

HEFT 6 EIN WÖCHENTLICHES SAMMELWERK ÖS 25
SFR 3.50 DM 3

WIE GEHT DAS

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



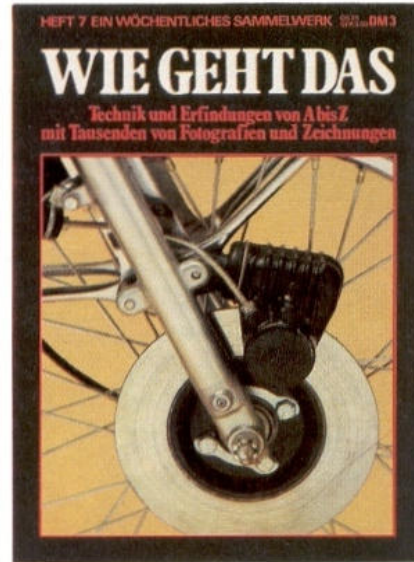
scan: **IGDL**

WIE GEHT DAS

Inhalt

Bildschirmspiele	141
Bildverstärker	144
Blechblasinstrumente	146
Blei	151
Blitzableiter	154
Blitzlichtgeräte	156
Blutgruppenbestimmung	158
Bogen	161
Bohrinsel	164

In Heft 7 von Wie Geht Das



Bremsen sind die wichtigsten Sicherheitsanlagen an jedem Fahrzeug. Ob es sich um Motorräder, Autos, Lastwagen, Eisenbahnen oder um Flugzeuge handelt — sie alle benötigen wirksame und zuverlässige Bremsen. Über die verschiedenen Bremsenarten und ihre Arbeitsweise können Sie alles Wissenswerte in Heft 7 von Wie Geht Das herausfinden.

Brennstoffelemente versorgen die Apolloraumschiffe mit elektrischer Energie. In Zukunft könnten sie auch zur Erzeugung von Haushaltsstrom verwendet werden. Lesen Sie mehr über den Aufbau und die Leistungen von Brennstoffzellen im nächsten Heft von Wie Geht Das.

WIE SIE REGELMÄSSIG JEDE WOCHE IHR HEFT BEKOMMEN

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

ZURÜCKLIEGENDE HEFTE

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

Österreich: Das einzelne Heft kostet öS 25. Bitte füllen Sie eine Postzahlkarte aus, an: WIE GEHT DAS, Wollzeile 11, 1011 Wien. Postscheckkonto: Wien 2363.130. Oder legen Sie bitte der Bestellung einen Verrechnungsscheck bei. Kennwort: HEFTE.

Schweiz: Das einzelne Heft kostet sfr 3,50. Bitte überweisen Sie den Betrag durch die Post (grüner Einzahlungsschein) auf das Konto: Schmidt-Agence AG, Kontonummer Basel 40-879, und schicken Sie Ihre Bestellung unter Einsendung Ihres Abschnitts an die Schmidt-Agence AG, Postfach, 4002 Basel. Kennwort: HEFTE.

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.

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 15 sfr. Bitte überweisen Sie den Betrag durch die Post (grüner

Einzahlungsschein) auf das Konto: Schmidt-Agence AG, Kontonummer Basel 40-879, und schicken Sie Ihre Bestellung unter Einsendung des Abschnitts an die Schmidt-Agence AG, Postfach, 4002 Basel. Kennwort: SAMMELORDNER.

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



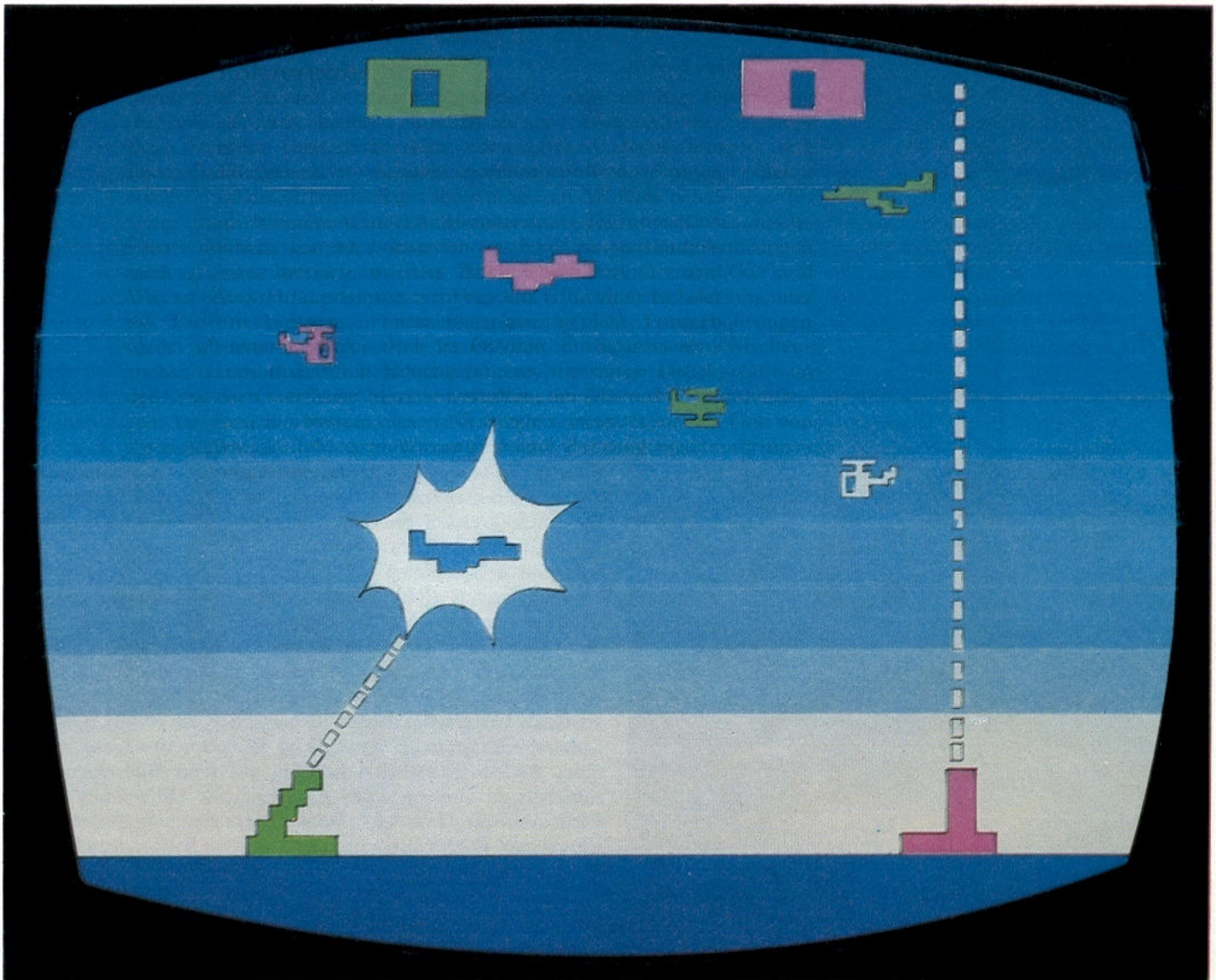
BILDSCHIRMSPIELE

Fernsehspiele haben, wie so manches Produkt der Unterhaltungselektronik, in wenigen Jahren eine derart rasche Entwicklung durchlaufen, daß man inzwischen bereits von drei Generationen sprechen kann, die sich durch zahlreiche Merkmale voneinander unterscheiden.

Geblieben ist die Grundstruktur der verschiedenen TV-Spiele, zu deren Durchführung der Bildschirm eines Heimfernsehers verwendet werden kann, gleichgültig ob es sich dabei um ein Schwarz/Weiß- oder ein Farbgerät handelt. Die

delte es sich dabei lediglich um zwei, in getrennten, über Leitungen mit dem Fernsehspiel verbundenen Kästchen, eingebaute Dreh- oder Schieberegler zur Betätigung der 'Schläger'. Nach dem Einschalten der überwiegend batteriebetriebenen Geräte galt es dann lediglich, den Ball durch Betätigung des Schlägers dem Gegner ins Netz zu befördern.

Da dieses Spiel immer einen Partner erforderte, war meist noch eine Umschaltmöglichkeit vorgesehen, durch die der verschiebbare Schläger des Spielpartners durch eine durchgehende senkrechte Linie ersetzt wurde. Sie wirkt im Spiel als 'reflektierende Wand', so daß man damit auch gegen sich allein spielen konnte. 'Squash' wurde und wird diese Spielvariante in Anlehnung an ein Ballspiel genannt, das in Großbritannien



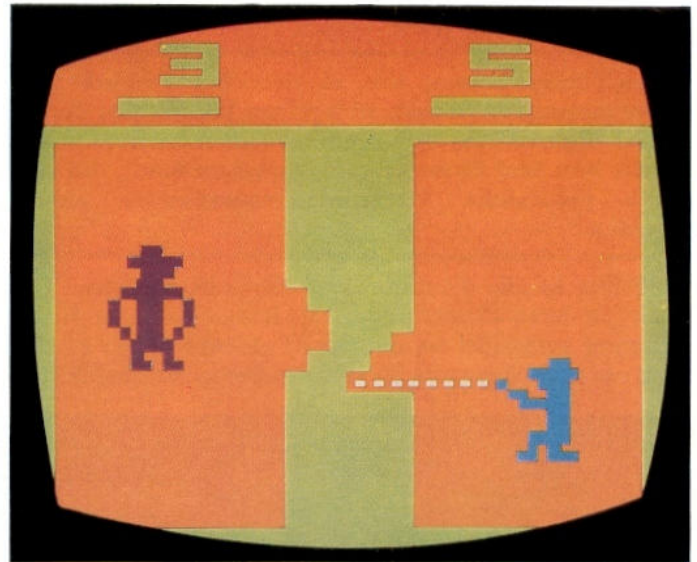
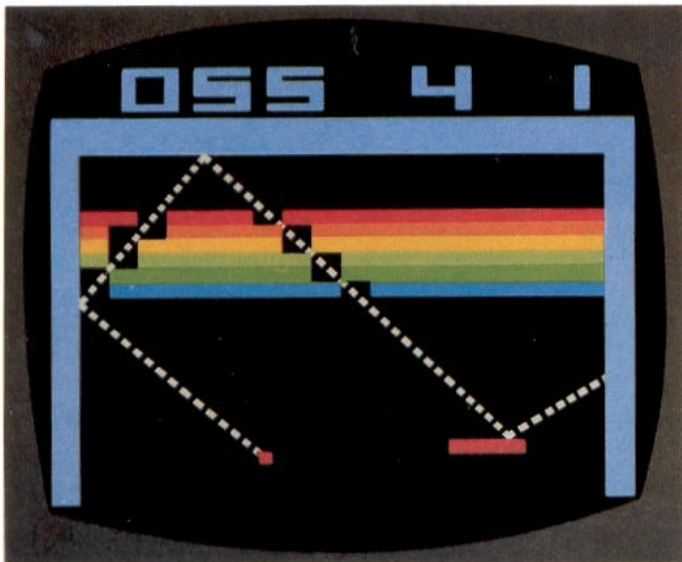
ATARI/INGERSOLL

Oben: Eine Luft-See-Schlacht auf dem Fernsehschirm, die entweder gegen einen anderen Spieler oder gegen den Computer geführt werden kann. Hier wird ein Flugzeug abgeschossen.

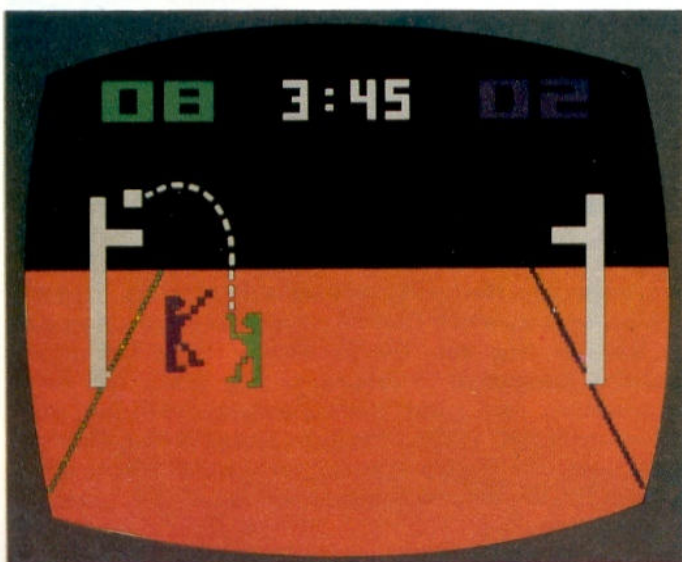
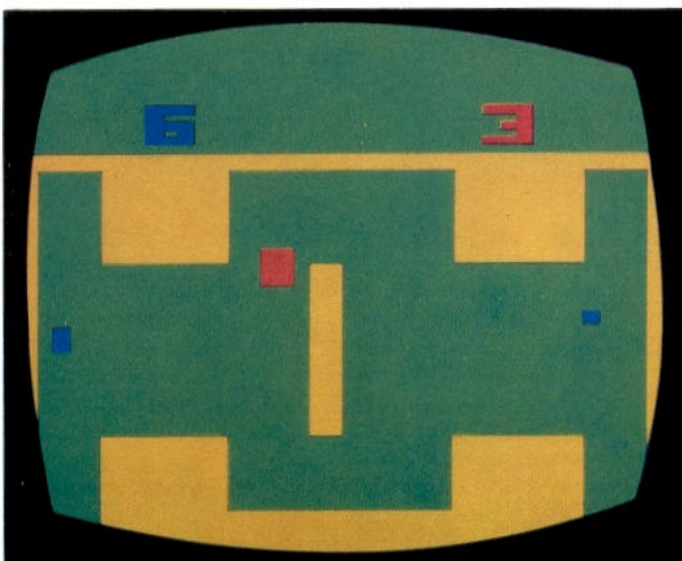
Geräte der ersten und zweiten Generation wurden ausschließlich als Zusatzeinrichtungen an die Antennenbuchse angeschlossen. Im Fernsehspiel selbst sorgte ein kleiner Sender durch Umsetzung in einen bestimmten Kanal dafür, daß auf dem Bildschirm beispielsweise die Umrandung eines Tennisplatzes, zwei schmale, vertikal verschiebbare Rechtecke, die als 'Spieler' oder 'Tennisschläger' usw. wirkten, sowie ein frei bewegliches kleines Quadrat, 'der Ball', sichtbar wurden. Die Bedienungsmöglichkeiten waren relativ limitiert. Meist han-

sehr populär ist. Mit diesen beiden Spielen waren die Variationsmöglichkeiten eines einfachen Fernsehspiels bereits meist erschöpft. Kein Wunder, daß diese Geräte sich nur für kurze Zeit einer gewissen Beliebtheit erfreuten; sie wurden zu schnell sehr langweilig. Nachteilig wirkten sich auch die zunächst lediglich schwarz/weiße Darstellung auf dem Bildschirm und der fehlende Ton aus. Die Entwicklung und Herstellung spezieller integrierter Schaltungen, mit denen die vielen Komponenten der recht umfangreichen Steuerung eines Fernsehspiels zu einem einzigen komplizierten Baustein zusammengefaßt werden konnten, ermöglichte jedoch schon bald den Bau der wesentlich komfortableren Fernsehspiele der zweiten Generation.

Kennzeichnend für Spiele dieser Generation ist die farbige



Das Angebot von Bildschirmspielen ist in den letzten Jahren ungemein angestiegen. Der wichtigste Schritt vorwärts bei dieser Form der Unterhaltungsspiele war die Möglichkeit, durch den Einbau eines Computers sozusagen eine denkende Maschine zum Mitspieler zu gewinnen. Im Bild oben links 'Weltraumkrieg', oben rechts 'Wilder Westen'. Unten sind zu sehen ein 'Minigolfspiel' und darunter ein 'Basketballspiel', wobei jede Mannschaft nur einen Spieler hat.



Darstellung auf dem Bildschirm, die Einblendung des Trefferstandes für beide Spieler, die Erzeugung bildsynchroner Geräusche sowie die wesentlich größere Spielevielfalt. Die Geräte dieser Generation bestehen zumeist aus einem Grundgerät, das die Steuerung für das Spiel, den Sender, die erforderlichen Bedienungselemente und eventuell einen Lautsprecher für den Ton sowie eine Steckvorrichtung für die auswechselbaren Spielkassetten enthält. Diese Kassetten können in das Grundgerät eingesteckt werden und enthalten in einem elektronischen Speicher alle erforderlichen Informationen für die Steuerung, um das jeweilige Spielfeld, die Spieler oder sonstige bewegliche Elemente auf dem Bildschirm darstellen zu können. Das Angebot an Spielen dieser zur Zeit am meisten verbreiteten Gerätegeneration ist wesentlich umfangreicher geworden, was vor allem auf die Auswechselmöglichkeit zurückzuführen ist. Neben den 'klassischen' Bildschirm-Ballspielen wie Tennis, Squash, Hockey und Fußball finden sich darunter auch Spiele wie Auto- und Motorradrennen oder 'Panzerschlacht'. Dabei bewegen sich nicht nur kleine helle Quadrate, sondern es werden bereits wesentlich kompliziertere Strukturen abgebildet, wie z.B. Rennwagen, stilisierte Personen oder kleine Panzer usw. Erstmals besteht bei diesen Spielen auch die Möglichkeit, die Spieler oder sonstige bewegliche Bildelemente nicht nur in einer Richtung, sondern beliebig auf dem Bildschirm verschieben zu können. Dies geschieht mit Hilfe eines in der Elektronik als 'Joystick' bezeichneten Bedienungselementes, das wie ein kleiner Steuerknüppel in allen Richtungen betätigt werden kann und sogar die Drehung von Objekten ermöglicht.

Die dritte Generation der Fernsehspiele, die erst seit kurzer Zeit angeboten wird, unterscheidet sich von ihren Vorgängern im wesentlichen dadurch, daß sie durch Einbau eines integrierten Computers in Miniaturausführung, eines sogenannten MIKROPROZESSORS, in bescheidenem Maße eine gewisse 'Intelligenz' erhalten haben. Dadurch wurde es möglich, das starre Schema älterer Fernsehspiele zu verlassen und neben den üblichen Geschicklichkeitsspielen auch Glücks- und Gesellschaftsspiele sowie Denksportaufgaben zu realisieren. Geräte dieser Generation sind zum Teil bereits in neuesten Fernsehgeräten eingebaut bzw. als Zusatz erhältlich. Zur Bedienung finden auch hier üblicherweise Joysticks oder andere Mehrfunktionselemente Verwendung, die durch zusätzliche Schalter oder Tasten im Grundgerät ergänzt werden, mit denen beispielsweise der Schwierigkeitsgrad oder die Spielgeschwindigkeit beeinflusst werden können. Die einzelnen Spiele (oder auch mehrere gleichzeitig) sind in auswechselbaren Kassetten untergebracht, so daß die Hersteller die Möglichkeit haben, neue Spiele zu entwickeln und

BILDVERSTÄRKER

Bildverstärker werden bei medizinischen Diagnosen zur Vergrößerung von Röntgenbildern verwendet. In der Astronomie werden sie zur Aufzeichnung von sehr schwachen Bildern im Brennpunkt eines Teleskops eingesetzt. Aber auch zur Beobachtung von Vorgängen in der Nacht sind sie geeignet, was sie für militärische Zwecke verwendbar macht.

Ein Bildverstärker ist ein Direktbetrachtungsgerät, das ein optisches Bild mit elektronischen Mitteln verstärkt.

Verstärkendes Licht

Lichtenergie, die von einem Vorgang ausgeht, erreicht den Beobachter in Form von Photonen (Energiepakete). Obwohl deren Energie ausreicht, die Netzhaut des Auges zu reizen, ist sie aus elektronischer Sicht sehr klein. Die Photonen können auf direktem Wege nicht verstärkt oder beschleunigt werden. Um Licht zu verstärken, müssen die Photonen deshalb in eine Form umgewandelt werden, die eine Vergrößerung der Energie zuläßt.

Um eine Energieumwandlung vorzunehmen, läßt man Photonen auf ein Material auftreffen, das leicht Elektronen abgibt (siehe ATOME UND MOLEKÜLE). Als Empfänger für die Photonen nimmt man Elemente, die auf der äußersten Hülle nur ein Elektron haben, beispielsweise Caesium. Die Energie eines Photons reicht aus, dieses eine Elektron aus der Atomhülle zu entfernen.

