer Last erforderliche Längskraft durch Drehen der Schraube in einer feststehenden Mutter erzeugt. Verwendet man zum Drehen der Schraube eine lange Stange, so genügt eine am Stangenende angreifende geringe Kraft, um einen hohen mechanischen Wirkungsgrad der Schraubenwinde zu gewährleisten.

Erfindungen 44:WASSERKRAFT

Eine der herausragenden Entwicklungen in der Geschichte der Technik des Mittelalters war die Art und Weise, wie die Wasserkraft in großem Umfang für technische und andere Arbeiten nutzbar gemacht wurde. Um die Mitte des 11. Jahrhunderts war die Wassermühle, damals noch ausschließlich zum Kornmahlen verwendet, in Europa weit verbreitet. So geht z.B. aus dem englischen Reichsgrundbuch von 1086 hervor, daß die 3 000 im Gebiet südlich der Mündungen der Flüsse Severn und Trent liegenden Gemeinden über nicht weniger als 5 624 Wassermühlen verfügten. Noch bevor das Jahrhundert zu Ende ging, hatte man entdeckt, daß sich das Wasserrad auch für andere Arbeiten einsetzen ließ.

Stampfmaschinen und Schmiedehämmer

Der wohl wichtigste Schritt nach vorn war die Ausrüstung der Hauptwelle mit sogenannten Nocken. Ließ

man diese an senkrechten Fallbäumen einrasten, erhielt man Stampfmaschinen; in Verbindung mit den Wellen schwenkbar gelagerter Hämmer ergaben sich Schmiede- oder Aufwerfhämmer. Im 11. Jahrhundert wurden derartige Stampfmaschinen in Italien und Frankreich vorwiegend in Walkereien zum Verdichten und Verfilzen von Wollwaren eingesetzt. Etwa zur gleichen Zeit verwendete man in Frankreich ähnliche Vorrichtungen zum Trennen von Fasern und Stengeln bei der Hanfbearbeitung. In diesem Jahrhundert kamen in den Schmieden in Deutsch-

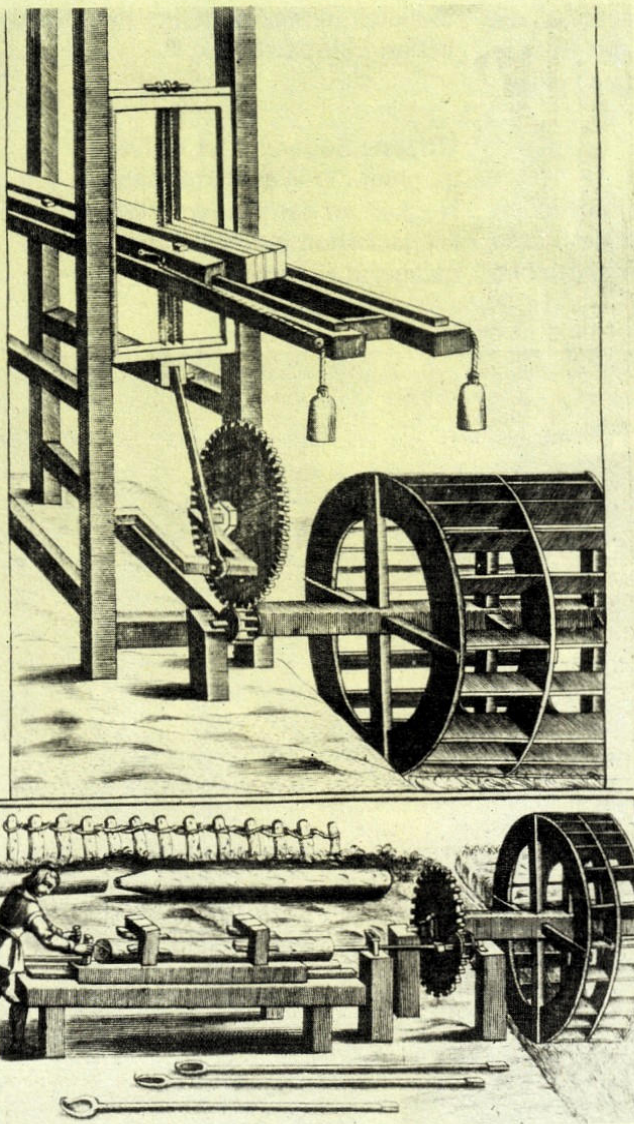
Unten links: Ein wassergetriebener Bohrer aus dem 17. Jahrhundert zur Herstellung von Wasserrohren.