Elektronen sind die notwendigen Grundbausteine für das Funktionieren elektrischer und elektronischer Geräte. Elektronen sind negativ geladen. Unter Einfluß eines elektrischen Feldes werden sie beschleunigt. Hierdurch erhalten sie einen höheren Energieinhalt. Durch das Zusammenwirken elektrischer und magnetischer Felder können Elektronen so abgelenkt werden, daß man sie bündeln kann.

In einem Elektronenvervielfacher — er verstärkt kleine Lichtsignale — werden die Elektronen durch eine Reihe hintereinander angeordneter Elektroden, die sich auf unterschiedlichem Potential befinden, beschleunigt. Er dient ausschließlich dazu, Photonen, d.h. Licht, zu erfassen; allerdings nicht zum Speichern eines Bildes.

Bildverstärker

In seiner einfachsten Form besteht der Bildverstärker aus einem zylindrischen Glasrohr, das an beiden Enden verschlossen ist. Das Rohr, aus dem die Luft entfernt worden ist, hat einen Durchmesser und eine Länge von mehreren Zentimetern. Eine lichtempfindliche Beschichtung (Fotoemitter) ist auf die Innenseite eines seiner flachen, durchsichtigen Seitenfenster (Schirmträger) aufgetragen. Auf der anderen Seite befindet sich ein fluoreszierender Leuchtschirm, der mit einer dünnen Aluminiumschicht belegt ist.

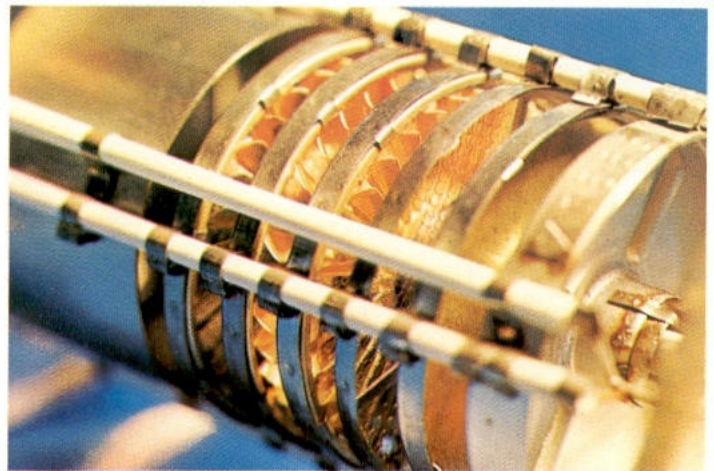
Zur Betrachtung eines lichtschwachen Vorganges wird das von einem Körper ausgesendete Licht zunächst über ein Linsensystem auf die lichtempfindliche Schicht fokussiert. Die auf die lichtempfindliche Schicht treffenden Photonen setzen Elektronen frei, die sich nun in dem den Fotoemitter umgebenden Vakuum befinden. Die Anzahl der freien Elektronen hängt von der Intensität der Lichtquelle ab, wodurch das optische Bild in ein 'Elektronenbild' umgewandelt wird. Die freien Elektronen — aus ihnen setzt sich das 'Elektronenbild' zusammen — werden in einem Potentialfeld von 10 000 V bis 15 000 V entlang der Mittelachse des Rohres beschleunigt und treffen auf einen fluoreszierenden Schirm auf. Mit Hilfe eines elektronenoptischen Systems werden die Elektronen gebündelt.

Auf dem Bildschirm durchdringen die energiereichen

Elektronen die dünne Aluminiumschicht und regen das fluoreszierende Material in ähnlicher Weise an, wie man es bei einer KATODENSTRAHLRÖHRE kennt. Der Aluminiumfilm dient als Reflektor, wodurch das gesamte, durch Fluoreszenz entstandene Licht das Ausgangsfenster verläßt. Als fluoreszierendes Material verwendet man im allgemeinen den Phosphor P-20. Das emittierte Licht dieses Materials hat eine Wellenlänge, die innerhalb des Empfindlichkeitsbereiches des menschlichen Auges liegt. Dies bedeutet, daß das 'Elektronenbild' in ein optisches Bild zurückverwandelt wird, das von dem menschlichen Auge empfangen werden kann. Da der Bildverstärker das ursprüngliche Bild um den Faktor 50 verstärkt hat, kann der lichtschwache Gegenstand vom menschlichen Auge erkannt werden.

Fotoemitter

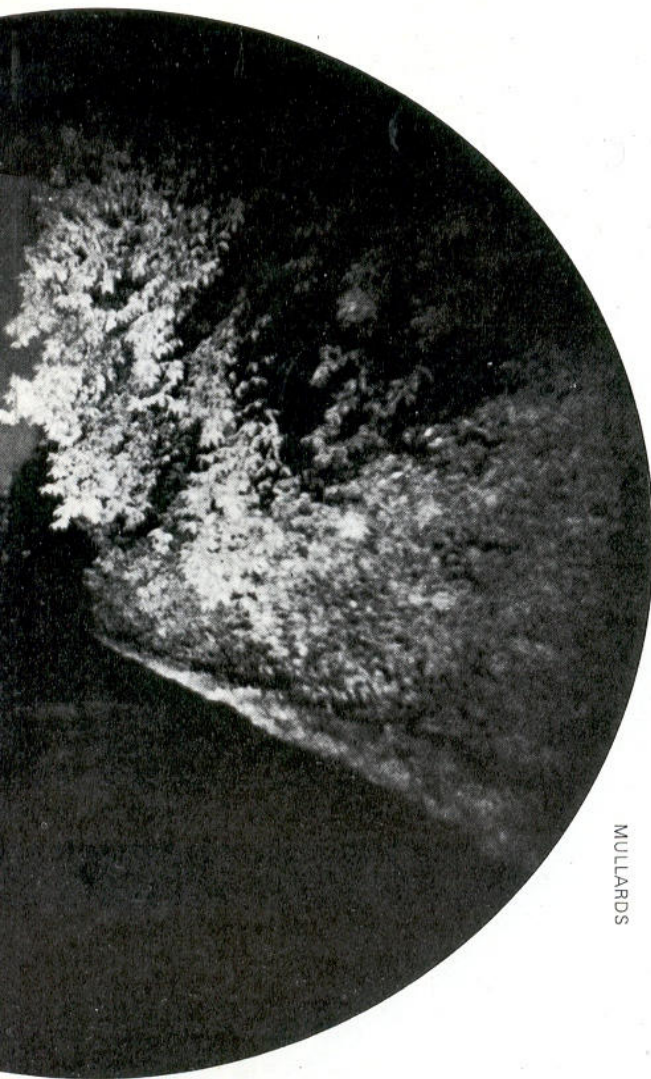
Um die Empfindlichkeit bei Fernsehröhren zu verbessern, begann man sich in den dreißiger



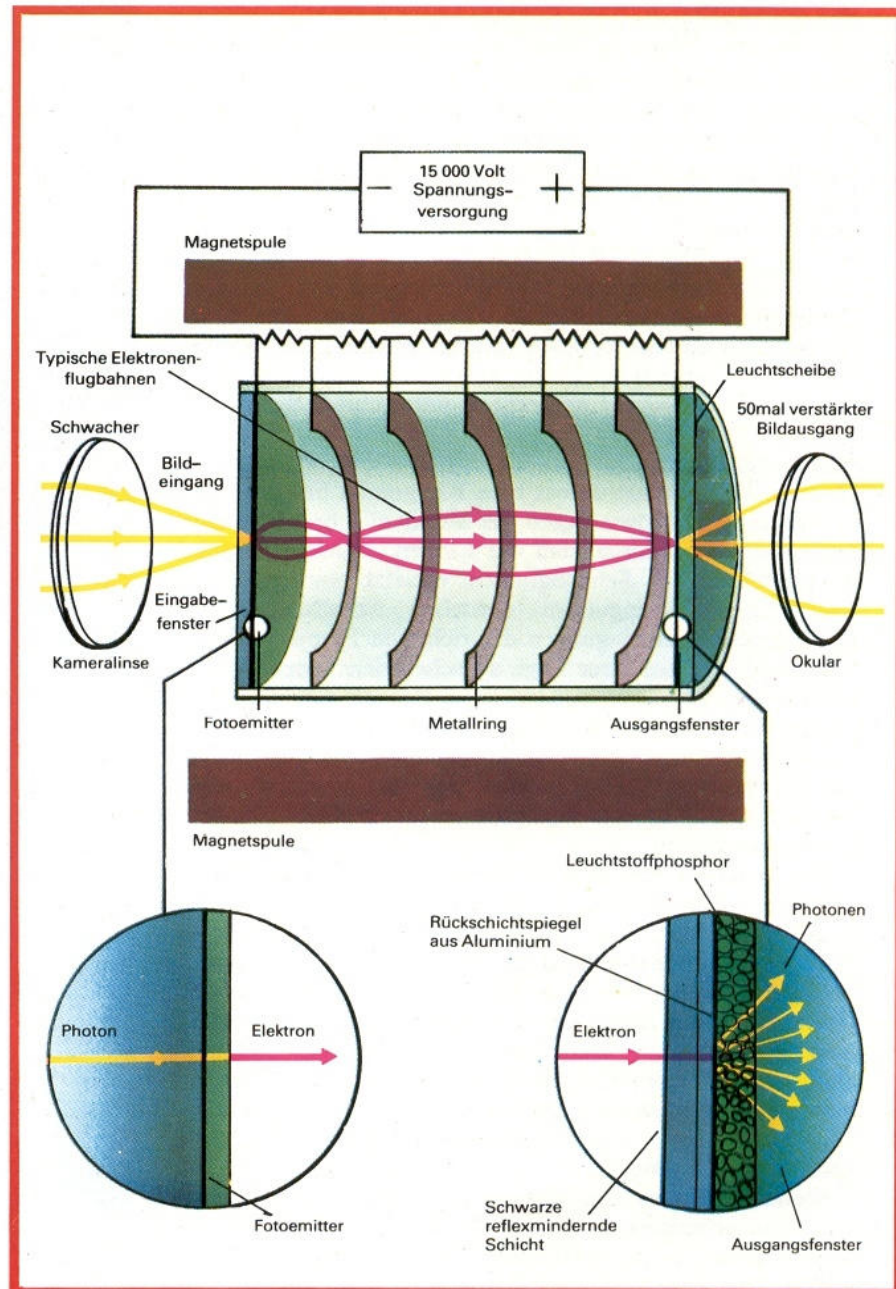
Eine einfache, magnetisch fokussierbare Bildverstärkerstufe, die Elektromagnete verwendet, um die Elektronen zu fokussieren und zu beschleunigen. Bei Hintereinanderschalten mehrerer solcher Stufen kann eine sehr hohe Verstärkung erzielt werden.

Jahren für Bildverstärker zu interessieren. Der in damaliger Zeit erhältliche Fotoemitter bestand aus einer Verbindung von Silber, Sauerstoff und Caesium. Die damalige Empfindlichkeit für die Verstärkung des Bildes war jedoch noch unbefriedigend. Während des Zweiten Weltkrieges wurden diese Fotoemitter wegen der Infrarotempfindlichkeit der verwendeten Materialien als Nachtsuchgeräte eingesetzt. Moderne Bildverstärker verwenden als fotoemittierendes Material Zusammensetzungen aus Natrium, Kalium, Caesium und Antimon. Diese Zusammensetzungen sind im sichtbaren Bereich sehr lichtempfindlich.





Oben: Die Ansicht einer Landschaft bei Nacht, mit einem Bildverstärker betrachtet. Wegen ihrer 'Nachtsehfähigkeit' werden Bildverstärker häufig bei Gewehren, die mit speziellen Visieren ausgerüstet sind, und in Verbindung mit anderen militärischen Geräten verwendet.



Rechts oben: Schematische Darstellung einer magnetisch fokussierbaren Bildverstärkerstufe. Die Spule, die um die Röhre gewickelt wird, erzeugt das notwendige Magnetfeld. Die Potentialunterschiede für die einzelnen Windungen erzielt man durch Ohmsche Widerstände. Um einen höheren Verstärkungsgrad zu erreichen, kann man mehrere Bildverstärker hintereinander anschließen.

Elektronenoptik

Die Fokussierung des Elektronenbildes kann auf verschiedene Arten erfolgen. Die einfachste Art ist die Nahfokussierung. Sie beruht darauf, daß der Fotoemitter und der fluoreszierende Schirm so nahe beieinander liegen, daß das 'Elektronenbild' keine Möglichkeit hat, sich bei der Beschleunigung zu verbreitern.

Eine verbesserte Technik ist die elektrostatische Fokussierung. Hier werden Elektronen zwischen aufgeladenen Elektroden bewegt. Magnetische Fokussierung wird mit Hilfe von Elektromagneten oder Dauermagneten erreicht, die um die Bildverstärkerröhre angeordnet sind. Der Vorteil magnetischer Beeinflussung der Elektronen besteht darin, daß mit einer flachen Fotokatode Bilder hoher Güte erzielt werden können.

Anwendungen

Bildverstärker werden am häufigsten bei Nachtbeobachtungen im Sicherheits- oder Militärbereich eingesetzt. In vielen Fällen werden an die Qualität des Bildes keine extrem hohen Anforderungen gestellt; daher können preiswerte Geräte benutzt werden. Ähnliche Bildverstärker kann man auch für Tieraufnahmen bei Nacht verwenden.

Röntgenstrahlen lassen sich ebenso verstärken wie Licht. Setzt man bei der Fluoroskopie statt eines normalen Röntgenschirmes einen Bildverstärker ein, kann die Strahlungsdosis der Röntgenstrahlen herabgesetzt werden.

In der Astronomie hat der Bildverstärker die fotografische Aufnahme lichtschwacher Himmelskörper ermöglicht. Alternativ können die Elektronen in einer Elektronenröhre direkt auf eine fotografische Platte gelenkt werden.

Astronomen verwenden verschiedene Bildröhren, die auf einem ähnlichen Prinzip beruhen wie Fernsehkameras. Sie tasten ein Ladungsbild mit einem Elektronenstrahl ab. Speichert man vor dem Abtasten die Ladung eine Zeitlang, können äußerst lichtschwache Objekte aufgezeichnet werden. Derartige Bildröhren können bei Sucherteleskopen, die auf das Hauptteleskop montiert werden, eingesetzt werden, um den richtigen Sichtbereich einzustellen.

BLECHBLASINSTRUMENTE

Bei Blechblasinstrumenten gibt es interessante Einrichtungen zur Verlängerung der Röhre, wodurch sich der Tonumfang vergrößert. Moderne Musikstücke unterscheiden sich durch diese zusätzlichen Möglichkeiten von Musik, die beispielsweise zur Zeit Bachs gespielt wurde.

Blechblasinstrumente bestehen im Prinzip aus einer Messingröhre mit einem Mundstück an einem Ende und einem ausladenden Schallbecher, auch Stürze genannt, am anderen Ende. Diese Grundaufbauform wurde mehrfach abgewandelt. Die Klangfarben sind entsprechend unterschiedlich.

Tonerzeugung

Um ein Blechblasinstrument zum Klingen zu bringen, preßt der Bläser seine Lippen gegen das Mundstück und bläst einen Luftstrom so hindurch, daß die Lippen, durch das Mundstück gestützt, in Schwingungen versetzt werden. Durch diese Lippenschwingungen entstehen Schallwellen. Der Bläser erzeugt Schwingungen der richtigen Frequenz, indem er seine Zunge aus ihrer Lage zwischen den Lippen schnell zurückzieht. Dieses Verfahren ist anders als bei den Holzblasinstrumenten, bei denen ein Rohrblatt genanntes Holzstück in Schwingungen versetzt wird. Beim Blasen entsteht eine Schwingung im Mundstück des Instrumentes, welche die in dem Instrument eingeschlossene Luftsäule in Schwingungen versetzt.

Die Luftsäule schwingt mit bestimmten Resonanzfrequenzen, denen entsprechende Tonhöhen zugeordnet sind. Als Frequenz bezeichnet man die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde. Resonanzfrequenzen sind stehende Wellen oder in der Röhre befindliche Luft. Die Wellen pflanzen sich nicht durch die Röhre fort, sondern bilden eine stehende Säule schwingender Luft. Wem die Vorstellung einer stehenden Welle als Widerspruch erscheint, stelle sich vor, daß die Luftmoleküle mit Menschen zu vergleichen sind, die in einem vollbesetzten Zug stehen, hin- und herschwanken, sich im Zug aber nicht fortbewegen.

Stehende Wellen ergeben sich aus dem Zusammenwirken zweier fortschreitender Wellen, die sich in entgegengesetzter Richtung zueinander ausbreiten und sich gegenseitig verstärken. Bei den Blechblasinstrumenten wird die sich nach außen ausbreitende Welle im Mundstück erzeugt. Wenn diese Welle die Stürze erreicht, wird ein Teil davon in die Messingröhre in Richtung des Mundstückes zurückgeworfen. Ist die Schwingungszahl dieser Welle gleich der Resonanzfrequenz der Röhre, kommt eine stehende Welle zustande.

Der tiefste Ton, der mit einer Röhre bestimmter Länge zu erzeugen ist, wird Grundton genannt. Er wird durch die Schwingung der Luftsäule in ihrer vollen Länge hervorgebracht. Die Luftsäule schwingt aber nicht nur in ihrer ganzen Länge, sondern gleichzeitig auch in genauen Bruchteilen dieser Länge.

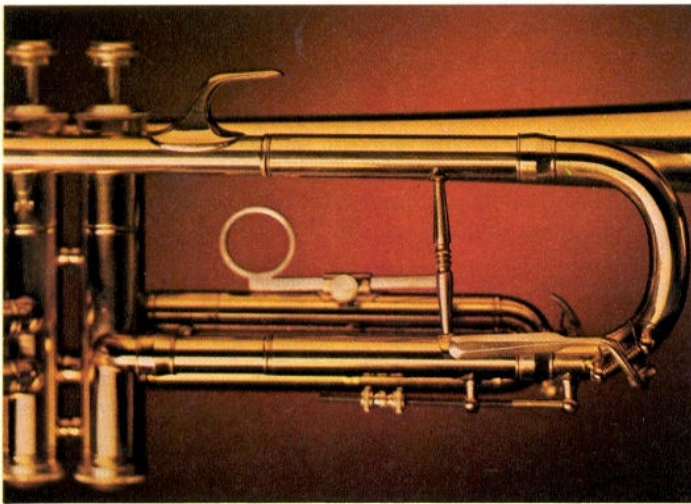
Je länger die schwingende Luftsäule ist, desto tiefer ist der Ton. Die Bruchteile der schwingenden Luftsäule ergeben höhere Töne als eine Schwingung der ganzen Länge. Dies sind die sogenannten Obertöne. Mit dem Grundton stehen sie in ganzzahligen Verhältnissen (z.B. 3:2, 2:1, 5:2 usw.). Die Zwischenräume oder Intervalle zwischen ihnen werden vom Grundton aus mit zunehmender Tonhöhe immer kleiner. Sie bilden die Obertonreihe. Es läßt sich bei einer bestimmten Röhrenlänge nur eine Reihe aufbauen. Es ist dem Können des Bläfers überlassen, den gewünschten Oberton sicher und rein zu treffen. Um die auf einem Instrument spielbaren höheren Töne hervorzubringen, preßt der Bläser seine Lippen stärker zusammen. Eine kürzere Röhre ergibt einen höheren Ton.



PAXMAN/MIKE NEWTON

Ganz oben: Eine Posaune in B und F. Die Stimmung wechselt man durch Drücken des Ventils beim Mundstück. Der Auszug zur Verlängerung der Luftsäule befindet sich auf dem Bild in der hintersten Stellung.

Oben: Doppelhorn — zwei Waldhörner zu einem einzigen in F bzw. B vereinigt. Drei Ventile dienen dazu, unterschiedliche Töne hervorzubringen, das vierte verändert die Stimmung des Instruments.



Unten: Schnittbild eines Waldhorns in F und B. Es wurde nach dem Kompensationsprinzip gebaut, das den Luftstrom umleitet, je nachdem, ob in B- oder in F-Dur gespielt wird. Drücken des Daumenventils bewirkt den Wechsel von B nach F. Das erste Fingerventil ist geöffnet dargestellt. Blaue Pfeile verdeutlichen den Luftstrom bei F-Stimmung, rote Pfeile dagegen zeigen den Luftstrom bei B-Stimmung an.

Links: Eine Trompete. Die Betätigung der Ventile (links im Bild) in unterschiedlichen Zusammenstellungen ergibt die sieben Obertonreihen.



ERIC JEWELL ASSOCIATES

Die wirksame Länge der Röhre lässt sich durch Löcher verändern. Dies gilt ebenso für Holzblas- wie für Blechblasinstrumente. Die Blockflöte hat z.B. ein Loch auf genau der halben Länge. Wird es durch den Finger nicht geschlossen, verkürzt es die wirksame Länge des Instrumentes auf die Hälfte. Auf diese Weise lassen sich unterschiedliche Tonreihen hervorbringen. Die Posaune ist nicht mit Löchern versehen, sondern sie hat einen Schiebemechanismus, durch den die Tonhöhe stufenlos verändert werden kann. Das ergibt den charakteristischen 'Wuah-Wuah'-Klang.

Die Klangfarbe eines Instrumentes wird durch die Art der Obertöne bestimmt, die ein Instrument erzeugt. Bei den

Blechblasinstrumenten wird sie durch die Form des Kesselmundstücks, Profil und Länge der Röhre sowie die Form der Stürze bestimmt. Unter Profil versteht man die Änderung der Röhrenform über die Instrumentenlänge. Eine allmähliche Änderung ergibt einen weniger brillanten Klang. Ein flaches Mundstück und eine zylindrische Röhre, die sich fast ohne Übergang zu einer Stürze mit verhältnismäßig kleinem Durchmesser weitet, ergibt den schmetternden Trompetenklang. Ein kegelförmiges Mundstück und Profil ergeben beim Waldhorn, zusammen mit einer weit ausladenden Stürze, den diesem Instrument eigentümlichen weichen, sanften Klang.

Auch die Stärke des Metalls, aus dem ein Instrument be-

steht, ist von Bedeutung: Dünneres Metall ergibt einen eher schmetternden Klang. Es ist schwierig, genau abzuschätzen, welche Wirkungen unterschiedliche Legierungen hervorbringen. Die Hersteller haben dafür ihre eigenen Geheimrezepte. Messing versieht man üblicherweise mit einem Klarlacküberzug oder man versilbert es, um dem Instrument ein schöneres Aussehen zu geben. Ohne einen Schutzüberzug dieser Art ist häufiges Polieren erforderlich, was schließlich zu Abnutzungserscheinungen führt.

Einfache Blechblasinstrumente haben enge Grenzen. Auf einem Signalhorn bringt ein guter Bläser sieben oder acht Töne hervor, während innerhalb des gleichen Tonumfangs vom tiefsten zum höchsten Ton auf einem Klavier 37 Töne vorhanden sind.

Der Auszug

Die früheste Art, ein Blechblasinstrument vielseitiger zu machen, war die Verlängerung der wirksamen Länge wie bei der Posaune. Bei ihr sind zwei Röhrenstücke durch ein U-förmiges Rohr verbunden, das auf diesen gleitet. Der Auszug verlängert die Röhrenlänge, wenn der Bläser seine Hand nach vorne bewegt. Der Auszug kann auf eine von sieben, auf dem Instrument nicht gekennzeichneten Stellen gebracht werden, die der Bläser durch Erfahrung kennt. Es entstehen so sieben Grundtöne in absteigender Reihe. Diese ermöglichen es zusammen mit den zugehörigen Obertonreihen, alle innerhalb des Tonumfangs liegenden Töne hervorzubringen.

Für die Trompete erwies sich dieses Prinzip als unpraktisch, abgesehen von einem kleinen Auszug, der eine oder zwei

zusätzliche Obertonreihen ergibt. Die Röhre des Waldhorns hat kein zylindrisches, sondern ein kegelförmiges Profil. Ein Auszug ist deshalb nicht möglich. Durch Stopfen, d.h. Einführen der Faust in die Stürze, ist es jedoch möglich, die Tonhöhe zur nächsten Obertonreihe anzuheben. Bis in das 19. Jahrhundert hinein mußten alle Waldhörner in den Orchestern so gespielt werden. Die Obertöne klangen ziemlich gezwungen, wenn der Bläser nicht ein großer Könnner war.

Das Ventil

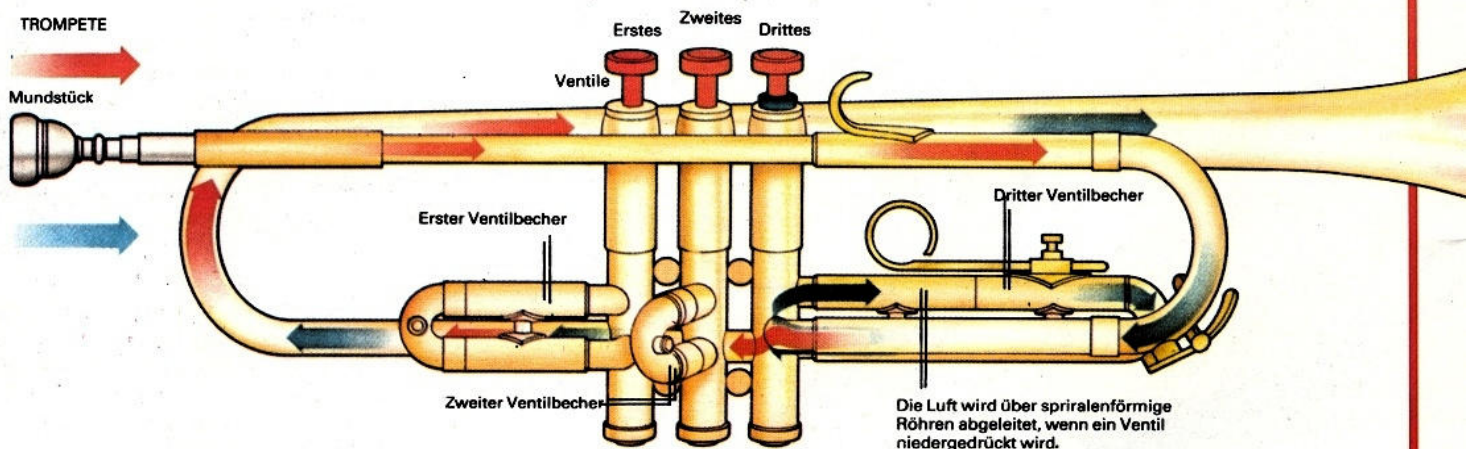
Um Trompete und Waldhorn von den Grenzen des Signalhorns zu befreien, benötigte man einen Mechanismus, mit dem die Luftsäule augenblicklich verlängert werden kann. Diese Rolle übernahm das Ventil. Das Kolben- und das Drehventil sind die beiden heute gebräuchlichen Bauarten.

Die Instrumente haben gewöhnlich drei Ventile in einer für den Bläser bequem erreichbaren Lage. Sie verlängern die Luftsäule, indem sie ein oder zwei von drei zusätzlichen Röhrenstücken zuschalten. Sie verlaufen durch das Ventil in die Haupttröhre und dann wieder zurück. Das eine dieser Umwegstücke läßt die Tonhöhe auf die der nächsttieferen Obertonreihe hinuntergehen, das zweite auf die darunterliegende, und das dritte Umwegstück hat noch einmal die gleiche Wirkung. Die Betätigung der Ventile in unterschiedlicher Zusammensetzung ergibt die sieben Obertonreihen, die man auf der Posaune mit Hilfe des Auszugs hervorbringt.

Das Kolbenventil hat ein zylinderförmiges Gehäuse. Wird es gedrückt, so leitet es die Luft durch eine Öffnung im Kolben in das Umwegstück, das es zuschaltet. Eine Spiralfeder bringt

TROMPETE

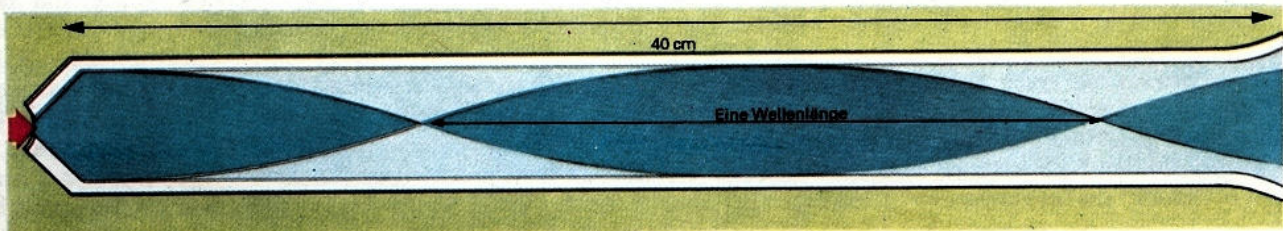
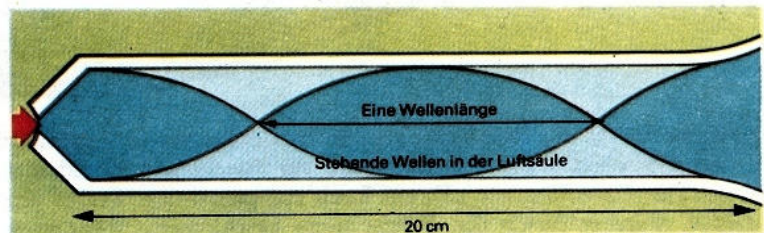
Mundstück



Oben: Die Länge der Luftsäule in einer Trompete verändert sich je nachdem, welche Ventile gedrückt werden. Die roten Pfeile im Bild zeigen den Luftstrom an, wenn keines der Ventile

gedrückt wird. Die blauen Pfeile zeigen den längeren Weg des Luftstroms, wenn das 3. Ventil gedrückt ist. Die längere Luftsäule schwingt mit geringerer Frequenz und klingt tiefer.

Rechts und unten: Die Höhe eines Tones, der durch die Schwingung der Luftsäule eines Blasinstrumentes entsteht, hängt von der Länge der Säule und der Stärke der Luftbewegung ab. Eine Verdopplung der Säule verdoppelt die Wellenlänge, halbiert also die Frequenz.





Links oben: Baßtuba für F und C. Wie beim Waldhorn sind hier Drehventile vorhanden, drei zum Spielen, eins zum Ändern der Tonart und eins zum Stimmen der tiefen Töne.

Links unten: B-Trompete, die gebräuchlichste Stimmung. Der kurze Auszug im unteren Teil ermöglicht es, die Tonhöhe leicht zu verändern, d.h. das Instrument zu stimmen.

gestimmt werden kann. Außerdem befindet sich an der Haupttröhre des Instrumentes ein Auszug. Er dient dazu, das Instrument mit den anderen Instrumenten eines Orchesters auf die gleiche Tonhöhe zu stimmen, indem man die Gesamtlänge vergrößert oder verkürzt.

Vorteile der Ventile

Eines der wichtigsten Ergebnisse der Erfindung des Ventils war, daß man ein großes Baßinstrument bauen konnte, dessen untere Obertonreihen eine Grundlage für die Bässe bilden. Die Baßtuba wurde im Jahre 1835 in Deutschland entwickelt. Zehn Jahre später führte Adolphe Sax eine ganze Familie von Ventil-Blechblasinstrumenten ein, die von der Tuba- bis zur Trompetenstimmung reichte. Das waren die Saxhörner, die in den USA den Anstoß zur Bildung von Blaskapellen gaben. Ein Posthorn mit Ventilen ergab das Kornett, während das Flügelhorn ein mit Ventilen versehenes Signalhorn ist. Die auch von Sax erfundenen Saxophone sind eigentlich Holzblasinstrumente, obwohl auch sie aus Blech gefertigt werden.

Es fanden sich noch andere Anwendungen für das Ventil. Das Hinzufügen eines weiteren Umwegstückes, das die Tonhöhe um fünf Reihen herabsetzt, schloß die Lücke zwischen Grundton und zweiter Obertonreihe. Dies war für die längeren Instrumente sehr nützlich, da die fehlenden Töne der kleineren Instrumente bereits als höhere Obertöne auf den tieferen Instrumenten vorhanden waren. Baßtuben und das etwas höhere Euphonium (Baritonhorn) haben fast immer vier Ventile. Moderne Posaunen haben meist ein durch den linken Daumen des Bläfers betätigtes Drehventil. Hat eine Posaune zwei Ventile, ergibt das zweite den Ton, der noch fehlt, wenn das erste allein betätigt wird.

Das fünfte Ventil an einer Tuba ermöglicht es, die tieferen Töne stimmungsgerecht hervorzubringen. Aus Gründen, die in der Lehre vom Schall ihre Erklärung haben, neigen sie nämlich dazu, von der Stimmung abzuweichen — wie es bei allen Tönen der Fall ist, die mit Hilfe mehrerer Ventile hervorgebracht werden. Einige Instrumentenmacher benutzen bei den größeren Instrumenten ein 'Kompensationssystem', das einen zusätzlichen Röhrenweg automatisch zuschaltet, um diesen Mangel zu beheben. Bei kleineren Instrumenten ist es für den Bläser leichter, die Lippenspannung etwas zu verändern. Trotzdem haben manche Konzerttrompeten einen Fingerring am dritten Umwegstück, so daß der Bläser die Röhrenlänge während des Spiels verändern kann.

Oft befinden sich am Waldhorn ein oder mehrere Zusatzventile. Dieses Instrument machte stets mehr als andere Gebrauch von den höheren Obertönen. Da diese dicht beieinanderliegen, kann der Bläser leicht einen falschen Ton spielen. Man behob diesen Mangel durch Verkürzen der Röhre, wodurch ein Ton beliebiger Höhe zum unteren Oberton in der neuen Reihe wird. Die Schönheit des Waldhornklanges leidet in dieser Ausführung jedoch etwas.

Beim Doppelhorn schaltet ein mit dem Daumen betätigtes Ventil ein Viertel der Haupttröhre ab und leitet den Luftstrom durch entsprechend kürzere Umwegstücke. Beiden Teilen des Instrumentes sind Mundstück, Ventile und Stürze gemeinsam. Der Bläser kann wählen, welchen Teil des Instrumentes er benutzen will. Weitergeführt ergibt dieses Prinzip mit fünf Ventilen das Dreifachhorn.

das Kolbenventil in seine Ausgangsstellung zurück. Um sicherzustellen, daß die Luftöffnung im Ventilkolben mit den Umwegstücken stets genau fluchtet, gleitet ein kleiner Ansatz an der Seite des Kolbens in einen Schlitz am Gehäuse.

Das Drehventil besteht aus einem trommelförmigen Drehkörper mit zwei hindurchführenden Luftöffnungen. Drückt man das Ventil, dreht es sich um 90° und leitet den Luftstrom durch das Umwegstück. Bei einigen Instrumenten überträgt eine Gelenkkurbel die Bewegung der Griffplatte auf den Drehkörper. Bei anderen Bauarten wird ein Seilzug verwendet. Der Drehkörper wird entweder durch eine Spiralfeder oder eine kleine, gekapselte Uhrfeder in seine Ausgangsstellung zurückgebracht.

Die Umwegstücke sind verstellbar, so daß jedes für sich

Rechts: Eine Dixielandgruppe, deren Blasinstrumente hier aus einer Trompete (Mitte) und zwei Holzblasinstrumenten (links ein Saxophon, rechts eine Klarinette) bestehen. Die hier abgebildete Dixielandgruppe spielt in der Stadt, aus der viele berühmte Jazzmusiker stammen, New Orleans im Süden der Vereinigten Staaten.

Unten: Drei Naturtrompeten aus dem 17. und 18. Jahrhundert, bevor Ventile üblich wurden. Diese Trompeten haben mehr spielbare hohe Töne als tiefe. Aus diesem Grunde wurden in der Musik jener Zeit, z.B. von Bach, nur die höheren Töne der Trompete in die Kompositionen mitaufgenommen.



PICTUREPOINT



STAATSBIBLIOTHEK BERLIN

Das Sousaphon ist eine von dem amerikanischen Komponisten John Philip Sousa entwickelte Bauart der Baßtuba. Das schraubenförmig gewundene Instrument, das in keiner amerikanischen Blaskapelle fehlt, umgibt den Bläser und ruht auf dessen Schulter.

Transponieren

Bei vielen Blasinstrumenten ist angegeben, in welcher Stimmung sie gebaut sind, also z.B. D-Trompete, F-Horn oder B-Posaune. Mit diesen Buchstaben sind die entsprechenden Tonarten gemeint, also D-Dur, F-Dur, B-Dur usw. Das bedeutet nicht etwa, daß solche Instrumente nur in dieser einen Tonart zu spielen sind. Selbstverständlich sind sie für jede Dur- oder Moll-Tonart geeignet.

Dieser etwas merkwürdig erscheinende Umstand beruht auf dem alten Brauch, den natürlichen Grundton vieler Blasinstrumente ohne Rücksicht auf dessen tatsächliche Höhe als C anzugeben. Dies ist der Grundton der aus zwölf Tönen — einschließlich der fünf Halbtöne — bestehenden chromatischen Tonleiter.

Instrumente, bei denen dies zutrifft, sind die transponierenden, d.h. hinübersetzenden Instrumente, weil die Notenschrift um jeweils den Abstand vom C höher oder tiefer zu schreiben ist, den die Stimmung angibt. Bei einer D-Trompete erklingt also das D, wenn C geschrieben steht, beim F-Horn das F, wenn C geschrieben steht usw. Da die jeweilige Grundtonreihe des Instrumentes also C-Dur gilt, ändern sich in der Notenschrift auch die Tonarten entsprechend. Ein Musikstück in D-Dur wird für die D-Trompete also in C-Dur geschrieben, für das F-Horn in A-Dur und für die B-Posaune in E-Dur.

Zu den transponierenden Instrumenten gehören fast alle Blechblasinstrumente, aber auch Holzblasinstrumente wie die Klarinetten und Saxophone. Es kann vorkommen, daß die Stimme eines Instrumentes in einer Orchesterpartitur nicht transponiert geschrieben ist. Dann muß der Bläser die Stimme seines Instrumentes selbst transponieren.

BLEI

Blei ist nicht nur das weichste und schwerste von allen gewöhnlichen Metallen, sondern auch leicht zu bearbeiten. Es ist ein guter Stromleiter und außerdem korrosionsbeständig. Kein Wunder also, daß es in 150 Industriezweigen Verwendung findet.

Verhüttet wird Blei bereits seit Tausenden von Jahren. Schon die Römer brauchten es für den Bau ihrer ausgedehnten Be- und Entwässerungsanlagen. Von dem lateinischen Begriff 'Plumbum' leitet sich das chemische Symbol (Pb) für Blei ab. Es ist ein bläulich-weißes Metall, das an der Luft eine dunklere, schützende Oxidschicht bildet. Seine Weichheit und Dehnbarkeit machten es zu einem kaum tragfähigen Material. Aber gerade die Leichtigkeit, mit der Blei bearbeitet werden kann, ist von großem Vorteil bei der Anwendung, wenn es auf seine ungewöhnlich hohe Resistenz gegen chemische Korrosion ankommt.

stätten für dieses Erz sind in Deutschland, Australien, Nord- und Mittelamerika sowie in Spanien. Vielfach wird es zusammen mit Zinksulfiden gefunden, die man Zinkblende nennt. Ihr chemisches Symbol ist ZnS. Die Zinkbestandteile haben Einfluß auf verschiedene Einzelheiten des Blei-Extraktionsprozesses.

Bleigewinnung

Die erste Stufe bei der Bleigewinnung ist die Aufbereitung des zerstoßenen Erzes durch Flotation, wobei die hohe Dichte des Bleiglanzes genutzt wird. Eine stärkere Konzentration erreicht man dann durch die Trennung des Galenits von jeglicher Zinkblende, indem man es in Wasser schwimmen läßt. Chemische Verbindungen wie zum Beispiel Xanthate werden dem Erz bei einer wäßrigen Aufschwemmung hinzugefügt; sie überziehen die einzelnen Bleiglanzpartikel, die dabei wasserabstoßend werden. Die so umhüllten Teilchen schwimmen auf der Flüssigkeit, vor allem, wenn sie durch die Bildung von Schaum unterstützt werden. Das von der Oberfläche im



AM & S EUROPE

Blei ist das Endprodukt einer Serie von radioaktiven Zerfallsprozessen, die mit dem radioaktiven Uranisotop ^{235}U beginnt. Blei ist stabil und nicht radioaktiv. Da die Zerfallsrate von Uran bekannt ist, kann man das Alter von uranhaltigem Gestein anhand seiner Anteile an Uran und Blei bestimmen.