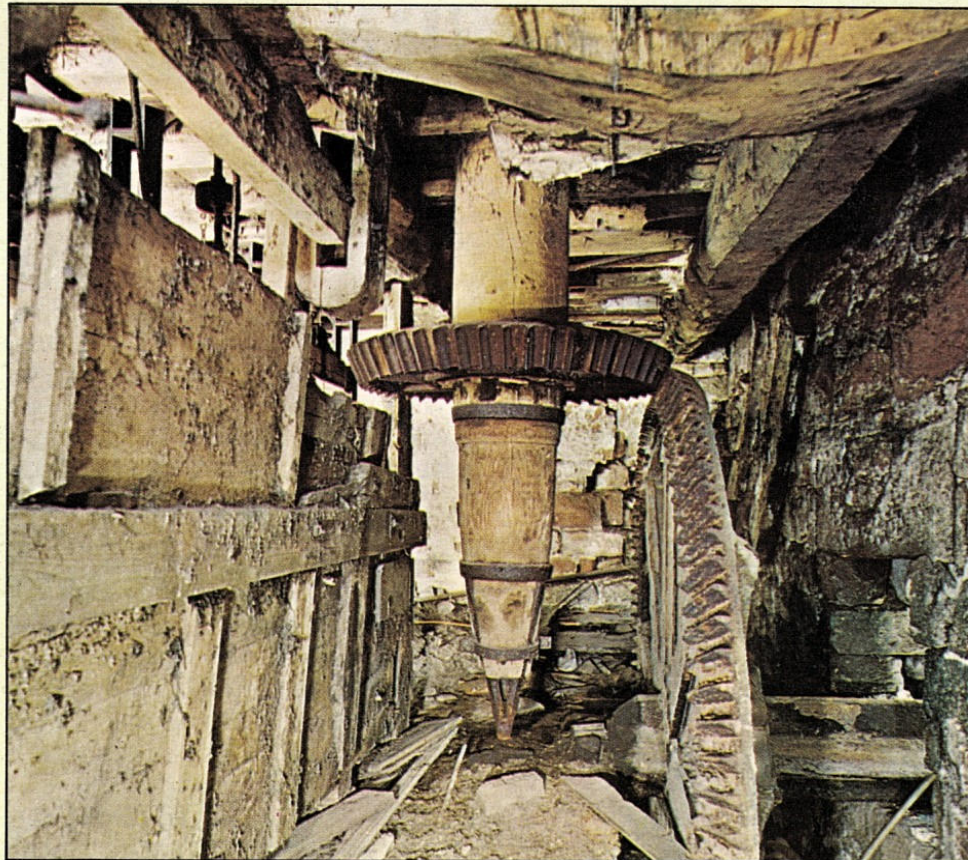
Rechts unten: Blasebälge eines Schmelzofens, angetrieben von einem chinesischen Wasserrad aus dem 14. Jahrhundert.

land, Frankreich und England die Aufwerfhämmer auf, die nicht nur den Schmieden die Arbeit erleichterten, sondern zugleich die Fertigung größerer Schmiedestücke möglich machten. Nur wenig später verwendete man von Wasserkraft angetriebene Nockenwellen, um die Blasebälge in Eisenschmelzöfen zu betätigen. Dies hatte auch hier eine Erweiterung der Produktion zur Folge.