Bleivorkommen

Bleivorkommen gibt es in Deutschland, den USA, Kanada, Australien, Mexiko, Afrika, Norwegen und Spanien. Normalerweise treten Blei und Zink gemeinsam auf.

In ungebundenem Zustand kommt Blei in der Natur nicht vor. Bleisulfat, Chromblei, Bleicarbonat und das Gelbbleierz sind zwar bekannt, doch das weitaus meiste Blei wird aus dem als Bleiglanz oder Galenit bekannten Sulfiderz gewonnen. Sein chemisches Symbol ist PbS. Die wichtigsten Lager-

Oben: In Lagerräumen, wie dem hier abgebildeten werden gewöhnlich mehrere Zehntausend Tonnen Bleikonzentrat gelagert, das zumeist in Sulfiden auftritt.

Flotationsbehälter abgeschöpfte Material enthält etwa 75% Bleisulfid, wobei seine Konzentration im Erz ursprünglich bei weniger als fünf Prozent liegen kann.

Bleiglanz mit Koks in einem Hochofen zu Blei zu reduzieren, ist nicht einfach. Aus diesem Grunde wird das Sulfid zunächst geröstet, um das viel leichter zu reduzierende Bleioxid zu erhalten. Der Röstvorgang wird unter genau kontrollierten Bedingungen ausgeführt, so daß es als Sinter erscheint. Dies sind Brocken eines zusammenhängenden, aber hochgradig porösen Stoffes, die den Ofen nicht verstopfen. Das geröstete und gesinterte Material enthält etwas ungebundenes Blei.

Das aus dem Hochofen gestochene Blei ist unter dem Namen Bleierz bekannt. Aus hochgradigen Erzen kann Blei durch das Rösten allein extrahiert werden, ein Verfahren, das schon die Römer anwendeten. Dieser Prozeß ist jedoch recht schwierig unter Kontrolle zu halten.

Raffination

Die erste Stufe der Raffination nennt man Entschlackung. Das geschmolzene Bleierz aus dem Hochofen wird auf einer Temperatur von etwa 400°C gehalten. Verunreinigungen, die nichtlösliche Oxide bilden, werden von der Oberfläche der Schmelze als Schlacke entfernt. Kupfer wird in diesem Stadium durch die Beigabe von Schwefel beseitigt, wobei es Kupfersulfid bildet, das als Flüssigkeit an die Oberfläche steigt. Wenn es bedeutsame Anteile an Arsen gibt, bildet sich eine zweite Schicht aus Arseneisen; sie enthält Verunreinigungen aus Kupfer.

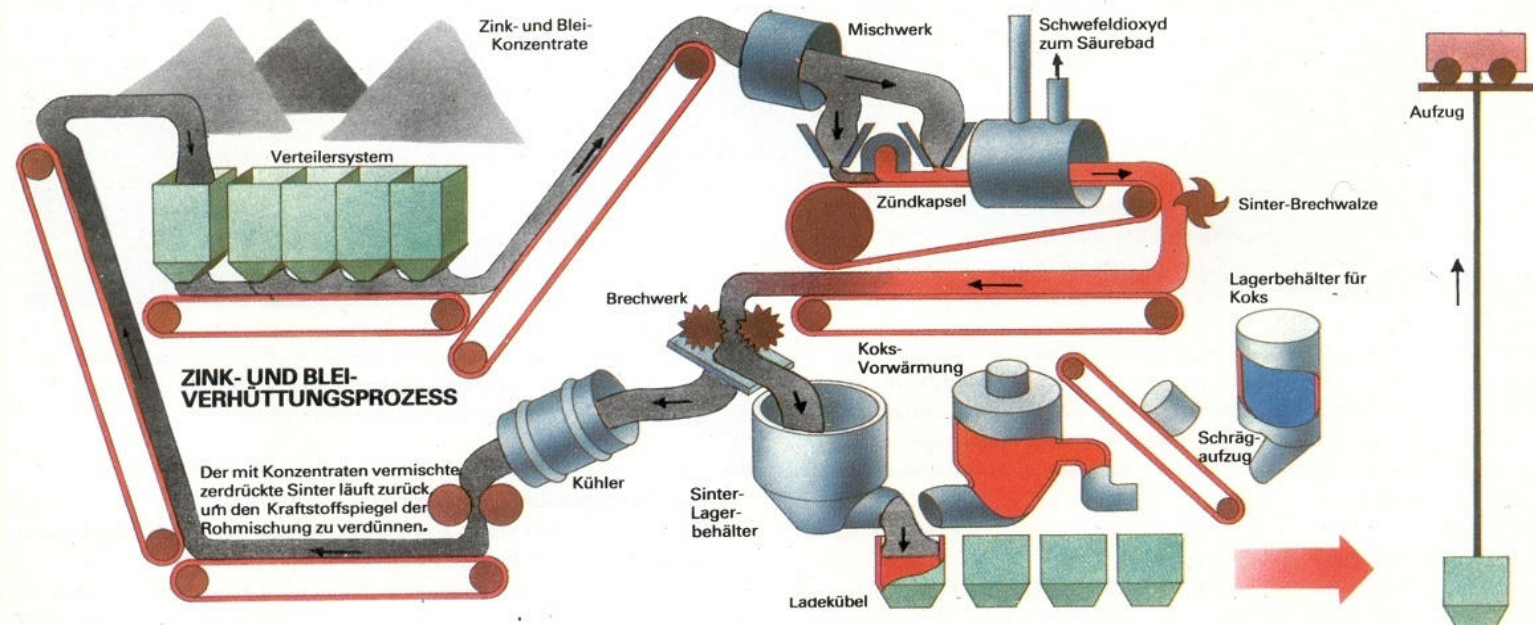
Auch nach dem Entschlacken enthält das Blei noch etwa 1,5% Verunreinigungen, vor allem Arsen, Antimon und Zinn. Schon diese Mengen reichen aus, das Blei für einige Anwendungsgebiete zu hart werden zu lassen. Bei einem weiteren Schritt im Reinigungsverfahren, dem Weichmachen, wird das geschmolzene Bleierz unter Zuführung von Luft mit Bleioxid (Bleischwemme) erhitzt. Die Verunreinigungen werden dabei oxidiert und bilden Schlacken, die in regelmäßigen Abständen von der Oberfläche des flüssigen Metalls geschöpft werden.

Eine verbreitete Verunreinigung in schon entschlacktem Bleierz ist Silber. Gewöhnlich kommt es in so großen Mengen vor, daß seine Entfernung äußerst lohnend ist. Silber wird normalerweise im Parkes-Verfahren extrahiert. Dabei wird dem Bleierz Zink hinzugefügt, und beide Metalle (in flüssigem Zustand vermischen sie sich nicht miteinander) werden in einem großen Kessel durchgerührt. Wegen seiner im Zink stark erhöhten Löslichkeit geht das Silber vom Blei zum Zink über, bis seine Konzentration im Zink dreihundertmal so hoch ist wie die im Blei.

Entsilbertes Blei enthält etwa ein halbes Prozent Zink, das durch die Oxidation mit Dampf oder Luft beseitigt werden kann. Dies geschieht entweder mit Chlorgas oder in einem



Oben: Eine Luftdruck-Langlochbohrung in einer Erzkammer — das Ausschachten des Erzes aus einer Ader. Der Bohrer kann



Oben: Ein vereinfachtes Arbeitsschema des Verhüttungsprozesses in der Zink- und Bleiherstellung aus vermischten Konzentraten. Die Konzentrate (Zinksulfid und Bleisulfid) werden zu entsprechenden Teilen gemischt und in der Luft auf-geheizt, damit sie sich in Oxid verwandeln. Der Anteil an

Schwefel wird entzogen und als Schwefeldioxid zur Herstellung von Schwefelsäure verwendet. Die sich anhäufenden Oxide werden zu Sinterstoff, welcher mit Kohle (in der Form von Koks) vermischt und in den Hochofen gefüttert wird. Im Hochofen werden die Oxide zu Zinkmetall Dampf und flüssigem



AM B-S EUROPE

Vakuumverfahren. Diese Verfahren führen dazu, daß in dem ansonsten reinen Blei nur noch das nicht störende Element Wismut verbleibt.

Eigenschaften und Verwendung von Blei

Blei wird bei der Herstellung von Glas (Bleikristall), Gummi und in der Bauindustrie verwendet.

Wegen seiner hohen Dichte ($11\,370\text{ kg/m}^3$) wurde Blei seit jeher für die Herstellung von Gewichten, Gegengewichten und als Ballast verwendet. Wegen seiner hohen Dichte ist es auch strahlungsundurchlässig. Deshalb setzt man es zur Abschirmung von ATOMREAKTOREN, Röntgengeneratoren und sonstigen Quellen von Gammastrahlen ein.

Blei hat eine hervorragende Widerstandsfähigkeit gegenüber Korrosion. Das ist ein wichtiger Faktor bei seiner Verwendung für Wasserrohre, bei Bedachungen und als Kabelschutz. In diesen Bereichen werden jedoch Plastikmaterialien bevorzugt, denn sie sind leichter und weniger anfällig für kriechende (langsame) Verformung. Vor allem aber in der chemischen Industrie bleibt Blei wegen seiner großen Resistenz gegenüber Schwefelsäure weit verbreitet.

Legierungen

Die mechanischen Eigenschaften des Bleis können durch die Bildung von Legierungen verbessert werden. Die am häufigsten beigefügte Substanz ist Antimon. Es wird in Konzentrationen von einem Prozent für Kabelummantelungen, bis zu acht Prozent für die Platten in Akkumulatoren (Autobatterien) und bis zu mehr als zehn Prozent in einer chemischen Anlage beigegeben. Die überragenden mechanischen Eigenschaften von Blei/Antimon-Legierungen sind zum Teil auf Ausscheidungshärtung zurückzuführen. Ihre volle Stärke wird nicht vor Ende eines Ablagerungsprozesses erreicht. Die Fähigkeit zur Härtung wird durch die Zugabe von kleinen Mengen Arsen erhöht. Bleischrot wird aus einer Legierung von 99,5% Blei und 0,5% Arsen hergestellt.

Wegen seines niedrigen Schmelzpunktes (327°C) ist Blei ein nützlicher Bestandteil von Lötlegierungen. Die Grundlage von Lötlegierungen sind Zinn und Blei. Sie können so gemischt werden, daß sie bestimmte Schmelztemperaturen haben und einen gewissen Spielraum bei der Verfestigung bieten.

Blei kann auch leicht gegossen werden. Die Beigabe von etwa 15% Antimon und 10% Zinn tritt der Tendenz des Bleis entgegen, sich beim Erstarren zusammenzuziehen. Diese Art der Legierung wird in der Druckindustrie verwendet. Blei ist auch einer der Hauptbestandteile von Lagerlegierungen. Dabei verhilft es dem Lager zu einer Verformbarkeit, die ihm die Anpassung auch an Laufunruhen des rotierenden Teils ermöglicht.

Eine sehr bekannte Legierung ist das aus 75% Blei und 25% Zinn bestehende Kannedzinn, das in der Schmuckindustrie verwendet wird.

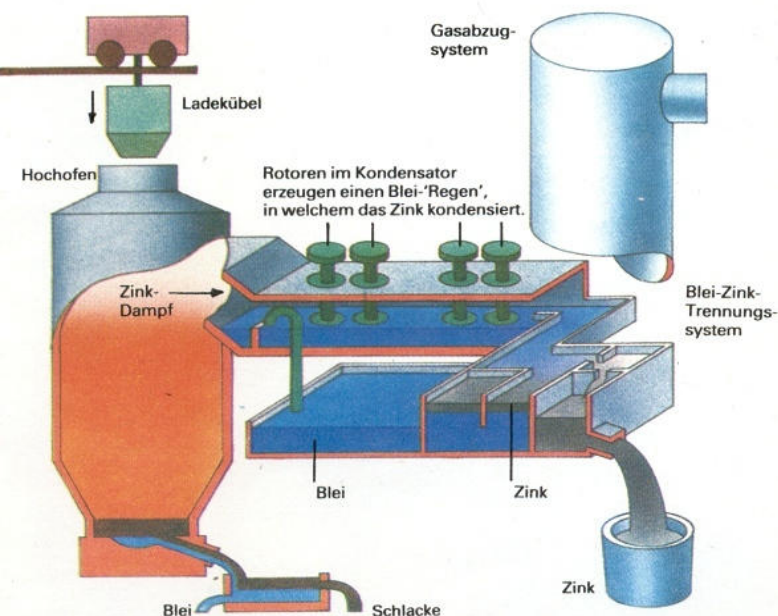
Bleiverbindungen

Bleiverbindungen werden als Pigmente für Rostschutzfarben verwendet. Weißes Blei (basisches Bleicarbonat) verwendet man für weiße Farbe. Sie wird hergestellt, indem man das hochgradig reine Metall in Essigsäure löst und es anschließend durch Kohlensäure ausfällt.

Auch Mennige (ein Bleioxid, Pb_3O_4) und das gelbe Bleichromat werden als Pigmente verwendet. Mennige wird als rote Bleifarbe benutzt, um Baustahl vor Rost zu schützen.

Weitere Bleiverbindungen von einiger Bedeutung sind Bleiazid, das explosiv ist und anstelle von Knallquecksilber als Zündmittel für den Sprengstoff TNT (Trinitrotoluol) verwendet werden kann, sowie Bleiarsenat, ein Insektenvertilgungsmittel.

auf Längen zwischen etwas mehr als 1,75 m und 26 m eingestellt werden.



Blei reduziert. Das Blei wird am Boden des Hochofens aufgefangen und der Zinkdampf wird in einem Bad von geschmolzenem Blei kondensiert. Hierbei bildet sich flüssiges Zink, welches, da es leichter ist, auf der Oberfläche schwimmt und leicht getrennt werden kann.

BLITZABLEITER

Blitzableiter können Blitze zwar nicht verhindern, sie ziehen aber die Blitzentladungen an und leiten sie zur Erde ab. Auf diese Weise können Ströme bis zu 20 000 A unschädlich gemacht werden.

Ein Blitz ist eine sichtbare elektrische Entladung zwischen entgegengesetzt und hoch aufgeladenen Regionen der Atmosphäre. Meistens bilden die Gewitterwolken vom Typ 'Cumulonimbus' die Kulisse. Jede Gewitterwolke besteht aus mehreren kleineren Wolken oder Gewitterzellen. Jede dieser Zellen wirkt wie ein Dynamo und erzeugt aus ihren gewaltigen inneren Luftströmungen elektrische Energie. So kann sich eine Gewitterzelle in etwa einer Stunde bis auf 50 Millionen Volt aufladen und einen Strom von einigen Ampere abgeben. Wird die Aufladung genügend hoch, dann bricht die Isolierung der Luft zusammen, und der Blitz schlägt über. Die Entladung beginnt zunächst in einer schmalen Zone und breitet sich dann schnell aus, wobei sie sich bis auf eine Länge von 1,5 km nach unten und oben verästelt.

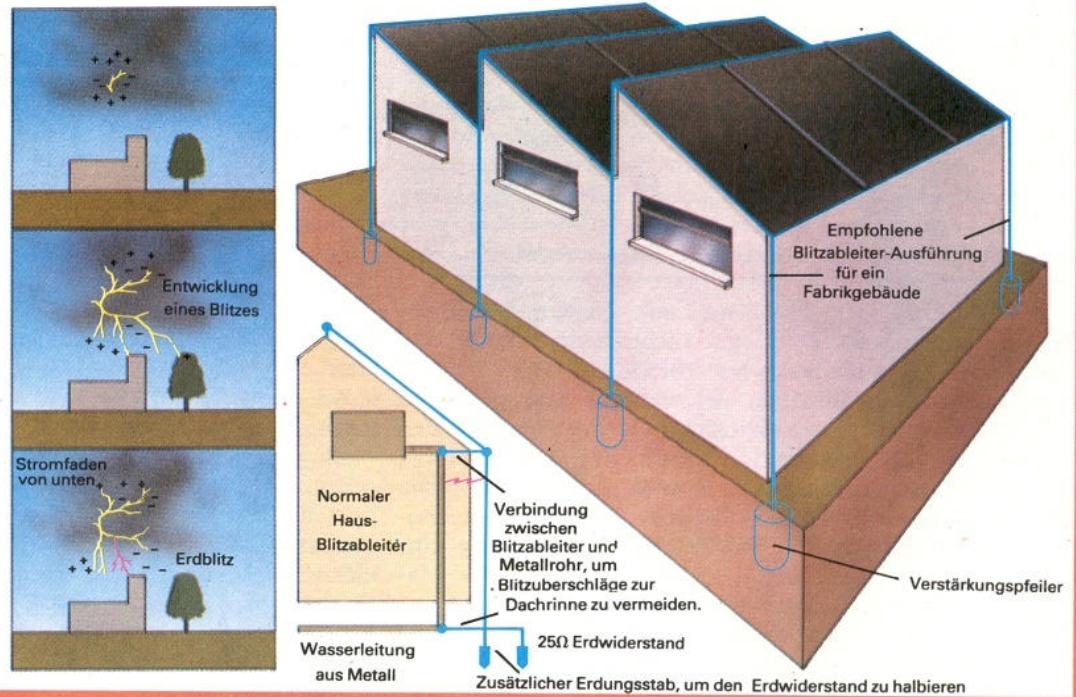
Einige Blitze erreichen den Erdboden. Elektrische Messungen haben ergeben, daß mehr als 90% dieser Erdblitze negative Ladungen transportieren. Die Kurzzeit-Fotografie machte nähere Einzelheiten des Blitzablaufes sichtbar. Danach entsteht zunächst ein Entladungskanal, der sich von der Wolke nach unten bahnt und sich dabei vielfach verästelt. Die Fortbewegung dieses Kanales erfolgt dabei nicht gleichmäßig, sondern in einer Reihe von Einzelschritten über jeweils etwa 50 m. Dazwischen liegen Pausen von etwa 50 Millionstel Sekunden; die Entladung hat nach wenigen Tausendstel Sekunden die Erdoberfläche erreicht. Vorher jedoch, wenn eine der Verästelungen sich auf etwa 100 m dem Erdboden genähert hat, springt ihr von unten ein Stromfaden entgegen und löst beim Zusammentreffen die volle Blitzentladung erst aus. Ein gewaltiger Stromstoß von üblicherweise 20 000 A schießt im Entladungskanal von unten nach oben, begleitet von einer extrem hellen Lichterscheinung und einem scharfen Donnerschlag, der durch die plötzliche Erhitzung der Luft zustandekommt. Der Stromfluß der Hauptentladung fällt zwar innerhalb von 100 µs (1 Millionstel Sekunde) auf wenige Zehntel Ampere, aber nach kurzen Pausen von etwa einer Zehntel Sekunde können Wiederholungen folgen, wobei nach jeweils neuer Regenerierung des Kanales von oben her dieser noch mehrmals von starken Stromstößen von unten durchflossen wird.

Wirkungsweise von Blitzableitern

Im Jahre 1753 erfand der amerikanische Philosoph, Staatsmann und Wissenschaftler B. Franklin (1706 bis 1790) den Blitzableiter in Form von hohen, spitzen, geerdeten Stäben, die auf Gebäuden angebracht werden. Nach seiner Vorstellung sollte mit dieser Vorrichtung eine darüber befindliche Gewitterwolke auf unschädliche Weise zur Erde hin entladen werden können. Heute weiß man jedoch, daß die Blitzableiter nicht genügend hohe elektrische Ladung aufbauen und weder den Blitz verhindern noch auslösen können. Ihre Wirkungsweise besteht vielmehr darin, die Erdblitze aufzufangen und den Stromfluß unschädlich zur Erde abzuleiten.

Ein einzelner, freistehender Blitzableiter wird jeden Blitz anziehen, der in einem gewissen Umkreis um ihn herum in die Erde einschlagen würde. Der Blitzableiter besitzt also einen bestimmten Anziehungsbereich. Dieser ist allerdings nicht konstant, sondern hängt von der Ladungsmenge im gebildeten Leitungskanal ab. Je größer diese ist, um so größer ist auch der Anziehungsbereich, da der vom Blitzableiter nach oben gerichtete Stromfluß auch um so früher beginnt. Der Anziehungsbereich von Blitzableitern beträgt bei Gebäuden, die





Links: Spektakuläre Aufnahme eines verästelten Blitzes.
Oben rechts: Typische Planzeichnungen für Blitzableiter, die sich für ein Wohnhaus genauso eignen, wie für eine kleine Fabrik oder ein Lagerhaus.

PICTUREPOINT

nicht höher als 60 m sind, und für Blitze mittlerer Stärke etwa 30 m. Dabei ist es gleichgültig, ob der Blitzableiter senkrecht oder horizontal angeordnet ist. Neuere Sicherheitsbestimmungen empfehlen Blitzableiter, die entlang von Dachfirsten und leicht zu beschädigenden Gebäudeteilen verlaufen, während für Flachdächer eine intervallartige Anordnung günstig ist.

Die Ableitung zur Erde

Eine oder mehrere elektrische Leitungen führen von den horizontal auf dem Dach angeordneten Fangleitungen zur Erde. Dafür wird der kürzeste Weg gewählt und jede unnötige Krümmung, die einen Blitzüberschlag begünstigen würde, vermieden. Die Abmessungen der Leitungen richten sich in erster Linie nach der mechanischen Festigkeit und Witterungsbeständigkeit und weniger nach der elektrischen Leitfähigkeit. Da nämlich die Blitzdauer so extrem kurz ist, erhitzen sich selbst dünnere Ableitungen trotz der hohen Stromstärken nur unwesentlich.

Erdung und Blitzüberschläge

Eine gute Erdung ist Voraussetzung für die vollständige Vernichtung des hohen Stromimpulses aus dem Blitz. Die Erdverbindung besteht gewöhnlich aus einem oder mehreren in den Boden getriebenen Metallstäben. Bei schlecht leitendem Bodenmaterial werden horizontal eingegrabene 'Ringerder' verwendet. Daneben sind weitere Vorsichtsmaßnahmen notwendig. So beträgt z.B. der Übergangswiderstand zwischen einem 2,5 cm dicken und 2 m tief eingeschlagenen Stab und einem gut leitenden Boden etwa 50 Ω (Ohm). Bei einem Blitzstrom von 20 000 A beträgt demnach der Spannungsabfall an der Erdung etwa 1 Million Volt. Diese Spannung liegt an der gesamten Blitzableiteranlage und kann zu Überschlägen auf das Gebäude führen, das sich auf Erdpotential befindet. Diese Blitzüberschläge sind besonders gefährlich, wenn die Ableitungen in der Nähe von metallischen und gesondert geerdeten Einrichtungen im Gebäude vorbeiführen. Blitzüberschläge werden vermieden, wenn der Erdungswiderstand möglichst klein gehalten wird und wenn zusätzlich die Blitzableitungen mit irgendwelchen gefährdeten metallischen Installationen wie Erdungs- und Wasserleitungen im Inneren der Gebäude elektrisch verbunden werden.



BLITZLICHTGERÄTE

Ein Blitzlichtgerät hat beim Fotografieren die Aufgabe, einen sehr hellen Lichtblitz von kurzer Dauer zu erzeugen. Dazu dient entweder eine nur einmal benutzbare Birne oder eine mit Gas gefüllte Röhre. Moderne Blitzlichtgeräte sind sicher, sehr leistungsfähig und haben als Stromquelle meist eine Trockenbatterie.

In der Frühzeit der Fotografie mit lichtempfindlichem Material verhältnismäßig geringer Lichtempfindlichkeit verwendete man für Aufnahmen bei schlechter Beleuchtung ein Magnesiumband als Blitzlicht. Es erzeugte zwar genügend Licht, aber auch viel Rauch. Blitzlichtpulver machte dann den Vorgang etwas zuverlässiger, war aber nicht minder explosiv. Es war Ende des 19. Jahrhunderts in Deutschland erfunden worden und bestand aus einer Mischung von Magnesiumpulver und Kaliumchlorat, das bei der Verbrennung eine große Menge Sauerstoff liefert. Durch Oxidation des Magnesiums entsteht sehr plötzlich ein heller Blitz.

Der Kameraverschluß wurde vor dem Abbrennen des Blitzpulvers geöffnet und danach wieder geschlossen. Dieses Verfahren kann ein Fotograf anwenden, der selbst kein Blitzgerät besitzt. Er läßt den Kameraverschluß mehrere Sekunden lang offen. Während dieser Zeit kann er das Blitzgerät einer zweiten Kamera dazu benutzen, das für die Aufnahme erforderliche Licht zu erzeugen.

Moderne Wegwerflampen

Die nur einmal zu verwendende Blitzlichtbirne wurde von J. Ostermeier erfunden. Sie gleicht einer Glühlampe, enthält jedoch Aluminiumfolie und Sauerstoff. Diese Mischung wird

durch einen elektrischen Strom aus einem Trockenelement entzündet und ergibt ein sehr helles Licht. Moderne Blitzlampen sind mit Sauerstoff gefüllt und enthalten Aluminium-, Magnesium- oder Zirkondraht, einen Wolfram-Glühfaden und ein aus einer Phosphorverbindung bestehendes Kügelchen. Als Stromquelle dient eine Batterie, die oft mit einem Kondensator-Stromkreis verbunden ist. Dieser wird durch Verbindung mit dem Kameraverschluß vervollständigt. Der Batteriestrom erhitzt den Glühfaden. Dadurch entzündet sich die Phosphorverbindung des Kügelchens, und es entsteht die für die Auslösung der Oxidation zwischen Draht und Sauerstoff notwendige Hitze. Der Lampenkolben ist innen und außen lackiert, um das Risiko des Zerspringens möglichst gering zu halten.

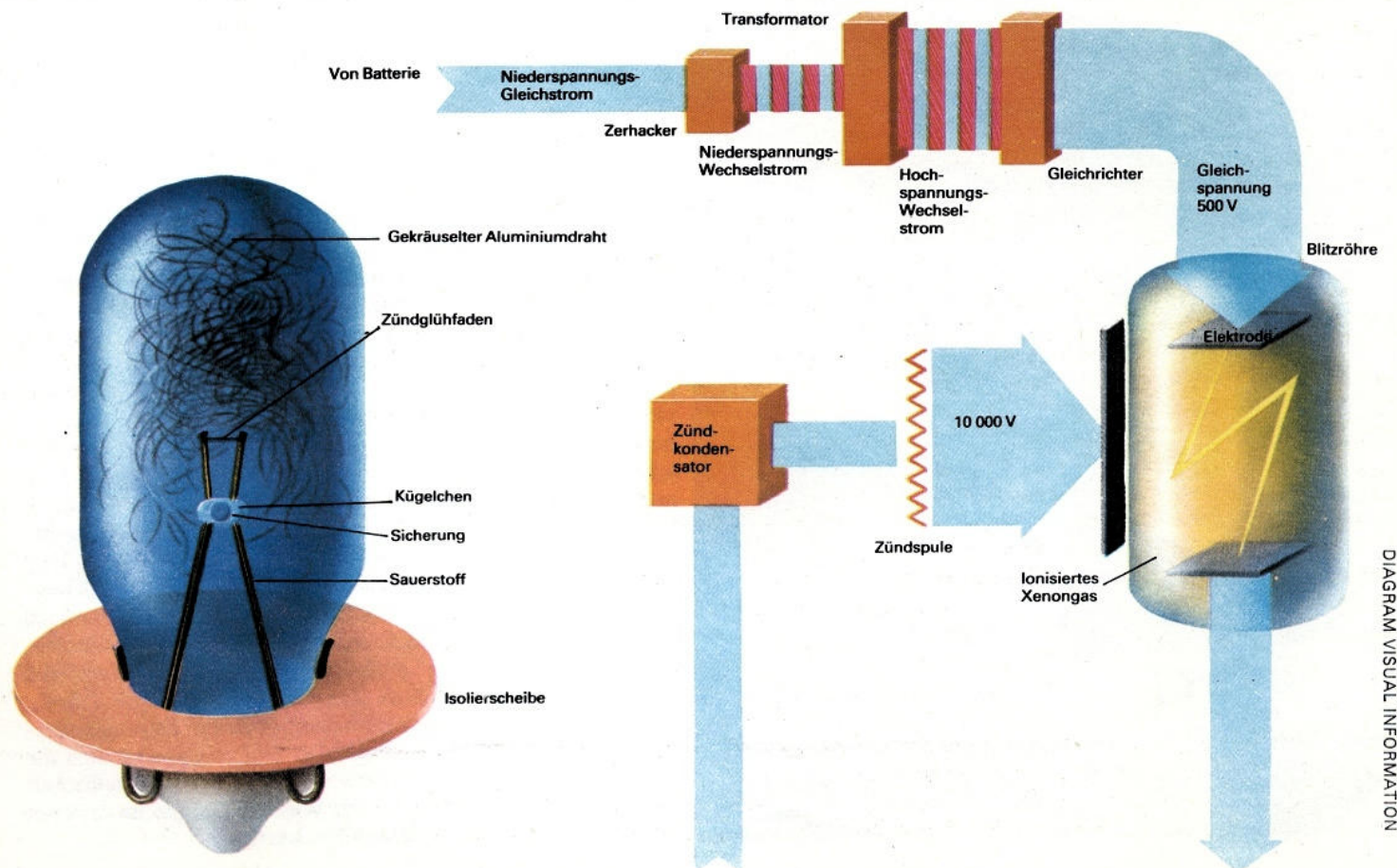
Blitzlampen für Farbfilm sind mit einem blauen Lack versehen. Das Licht, das sie erzeugen, hat daher eine dem Tageslicht ähnliche Farbe. Blitzwürfel, die in einem würfelförmigen Kunststoffkörper vier Blitzlampen enthalten, werden oft nicht elektrisch, sondern durch einen einer Springkapsel ähnlichen Schlagzünder gezündet. Dazu dient ein federbelasteter Stift im Kameragehäuse zur Halterung.

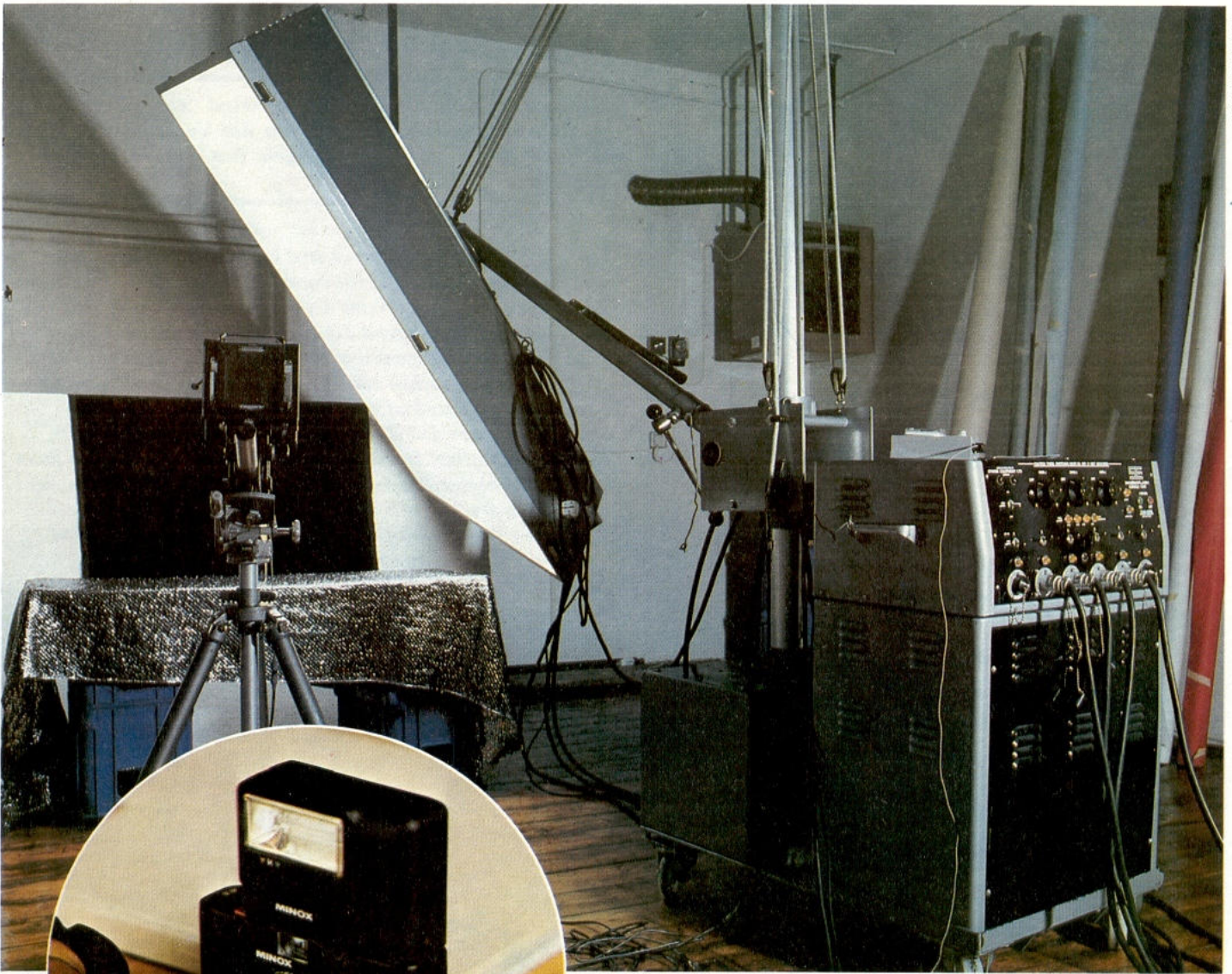
Elektronenblitz

Die elektronische Entladungslampe, eine Erfindung Harold Edgertons vom Massachusetts Institute of Technology, bildet die Grundlage des Elektronenblitzes. Unter Hochspannung stehende elektrische Energie wird durch eine Röhre aus gehärtetem Glas oder Quarz entladen, die ein Edelgas wie Xenon oder Krypton enthält. Während der Entladung wird das Gas ionisiert, wodurch es elektrisch leitend wird. Der Blitz entsteht durch eine noch größere Entladung, während das Gas in diesem ionisierten Zustand steht.

Bei kleinen Batteriegeräten kann die Betriebsspannung nur 150 V Gleichstrom betragen, sie erzeugt einen Blitz von 1/200 s Dauer. Größere Studiogeräte haben oft Netzanschluß und arbeiten mit 7 000 V Gleichstrom oder mehr. Die Blitzdauer

Unten: Ein kurzer, über die Blitzkontakte in der Kamera gehender Stromstoß zündet das Kügelchen und den Draht.





ZEFA

Modernes 5 000-Joule-Blitzlicht für Berufsfotografen. Es produziert weiches (tageslichtähnliches) Licht und eignet sich ebenso gut für Stilleben- wie auch Portraitaufnahmen. Das Nebenbild zeigt eine Minox 35-mm-Kleinbildkamera mit einem Blitzlichtgerät kaum größer als ein Zündholzpackchen.

beträgt etwa $1/1000$ s. Für Hochgeschwindigkeitsfotografie beträgt die Blitzdauer manchmal weniger als eine Mikrosekunde (1 Millionstel Sekunde).

Blitzsynchronisation

Bei Blitzlampen besteht ein geringer Zeitverzug von meist 15 ms bis 25 ms zwischen der Herstellung des Kontaktes und dem Augenblick, in dem das Licht seine größte Helligkeit erreicht. Um sicherzustellen, daß der Blitz dann entsteht, wenn der Verschluss voll geöffnet ist, besteht ein Zeitverzug von 16 ms zwischen Kontaktherstellung und Öffnung des Verschlusses. Man nennt dies M-Synchronisation und erzielt sie mit Hilfe eines Rädergetriebes zwischen dem Verschlussauslöser und dem Verschlussmechanismus, um die Öffnung des Verschlusses zu verzögern, wenn Blitzlampen verwendet werden.

Im Unterschied zu Blitzlampen haben Elektronenblitze keinen Zeitverzug zwischen Kontaktherstellung und Blitz. Aus diesem Grunde wird die X-Synchronisation angewendet. Der Blitz entsteht, sobald der Verschluss offen ist.

Schätzung der Belichtungszeit

Will man blitzen, wird die Verschlussgeschwindigkeit ohne Rücksicht auf die Verschlusseinstellung praktisch gleich der Blitzdauer. Die Belichtungszeit berechnet man nur auf der Grundlage der Objektivöffnung, und man benutzt Leitzahlen zur Berechnung der richtigen Öffnungszahl. Diese ist gleich der Leitzahl für die benutzte Filmart geteilt durch den Abstand des aufzunehmenden Gegenstandes von der Kamera.

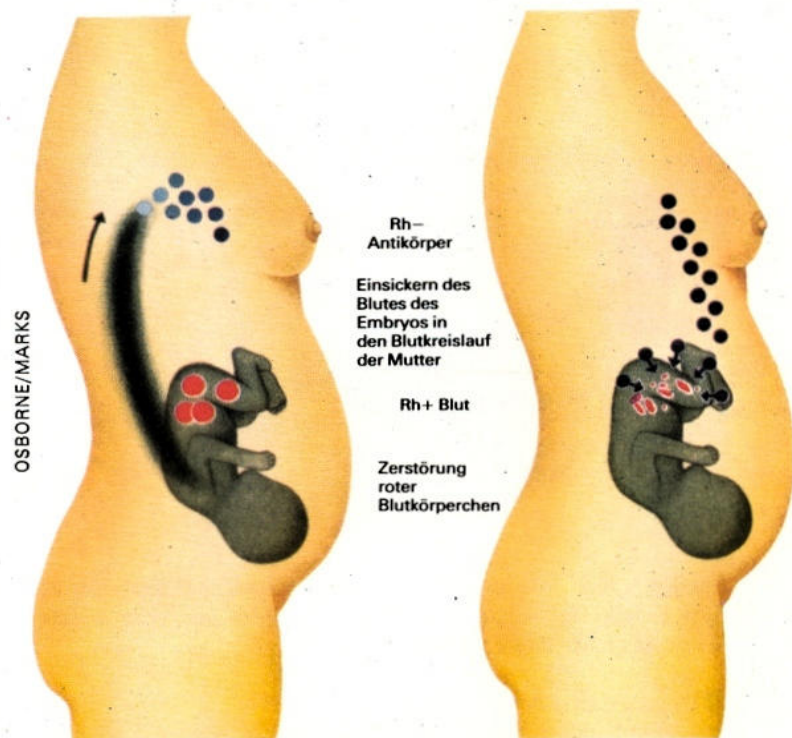
Bei den neuesten Elektronenblitzen ist diese Berechnung nicht erforderlich, denn sie steuern die Blitzdauer so, daß sie der Öffnungseinstellung an der Kamera entspricht. Dies geschieht durch Messung des während der Blitzdauer vom aufzunehmenden Gegenstand zurückgeworfenen Lichtes durch eine Fozelle. Der Blitzstromkreis wird durch einen Thyristor gesteuert. Die Fozelle arbeitet so, daß sie den Thyristorstromkreis schaltet, um den Blitz zu löschen, wenn die Menge des zurückgeworfenen Lichtes einen bestimmten Wert erreicht hat.

Diese Systeme sind so gebaut, daß sie die richtige Belichtungszeit ergeben, wobei es nicht darauf ankommt, wie weit der aufzunehmende Gegenstand von der Kamera entfernt ist. Die Blitzdauer dieser computergestützten Geräte geht von $1/250$ s bis herunter zu $1/40\,000$ s bei voller Löschung.