Eisenhütten der Zisterzienser

Heute wissen wir mit einiger Sicherheit, daß die Nutzung der Wasserkraft in Technik und Handwerk von den Zisterziensermönchen, deren Klöster häufig Schmelzöfen und Schmiedewerkstätten beherbergten, erheblich vorangetrieben wurde. So beziehen sich von den dreißig überlieferten Dokumenten, die sich mit wasserkraftbetriebenen Eisenwerken im Frankreich des 12. Jahrhunderts befassen, nicht weniger als 24 auf Zisterzienserklöster. Manchen von





Oben: Wassermühle aus dem 18. Jahrh. Das vertikale Rad ist mit dem Wasserrad verbunden und treibt das kleinere horizontale Rad an, das auf der Hauptantriebswelle sitzt.

ihnen waren noch Werkstätten angeschlossen, in denen die vorhandene Wasserkraft für eine Reihe ganz unterschiedlicher Arbeitsprozesse genutzt wurde.

Wasserkraft und Technik

Vom 12. Jahrhundert an hielt die Wasserkraft in immer stärkerem Maße Einzug in viele Fertigungszeige. Wassermühlen mahlten Eichenrinde zur Herstellung der Gerblauge für Leder. Natürliche farbige Minerale wurden zur Farbenherstellung zu Staub zermahlen. Man stampfte Erze — und auch Oliven, um aus ihnen das begehrte Öl zu gewinnen. Wasserkraft diente zur Herstellung der Maische für die Brauereien sowie zum Zerkleinern von Lumpen für die Papierindustrie. Messer, Waffen und Rüstungen wurden auf von Wasserkraft angetriebenen Schleifsteinen poliert. Später benutzte man diese Energiequelle auch zum Drahtziehen und zum Ausbohren von Geschützläufen, zum Zersägen von Holz (Wassersägen) und als Antrieb für hydraulische Förderwinden in Bergwerken. Was Europa anbetrifft, kann man guten Gewissens sagen, daß bis zum 16. Jahrhundert die Wasserkraft, wo

vorhanden, Einzug in nahezu jeden Bereich von Technik und Handwerk gehalten hatte. So verfügte z.B. die damals bedeutende französische Handelsstadt Troyes über 40 Wassermühlen, von denen nur etwa die Hälfte zum Kornmahlen, der Rest in anderen Wirtschaftszweigen eingesetzt wurde.

Wasserkraft in Europa

Europa war stets in der glücklichen Lage, ständig wasserführende Flüsse zu besitzen, die eine umfangreiche

Nutzung der Wasserkraft zuließen. Dennoch waren einige Gebiete benachteiligt, so z.B. der Südosten Englands. Von dort wanderten im 13. Jahrhundert die Walkereien in die nordwestlichen Grafschaften ab, da dort mehr Wasserkraft zur Verfügung stand. In den Ländern des Nahen Ostens fand hingegen im Mittelalter keine vergleichbare Entwicklung statt. Obwohl das Wasserrad in diesem Raum seinen Ursprung hatte, reichte der Wasservorrat doch nie aus, um ihm über das Kornmahlen und Wasserheben hinausgehende Einsatzgebiete zu erschließen.

Wasserkraft in China

Das einzige Land der Alten Welt, in dem die Wasserkraft in einem dem mittelalterlichen Europa vergleichbaren Umfang genutzt wurde, war China, wo diese Energiequelle vorwiegend in der Eisenproduktion eingesetzt wurde. So entwickelten die Chinesen unabhängig von den Europäern von Wasserkraft angetriebene Stampfer und Hämmer zum Pochen von Erzen und Schmieden von Eisen und verwendeten Wasserräder zum Betätigen von Blasebälgen an Hochöfen. Dennoch blieb der Einsatz der Wasserkraft in China insgesamt merklich hinter dem im mittelalterlichen Europa zurück.

Unten: Sogenannter Aufwerfhammer mit Wasserkraftantrieb. Die Nocken an den beiden eisernen Manschetten betätigen schwenkbar gelagerte Hämmer.