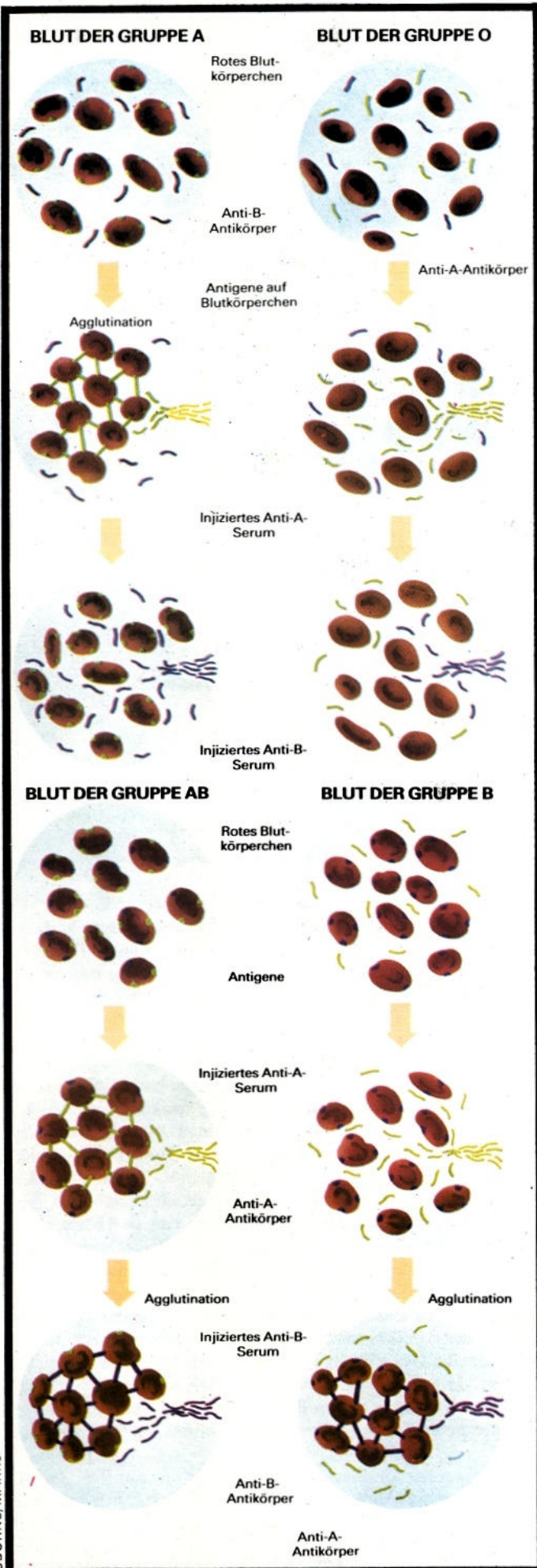
BLUTGRUPPENBESTIMMUNG

Die Blutgruppenbestimmung wird vor einer Bluttransfusion vorgenommen, um die Verträglichkeit des Spenderblutes mit demjenigen des Patienten sicherzustellen.

Unten: Die Rhesus-Faktoren sind besonders wichtig während der Schwangerschaft, speziell dann, wenn eine Rh- Mutter ein Rh+ Kind empfängt. Wenn die Blutkreisläufe der Mutter und des Kindes — die während der Schwangerschaft durch die Plazentamembranen voneinander getrennt sind — sich bei der Niederkunft vermischen und eine kleine Menge des Blutes des Kindes in den Kreislauf der Mutter gerät, kann ihr Blut Antikörper gegen den Rhesus-Faktor bilden. Die Mutter ist damit sensibilisiert: Bei nachfolgenden Schwangerschaften kann sie Rh-Antikörper bilden, welche die roten Blutkörperchen des Embryos angreifen. Das äußerst giftige Pigment, das bei der Zerstörung der Blutkörperchen frei wird, kann das Nervensystem des Kindes angreifen und dauernde Hirnschäden hervorrufen; das Kind kann auch tot geboren werden oder bei der Geburt an Herzversagen wegen akuten Blutmangels sterben. Langsame Austauschtransfusionen von jeweils wenigen Millilitern können jedoch etwa 95% der betroffenen Babies retten, und die Mutter kann dann innerhalb von 72 Stunden nach jeder Niederkunft mit massiven Dosen Anti-D-Gammaglobulin desensibilisiert werden.



Links: Reaktionen, die durch die Mischung von Blutkörperchen und Sera verschiedener Blutgruppen entstehen. Im Blutserum vorhandene Antikörper verbinden sich mit den Antigenen auf den roten Blutkörperchen anderer Blutgruppen, wodurch eine Agglutination hervorgerufen wird. Serum der Gruppe O enthält Anti-A- und Anti-B-Antikörper, so daß sie die Blutgruppen A, B und AB agglutinieren. Die Gruppe O hat jedoch keine Antigene auf den roten Blutkörperchen und unterliegt bei der Zugabe eines Serums keiner Veränderung. Serum der Blutgruppe A wird Blut der Gruppe B agglutinieren und umgekehrt. Beide agglutinieren die Gruppe AB. Serum der Gruppe AB besitzt keine Antikörper.



Die grundlegenden Arbeiten über die Blutgruppen stammen von dem Wiener Wissenschaftler Karl Landsteiner (1886 bis 1943). Er hat festgestellt, daß beim Mischen der roten Blutkörperchen einer Person mit dem Serum einer anderen die roten Blutkörperchen sich manchmal zusammenklumpen. Serum ist eine klare Flüssigkeit, die übrigbleibt, wenn das Blut gerinnt. Es ist, anders ausgedrückt, Plasma ohne die chemischen Stoffe, die die Blutgerinnung hervorrufen. Der Grund dieser Verklumpung (bekannt als Agglutination) ist die Anwesenheit bestimmter chemischer Stoffe auf der Oberfläche der roten Blutkörperchen und im Plasma, die miteinander eine Reaktion eingehen.

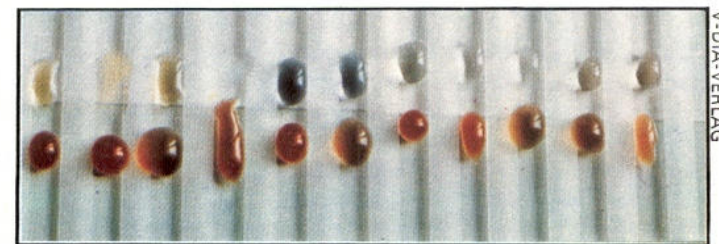
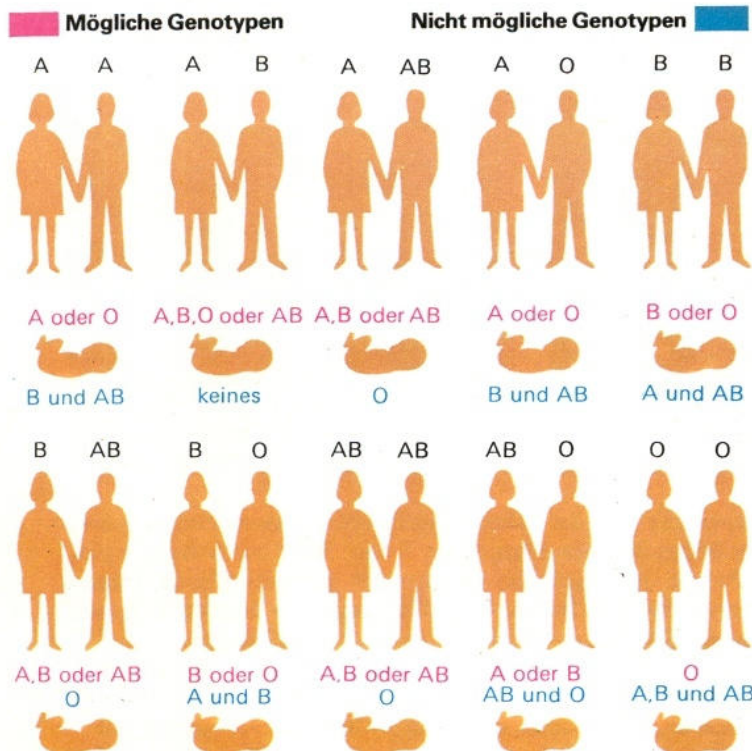
Jedes rote Blutkörperchen hat eine dünne Hülle. Die chemischen Stoffe in dieser Hülle sind von Person zu Person verschieden. Zwei der wichtigsten sind bekannt als die A- und B-Antigene. Der Mensch erbt das Vorhandensein oder Fehlen dieser Substanzen von den Eltern. Menschen, die allein das



MICHAEL HOLFORD

Oben: Eine Blutprobe des Patienten wird mit Hilfe spezieller Serumproben eingestuft. Unverträgliches Serum läßt die roten Blutkörperchen gerinnen.

Unten: Das ABO-System der Blutgruppenbestimmung, das 1900 von Karl Landsteiner entdeckt wurde. Die Blutgruppen teilt man nach den Varianten der chemischen Stoffe ein, die sich in der dünnen Hülle der roten Blutkörperchen befinden und als Antigene wirken. Die Blutgruppe eines Kindes wird durch diejenigen seiner Eltern bestimmt. Die Tafel zeigt sowohl die Blutgruppe, die das Kind wahrscheinlich durch Erbübertragung erhält, als auch die Blutgruppen, die nicht eintreten können.



V.-DIA-VERLAG

Oben: Der Ansatz zur Blutgruppenbestimmung hat grundsätzlich so zu erfolgen, daß die Serumeigenschaften mit Testblutkörperchen und die Blutkörpercheneigenschaften mit Testserum bestimmt werden. Das Testserum A ist gelb, das Testserum B ist blau gefärbt. Die Abbildung zeigt Tropfen von Serum und Blutkörperchenanschwellung vor der Vermischung.



Links: Das Rh- System ist das zweite Hauptsystem und wird durch die dominanten Rh-, Rh+ und rezessiven Gene bestimmt. Dieses System wurde im Jahre 1940 von Landsteiner entdeckt. Es sind acht verschiedene, als Rh+ und Rh- klassifizierte Rh+ Genotypen möglich.

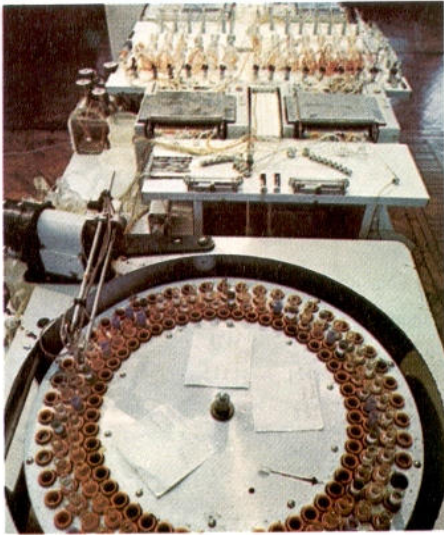
A-Antigen haben, gehören zur Blutgruppe A; diejenigen, die nur das B-Antigen haben, gehören zur Blutgruppe B. Eine kleine Zahl von Menschen hat beide Antigene, und sie werden daher zu der Blutgruppe AB gerechnet. Ein größerer Prozentsatz der Menschen besitzt keines dieser Antigene: Er wird in die Blutgruppe O eingestuft.

Die Blutgruppen werden bestimmt, indem die Reaktion einer Blutprobe auf bekannte Typen von Plasma oder Serum getestet wird. Die im Plasma befindlichen Antikörper, die nur darauf warten, fremde Eindringlinge, wie zum Beispiel Krankheitskeime, anzugreifen und zu neutralisieren, sind auch darauf eingestellt, jede in das Blut gelangende Substanz zu erkennen und anzugreifen, die aus einem fremden Eiweiß

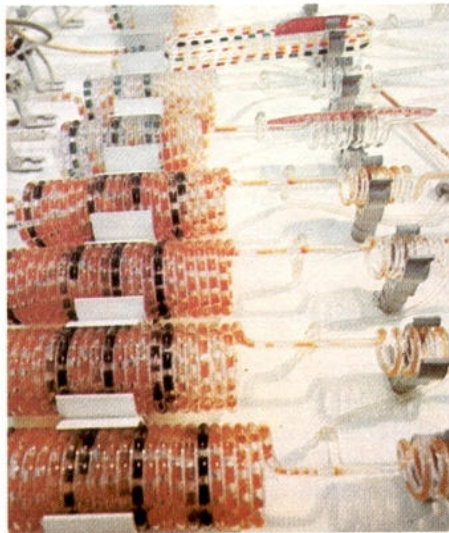
besteht. Diese gleiche Reaktion bewirkt auch die Abstoßung übertragener Organe. Der Körper betrachtet das Transplantat als einen 'fremden Eindringling' und greift ihn an.

Antikörper

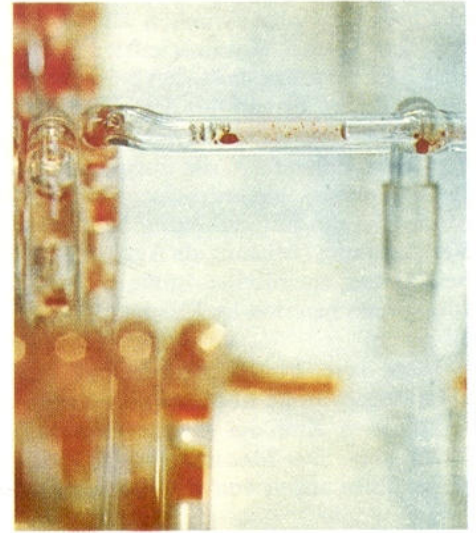
Im Plasma schwimmen spezielle Antikörper, die mit den Antigenen auf der Hülle der roten Blutkörperchen eine Reaktion eingehen. Diese Substanzen sind bekannt als die Anti-A- und Anti-B-Antikörper. Natürlich hat niemand Antikörper gegen sein eigenes Blut, weil die Antigen-Antikörperreaktion nicht nur bewirkt, daß sich die roten Blutkörperchen zusammenballen, sondern auch in der Lage ist, diese völlig zu zerstören. Im Plasma der Menschen mit Blutgruppe A



Oben: Ein automatisches Blutgruppenbestimmungsgerät mit einer Probenschale im Vordergrund. Sonden entnehmen der Probenschale Proben von Plasma und roten Blutkörperchen zur automatischen Analyse.



Oben: Das Bestimmungsgerät hat 15 Kanäle; in jedem dieser Kanäle werden die Proben durch eine reinigende Kochsalzlösung und jede zehnte Probe durch einen grünen Farbstoff isoliert.

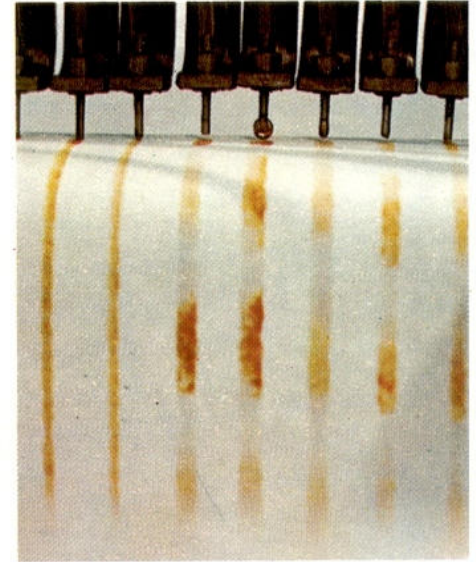
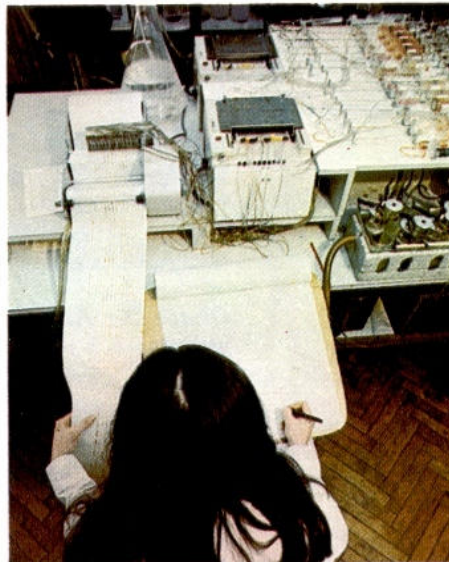


Oben: Proben, die eine Agglutination (d.h. die Verbindung von Antikörpern und Antigenen, die die Identifizierung der Proben ermöglicht) mit positivem Ergebnis zeigen.

Rechts aussen: Der Registrierapparat besteht aus einer Rolle Filterpapier, die sich mit konstanter Geschwindigkeit dreht. Das Papier saugt die Blutproben auf, und diese Aufzeichnung wird sechs Jahre lang aufbewahrt.

Rechts: Ein Laborant liest die Testergebnisse und trägt sie in ein Spenderblatt (oder Blutblatt) ein.

Unten: Blutprobeneinheiten werden bei einer Temperatur von 4°C bis 6°C gelagert, bis sie — z.B. bei Unfällen — benötigt werden. Blut kann ca. 3 Wochen (Ablaufzeit) gelagert werden.



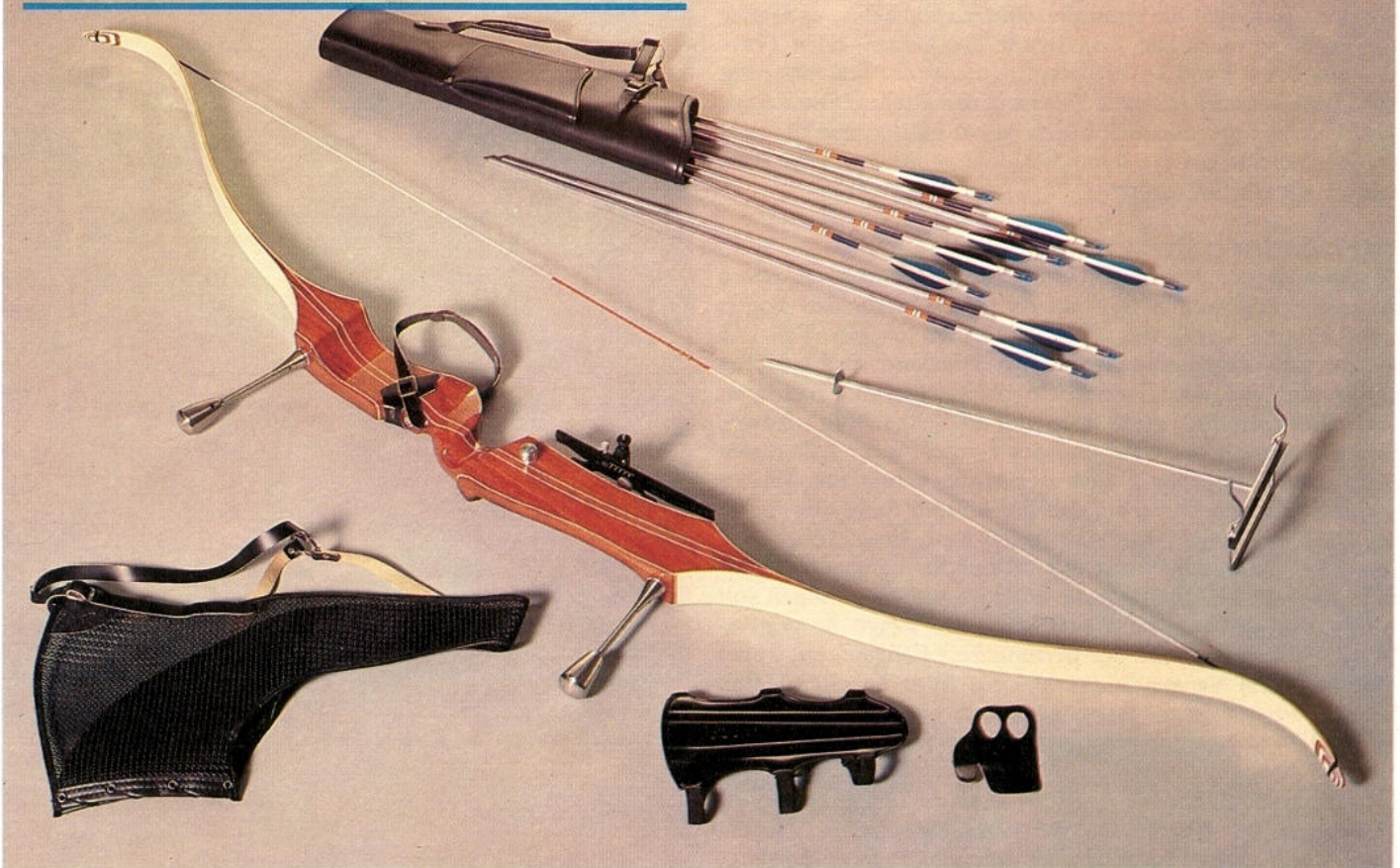
schwimmt nur der Anti-B-Antikörper. Entsprechend haben die Menschen der Blutgruppe B nur den Anti-A-Antikörper, während diejenigen der Gruppe AB in ihrem Plasma keinen der Antikörper haben. Die Blutgruppe O besitzt hingegen sowohl die Anti-A- als auch die Anti-B-Antikörper.

Die häufigste Blutgruppe ist die Blutgruppe O, auf diese folgt die Blutgruppe A. Während die Blutgruppe B in Europa selten ist, findet man sie in Asien häufiger vor als die Blutgruppe A.

Die Methode, die zur Bestimmung der Blutgruppe angewendet wird, ist ziemlich einfach. Mit Hilfe einer ZENTRIFUGE werden rote Blutkörperchen aus dem Blut genommen und mit Antisera gemischt, die Antikörper enthalten. Anschließend wird das Eintreten oder das Ausbleiben der Agglutination beobachtet. Hierfür können vergleichsweise einfache Geräte verwendet werden, wie zum Beispiel eine Reihe von Reagenzröhrchen, Objektträgern oder Platten mit Vertiefungen für die Flüssigkeit. Die Antisera erhält man durch wiederholte Überimpfung von Blut — sein Antigen ist bekannt — in Tiere oder freiwillige Versuchspersonen. Diese reagieren, indem sie den entsprechenden Antikörper produzieren. Das Serum der auf diese Weise immunisierten Tiere oder Menschen wird dann isoliert und für die Blutgruppenbestimmung verwendet.

BOGEN

Der Bogen ist die älteste Form gespeicherter Energie und zugleich die älteste eigentliche Schußwaffe, die vermutlich schon vor 15 000 bis 30 000 Jahren verwendet wurde.



In seiner einfachsten Form besteht der Bogen aus einem elastischen Stab aus Holz, Horn oder Knochen, der sich zu den Enden hin verjüngt. Zur Befestigung der Sehne dienen am Ende des Bogenstabes Kerben, Löcher oder aufgesetzte Knäufe. Als Material für die Bogensehne eignen sich Darm, Pflanzenfasern, Haar, daneben auch tierische oder pflanzliche Sehnen. Aus nur einem Material, z.B. einem Holzstab, hergestellte Bogen nennt man 'einfache' Bogen im Gegensatz zu den 'zusammengesetzten' Bogen, die aus mehreren Schichten desselben Materials oder auch aus verschiedenen Materialien, z.B. Holz, Horn und Sehnen, die zur Erzielung einer besseren Elastizität miteinander verleimt sind, zusammengesetzt sein können ('Kompositbogen').

Die Länge eines Bogens kann weniger als 1 m, aber auch über 2 m betragen. Der kurze Bogen ließ sich sehr viel besser vom Pferderücken aus abschießen, und man sagt, daß solch ein kurzer Bogen ('Türkischer Bogen') mit einer angeblichen Reichweite von 500 m für den militärischen Erfolg der Türken im späten Mittelalter verantwortlich war. Die Reichweite des 'Türkischen Bogens' soll die des berühmten englischen 'Langbogens', der etwa 1,50 m bis 1,80 m lang war und mit dem man auf eine Entfernung von 300 bis 400 Schritt noch genau treffen konnte, bei weitem übertroffen haben.

Die Wirksamkeit des einfachen Stabbogens findet ihre Grenze in der Stärke der Arme des jeweiligen Bogenschützen. Um dem Pfeil eine größere Durchschlagskraft zu verleihen, wurde die 'Armbrust' entwickelt, die mit Hilfe eines Spannhakens (Hebels) oder einer Kurbelwinde gespannt wurde. Obwohl man dadurch eine schlagkräftigere Waffe erhielt, wurde dieser Vorteil durch die vergleichsweise geringe

Oben: Ein moderner Bogen zum sportlichen Zielschießen. Der Bogen wurde aus laminiertem Hartholz hergestellt und ist mit Doppelstabilisator und Visier versehen. Die Pfeile werden aus Aluminium gefertigt und haben Kunststoffbefiederung.

Ladegeschwindigkeit wieder wettgemacht. Der Langbogen konnte etwa fünf- bis sechsmal schneller wieder abgeschossen werden, war einfacher in der Anwendung und Bauweise und kostete etwa drei- bis fünfmal weniger als eine Armbrust.

Der Langbogen

Der Langbogen, der seinen Ursprung in Wales zu haben scheint, wurde in der Mitte des 13. Jahrhunderts erstmals in großem Umfang in England als Waffe eingesetzt und leistete in Kriegszeiten gute Dienste, bis er im 16. Jahrhundert von den Feuerwaffen verdrängt wurde. Im übrigen Europa allerdings wurde der englische Langbogen nie heimisch; dort bevorzugte man die Armbrust. Als Beispiel hierfür mögen der Langbogen von Robin Hood und die Armbrust von Wilhelm Tell gelten.

Als bevorzugtes Material verwendete man für den englischen Langbogen spanisches Eibenholz, daneben auch Haselnuß-, Eschen- und Ulmenholz, wobei ein Eibenholzbogen als besonders wertvoll galt.

Die Bogensehnen bestanden aus gedrehtem und mit Bienenwachs überzogenem Flachs und waren an ihren Enden gelegentlich mit Leder o.ä. verstärkt. Als geeignetes Material für die Pfeile waren um die Mitte des 16. Jahrhunderts nicht weniger als 15 verschiedene Holzarten bekannt. Bis zum 19. Jahrhundert hatte sich jedoch das Holz der Rotkiefer als

das am häufigsten gebrauchte Material durchgesetzt. Die für den Langbogen verwendeten Pfeilspitzen bestanden im wesentlichen aus Eisen oder Stahl, wobei sich drei Grundformen unterscheiden ließen: breite, stumpfe (aus Holz) und gabelförmige Bewehrungen, bei denen die Widerhaken nach vorne zeigten. Der breite Pfeilkopf war am ehesten ein Allzweckkopf, während die gabelförmigen Spitzen zur Jagd auf Großwild und Vögel im Flug und die stumpfen Spitzen für kleineres Getier verwendet wurden. Die Befiederung aus Gänse- oder Trutzhahnfedern am Ende des Pfeilschaftes diente der Stabilisierung der Flugbahn und besseren Führung des Pfeiles. Die Länge der Pfeile, die ursprünglich bis zu 90 cm betrug, war bis zum 19. Jahrhundert auf etwa 70 cm reduziert worden, eine auch heute noch gängige Größe.

Verwendung des Langbogens

Zuerst muß der Bogen gespannt werden, wobei das obere Ende der Bogensehne (die entspannt ist, wenn der Bogen nicht benutzt wird) von den Kerben im oberen Teil des Bogenarmes aufgenommen wird. Anschließend wird ein Pfeil direkt oberhalb des Bogengriffes eingelegt; die Kerbe in seinem unteren Ende greift dabei um die Sehne. Nun wird der Bogen gespannt; der erste und der zweite Finger halten den Pfeil und die anderen Finger ziehen die Sehne aus. Früher spannte man den Bogen so, daß das hintere Ende des Pfeiles auf Ohrhöhe des Schützen zu liegen kam, heute führt man den Pfeil gewöhnlich nur bis Kinnhöhe. Das 'Gewicht' eines Bogens, d.h. die Kraft die nötig ist, um einen Bogen voll zu spannen, ist heute im wesentlichen eine Frage des persönlichen Geschmacks und der persönlichen Fähigkeiten, wobei man auch den Verwendungszweck im Auge behalten sollte. Schwere amerikanische Jagdbogen haben ein Gewicht von bis zu 500 N und eine entsprechend enorme Durchschlagskraft.

Die Armbrust

Eine Armbrust besteht aus den drei Hauptteilen: Bogen, Säule und Einrast- bzw. Abzugsvorrichtung. Der ursprünglich aus Holz oder aus einem Laminat aus Holz, Horn und Sehnen bestehende Bogen wurde später im Westen aus Stahl gefertigt. Der Bogen war mit der Säule (auch 'Schaft') verbunden, bei der eine über die ganze Länge laufende Rinne der Führung des eisenbewehrten Bolzens (Pfeiles) diente. Einmal



Ein Bogenschieß-Wettbewerb. Die Zielscheiben haben einen Durchmesser von 128 cm. Sie werden aus gepreßtem Stroh, das mit Leinwand und Nylon überzogen wird, hergestellt.

PICTUREPOINT

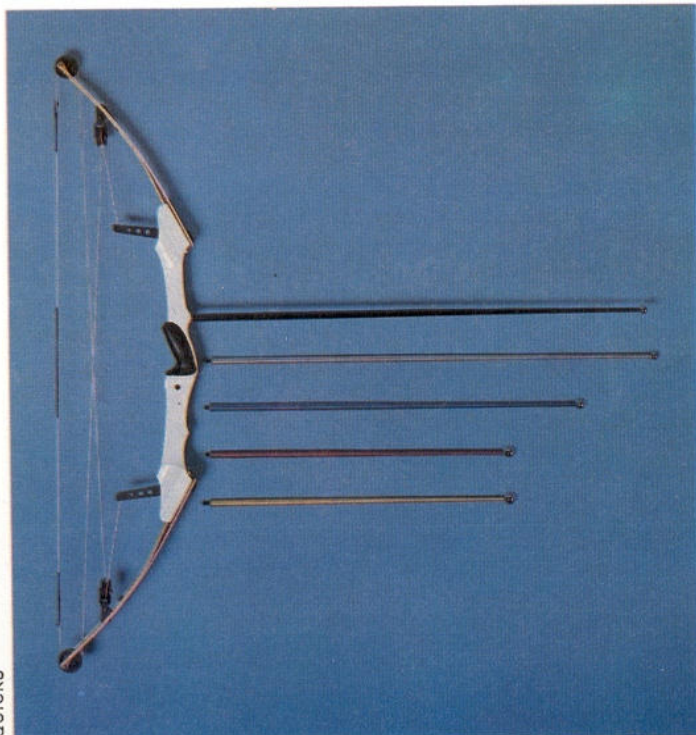
gespannt, kann die Armbrust immer wieder nachgeladen werden.

Ursprünglich war die Armbrust nicht die leichte Handwaffe, wie sie im Mittelalter gebräuchlich war, sondern ein schweres, fest montiertes Geschütz (Stand-Armbrust). Obwohl schon die alten Römer sie kannten, kam die Armbrust als Handwaffe in Europa erst zur Zeit der Kreuzzüge im 12. Jahrhundert häufiger vor.

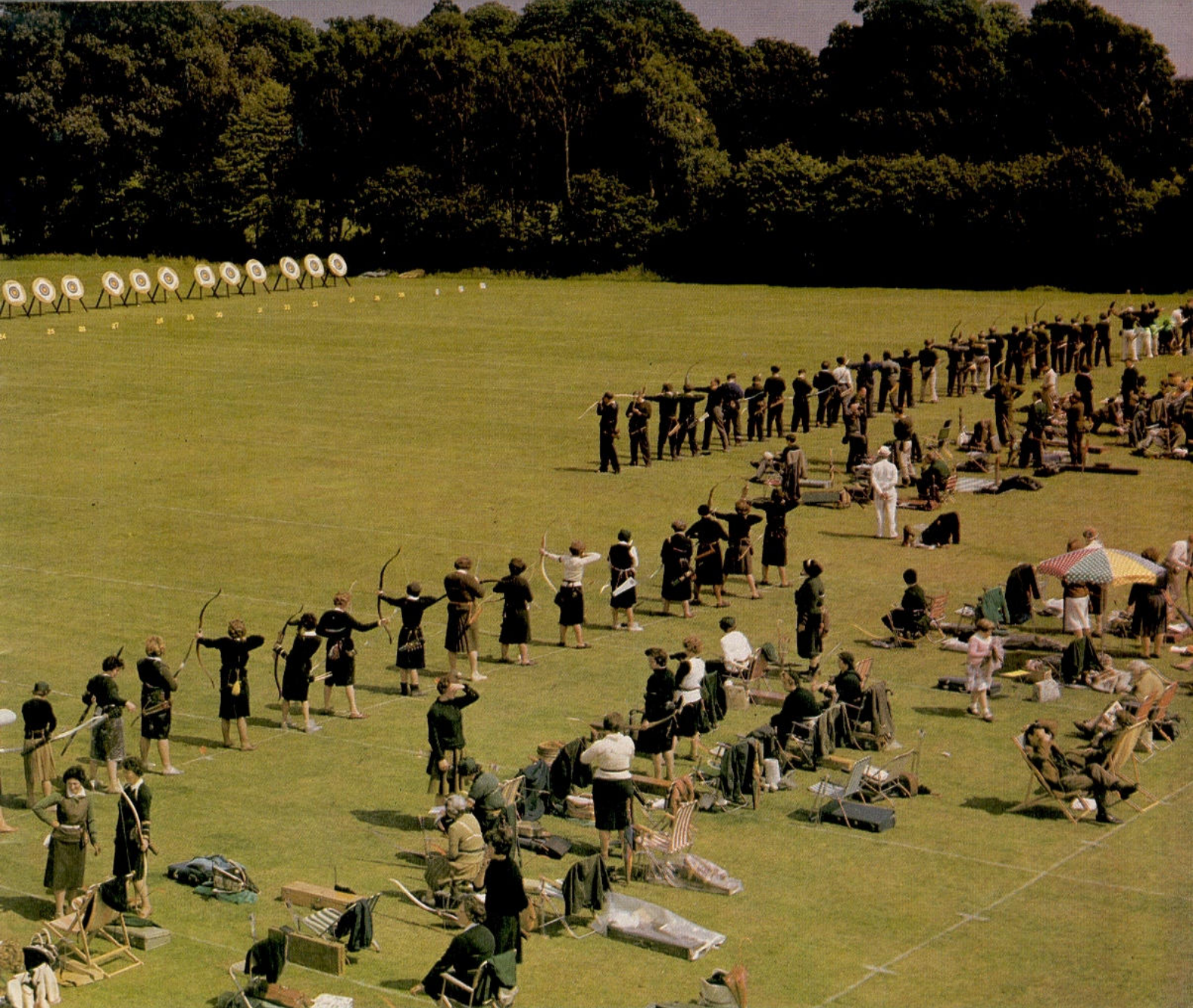
Die frühe europäische Armbrust mußte von Hand gespannt werden, wobei der Schütze seine Füße auf den Bogen stellte und die Sehne mit beiden Händen nach oben auszog. Mit fortschreitender Entwicklung der Waffen ganz allgemein wurde auch die Armbrust technisch verbessert. Sie bekam an ihrem Vorderende eine Art Steigbügel, in den der Schütze seinen Fuß setzen konnte. Auch trug dieser häufig am Gürtel einen großen Spannhaken, mit dessen Hilfe sich der Bogen leichter spannen ließ, wenn sich der Schütze aus seiner gebückten Stellung aufrichtete.

Im 14. Jahrhundert wurde der Bogen aus Holz und Horn durch einen Bogen aus Stahl abgelöst, und andere Spannvor-

Links: Ein leistungsfähiger Bogen mit einer Zugkraft von 270 N, der zum Sportschießen und zur Jagd benutzt werden kann. Der Stabilisator (hier sind fünf abgebildet) wirkt als Gegengewicht und hält den Bogen stabil.



QUICKS



richtungen mußten erfunden werden (Geißfuß, Flaschenzug). Im 16. Jahrhundert schließlich führte man zum Spannen der Armbrust die Kurbelwinde ein.

Bogenschießen heute

Mit der allgemeinen Einführung der Handfeuerwaffen im 16. Jahrhundert verloren Langbogen und Armbrust ihre Bedeutung als Kriegswaffen. Als Sport und Freizeitbeschäftigung hat das Bogenschießen jedoch die Jahrhunderte überdauert; gelegentlich werden Bogen noch zur Großwildjagd verwendet.

Bei den heute zum sportlichen Bogenschießen benutzten Bogen handelt es sich zumeist um Kompositbogen. Das Material dieser Bogen sind polyesterverstärkte Glasfibrerlamine mit einem Griff aus Hartholz. Die Sehnen werden aus Kunstfasern wie z.B. Dacron gefertigt, die modernen Pfeile aus Aluminium. Zum Zielschießen bestimmte Bogen können auch mit einstellbaren Visieren versehen sein.

Die moderne Armbrust hat in der Regel einen Bogen aus Stahl oder glasfaserverstärktem Kunststoff. Der hölzerne Schaft ist mit einem Visier ausgerüstet, die Sehne aus Nylonmaterial gefertigt. Eine solche Armbrust wird von Hand gespannt, bedarf einer Zugkraft von 1000 N und hat eine treffsichere Reichweite von über 300 m; ihr Leistungsvermögen ist daher doppelt so groß wie der von den Bogen, die von den Indianern Nordamerikas benutzt wurden.



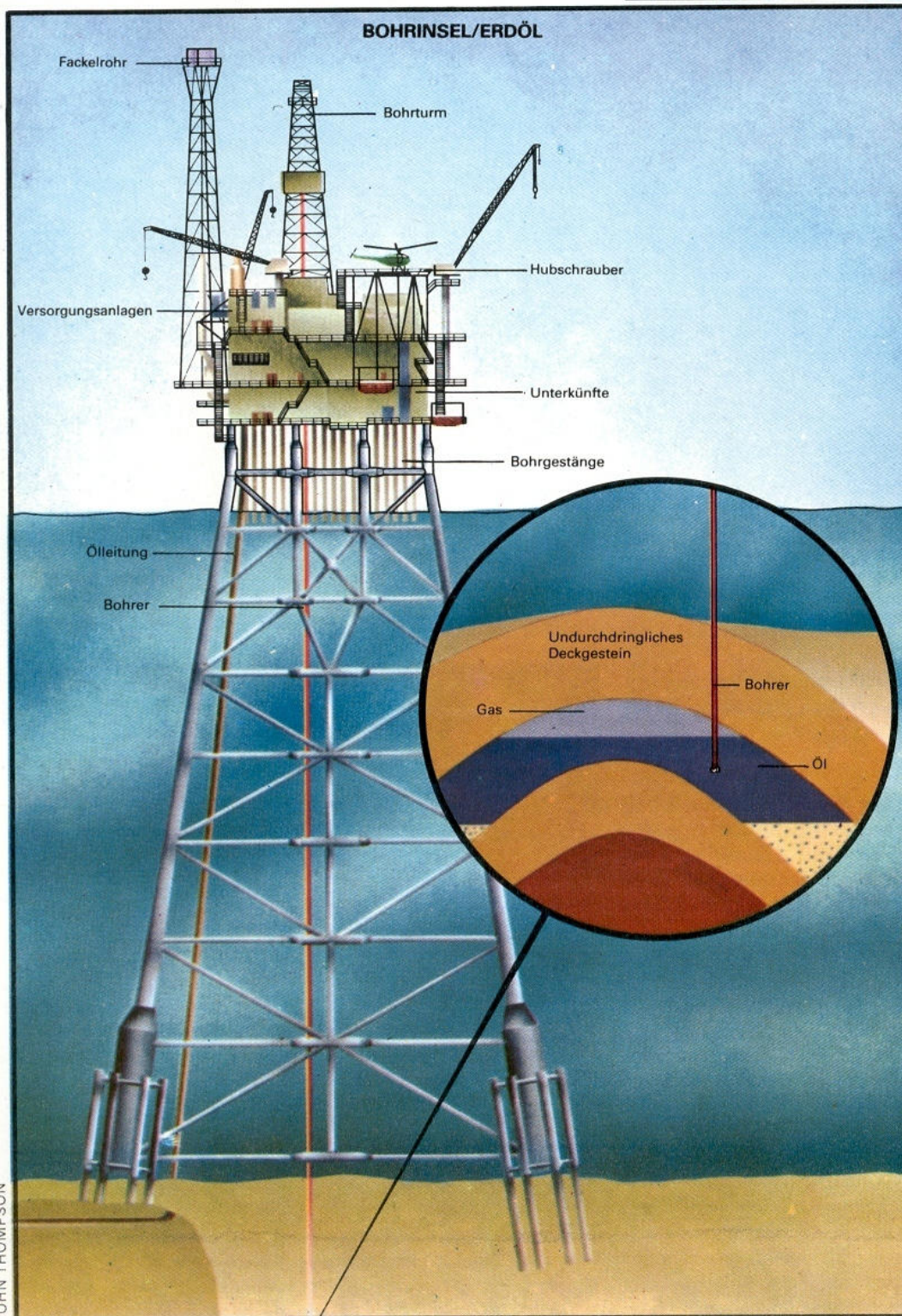
Oben: Eine moderne Armbrust zum Zielschießen und zur Jagd. Dieses Modell hat eine maximale Zugkraft von 680 N. Der Bolzen hat eine Geschwindigkeit von mehr als 120 m/s und eine Reichweite von mehr als 300 m.

BOHRINSEL

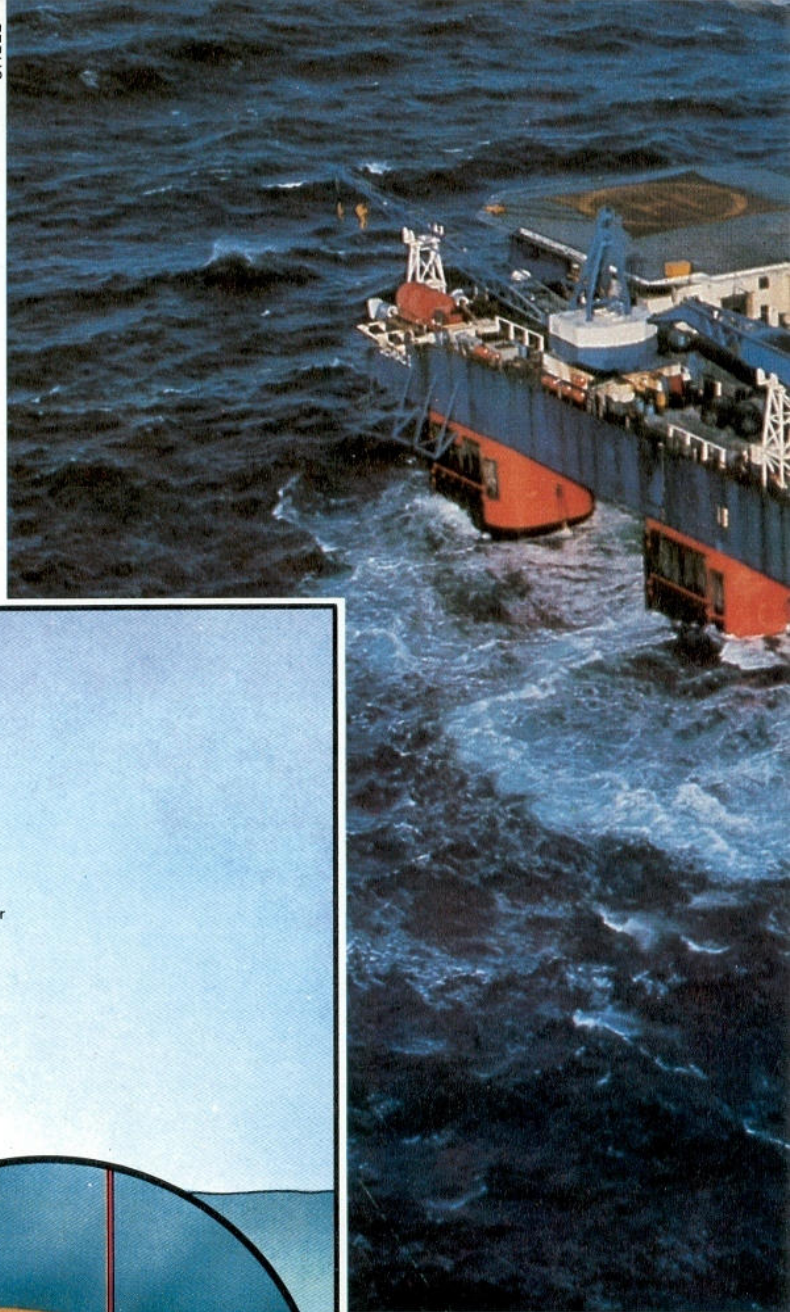
Mehr als zwei Millionen Bohrlöcher sind seit der ersten Bohrung nach Öl überall auf der Erde niedergebracht worden. Weil das Bohren ein sehr teures Glücksspiel ist, sind Voruntersuchungen von entscheidender Bedeutung.

Die erste Bohrung, die auf Öl stieß, wurde im Jahre 1859 in Pennsylvania niedergebracht. In der Folgezeit blieben viele Bohrungen erfolglos, während andere reiche Ölausbeuten ergaben. Im allgemeinen ist es leichter und billiger, Versuchsbohrungen niederzubringen, als nach Bodenschätzen zu bohren.

Das Bohren im Meer ist weitaus kostspieliger als an Land. Die Verfahren aber unterscheiden sich nicht grundsätzlich.



JOHN THOMPSON



Oben: Der Halbtaucher Semac I beim Legen von Rohren unter Schlechtwetterbedingungen im März 1977. Nach ersten Versuchen in Schottland wurde dieses Modell in der Nordsee eingesetzt. Der Halbtaucher wurde auch dazu benutzt, Gasleitungen von den Öl- und Gasvorkommen in Brent nach St. Fergus, Schottland, zu legen.

Links: Seitenansicht einer Bohrinsel für die Ölförderung. Es handelt sich um riesige Konstruktionen, die Wellen bis zu 30 m Höhe und Windgeschwindigkeiten bis zu 210 km/h widerstehen können. Außerdem können Hubschrauber auf ihnen landen, und die Arbeiter in ihnen wohnen. Das Nebenbild zeigt die typische Anordnung eines mit ölhaltigem Gestein durchsetzten Bodensegmentes.



Die meisten Ölquellen wurden bisher an Land erbohrt, doch wird heute das Bohren im Meer immer bedeutsamer, nicht zuletzt deswegen, weil die meisten ölverdächtigen Landgebiete bereits erforscht wurden. Im Meeresboden wurden Bohrlöcher in der Nordsee, im Persischen Golf, in Ägypten, in Libyen, im Kaspischen Meer, vor Japan, vor Westafrika, im Golf von Mexiko und im venezolanischen Maracaibo-See niedergebracht.

Das Bohren mit Rohren und Bohrkopf

Man bohrt nach Öl, indem man einen Bohrkopf in Drehung versetzt. Der Kopf kann bei weichem Boden aus Stahl bestehen und wie ein Fischeschwanz geformt sein. Meist aber ist es ein Drehbohrer mit gehärteten Zähnen. Bei sehr hartem Fels muß man auf Diamant- oder Wolframcarbidzähne zurückgreifen. Bei hartem Gestein kann es eine Stunde dauern, um eine Tiefe von etwa 2,5 cm zu erreichen. (Bei weichem Boden sind jedoch Bohrgeschwindigkeiten von etwa 100 m/h möglich.) Der Bohrkopf ist an einem aus Rohren bestehenden Gestänge befestigt, das sich beim Bohren mitdreht. Ein Rohrstück ist gewöhnlich 9 m lang und hat einen Durchmesser von 11 cm oder 14 cm. Die Rohre werden über schwere Kegelgewinde miteinander verschraubt. Die Bohranlage an der Erdoberfläche trägt den größten Teil des Gestängegewichtes.

Der auffallendste Teil der Anlagen auf der Erdoberfläche ist der Bohrturm. Er sieht etwa wie der Mast einer Hoch-

spannungsleitung aus und erreicht Höhen bis zu 60 m. Er muß so hoch sein, damit die Rohre zum Einführen in das Bohrloch hochgehievt werden können und sich zusammengeschaubte Rohrstücke lagern lassen. Das Gestänge im Bohrloch wird durch einen Drehtisch im unteren Teil des Turmes in Drehung versetzt. Ein starker Motor gibt ihm eine Geschwindigkeit von rund 120 U/min. Der Drehtisch hat in der Mitte eine Öffnung, in die eine quadratische oder sechseckige Mitnehmerstange paßt, die sich drehen läßt. Die Mitnehmerstange ist der oberste Teil des Bohrgestänges. Sie überträgt die Drehung des Tisches auf das gesamte Gestänge. Das Bohrgestänge, das aus Mitnehmerstange, Rohren und Bohrkopf besteht, hängt mit Drahtseilen und Flaschenzügen an einem oben im Bohrturm angebrachten Haken. In dem Maße, in dem sich der Meißel in den Boden frißt, gleitet die Mitnehmerstange durch die Öffnung im Drehtisch. Ist der Meißel etwa um die Länge der Mitnehmerstange tiefer gekommen, verkeilt man das Gestänge. Dann wird die Mitnehmerstange abgenommen, dem Gestänge ein weiteres Rohr hinzugefügt, die Mitnehmerstange wieder befestigt und weitergebohrt.

Beim Bohren eines 6 000 m tiefen Loches wiederholt sich dieser Vorgang über 600mal. Eine Gruppe von Männern muß jedesmal körperlich außerordentlich schwer und genau arbeiten, um die Rohre an- und abzuschrauben, Keile herauszunehmen, einzusetzen und dem Stapel neue Rohre zu entnehmen. Mit dem Fortgang der Bohrung wird der Meißel

stumpf. Bei hartem Fels kann dies schon nach ein paar Stunden geschehen. Dann muß das ganze Gestänge aus dem Bohrloch gezogen werden, damit die Männer den Meißel abnehmen und einen neuen aufsetzen können. Eine solche 'Rundreise' kann einen ganzen Tag in Anspruch nehmen. Beim Hochholen schraubt man nur jede dritte Rohrverbindung auseinander, um die Arbeit zu beschleunigen.

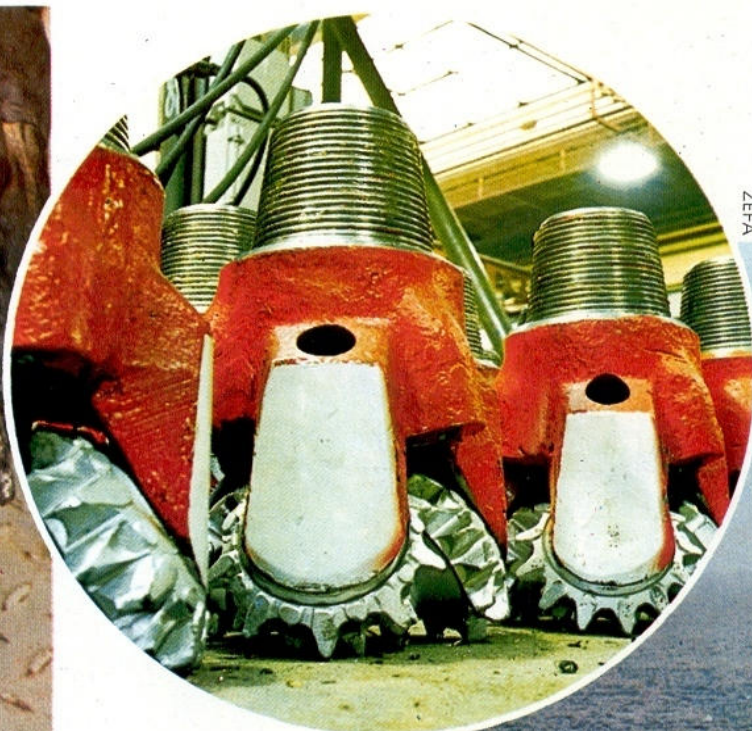
Während des Bohrens pumpt man einen dafür besonders hergestellten 'Schlamm' von oben in das Gestänge. Er tritt durch eine Düse in das Bohrloch und steigt in dem ringförmigen Raum zwischen Gestänge und Bohrlochwand nach oben. Dieser Raum ist vorhanden, weil der Durchmesser des Bohrkopfes immer größer als der Durchmesser der Rohre ist.

Drehbohren ist jedoch das mit Abstand am meisten verbreitete Verfahren.

Das Bohren im Meer

Das Bohren im Meer wird in vielen Teilen der Erde, im besonderen jedoch in der Nordsee, angewendet. Die Nordsee ist wegen der schlechten Wetterverhältnisse und der großen Entfernung fast aller Ölfelder von der Küste das schwierigste Gebiet, in dem je gearbeitet wurde. Hier wird seit Anfang der sechziger Jahre in relativ flachem Wasser nach Gas und Öl gebohrt. Heute bohrt man an vielen Stellen auch in tieferem Wasser und unter schwierigeren Bedingungen. Zum Glück ist die gesamte Nordsee ein im Vergleich mit den Weltmeeren

PICTUREPOINT



ZEFA

Der Schlamm bewegt sich ganz langsam durch das Bohrloch. Dabei kühlt und schmiert er den Meißel. Außerdem spült er das losgebohrte Gestein an die Oberfläche, wo es vom Schlamm getrennt wird, den man dann wiederverwendet. Bei seinem Aufstieg zur Oberfläche versieht der Spülschlamm die Wand des Bohrloches mit einer Schutzschicht, die dazu beiträgt, Einstürze zu verhindern. Der Spülschlamm hilft der Bedienungsmannschaft auch, aus dem Loch austretendes Öl oder Gas unter Kontrolle zu halten. Das Gewicht der Schlammssäule ist im allgemeinen größer als jeder zu erwartende Öl- oder Gasdruck, so daß Öl erst dann zur Oberfläche gelangen kann, wenn das Schlammgewicht verringert worden ist. In der Anfangszeit, als man noch nicht mit dem Spülschlamm arbeitete, schoß unter Druck stehendes Öl oder Gas mit großer Gewalt nach oben. Es war schwer, einen solchen Ausbruch einzudämmen, und es bestand immer die Gefahr eines Brandes.

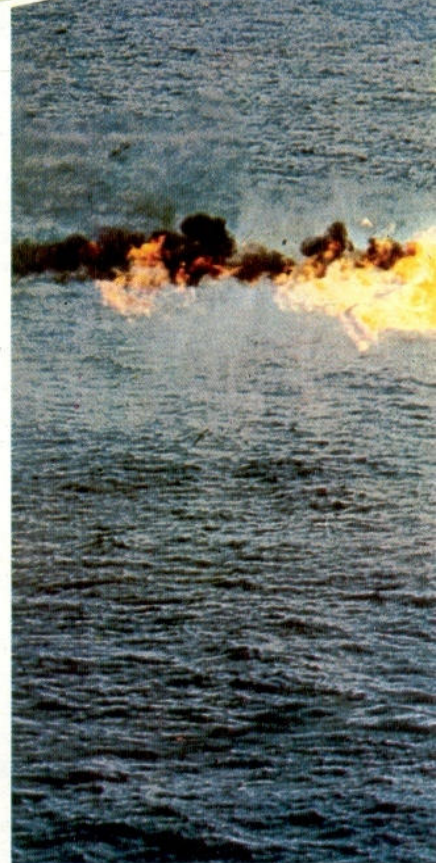
Ein anderes Verfahren, das heute immer beim Ölbohren angewendet wird, wenn es gilt, einen gewaltsamen Ausbruch zu verhindern, ist die Bohrlochsicherung (engl. Blow-out Preventer). Dies ist eine Anordnung von schweren, an der Oberseite mit Gummi belegten Kolben, die sich hydraulisch schließen lassen und das Bohrloch absperren.

Ein vom Drehbohren abweichendes Verfahren ist das Turbinenbohren. Hierbei wird der Bohrmeißel am Ende des Bohrloches durch eine Turbine angetrieben, die ihrerseits den Spülschlamm oder einen Elektromotor zum Antrieb hat. Das

Oben links: Ein kleiner Drehbohrkopf, der bei Felsschichtbohrungen benutzt wurde. Das Bild zeigt die Beschädigungen der diamantbestückten Zähne nach dem Gebrauch.

Oben: Moderne Strahl-Drehbohrköpfe mit drei kegelförmigen Bohrmeißeln. Der Meißel wird unter dem Gewicht der Schwerstange in Drehung versetzt, um die Zähne in den Fels zu treiben. Dies versetzt auch die Kegel in eine Drehung um ihre eigene Achse, so daß die Zähne den Fels abspänen und zerbröckeln. Unter dem kleinen Vorsprung zwischen jedem Kegel ist die Düse für den Spülschlamm zu sehen.

Rechts: Halbtaucher zum Bohren nach Öl und Gas, der vor der Küste Neuseelands nach Gas sucht. Das Abfackeln des Gases gehört zu den Routineversuchen.



flaches Gewässer, denn die Tiefe beträgt meist nur 30 m bis 200 m. Dies ist typisch für die sogenannten kontinentalen Schelfgebiete, die etwa 10% des gesamten Meeresbodens der Erde ausmachen.

Bohrinsel-Bauarten

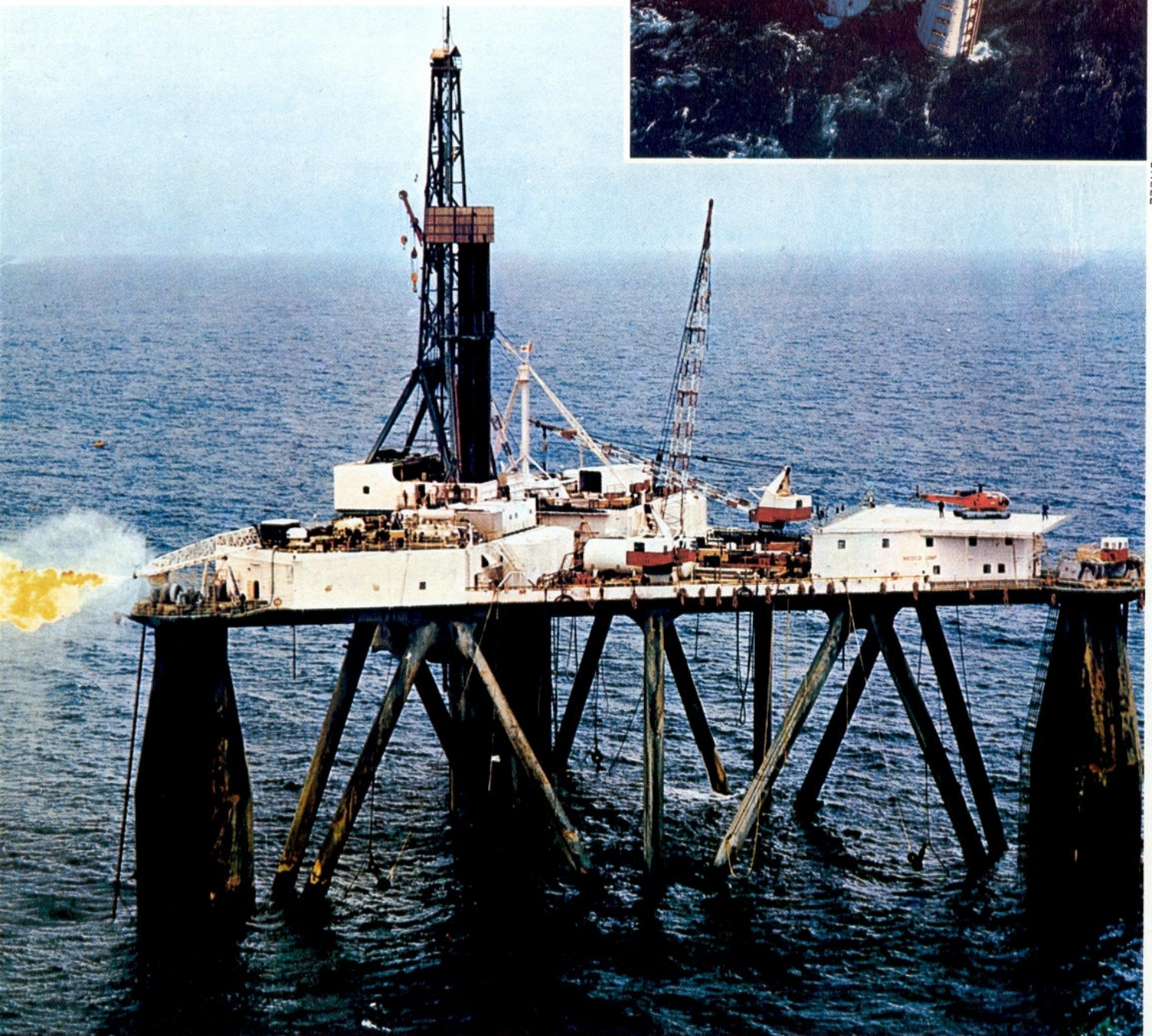
Für die Aufnahme des Bohrturms, der dazugehörigen Geräte und der Bedienungsmannschaft ist eine schwimmende Plattform erforderlich. Feststehende Bohrstellen verwendet man in flachem Wasser bis zu einer Tiefe von etwa 30 m.

Eine andere Bauart ist die Hubinsel. Aufgrund der Biegebeanspruchung der Ständer liegt die Einsatzgrenze bei 90 m Tiefe. Inseln dieser Bauart werden zur Bohrstelle geschleppt. Hier werden die Ständer heruntergelassen, bis sie auf dem Meeresboden stehen. Anschließend wird die eigentliche

Rechts: Die erste Förderbohrinsel zum Niederbringen von Förderbohrungen in Brent. Sie begann ihre 250-Meilen-Reise zu ihrem Bestimmungsort in der Nordsee am 4. August 1975 von Stavanger, Norwegen, aus.



SHELL



SHELL

Bohrinsel gehoben, bis sie so hoch über dem Wasser steht, daß selbst die größten Wellen sie nicht erreichen können.

Die neueste Entwicklung des Bohrens auf See ist der Halbtaucher. Bei dieser Bauart tragen mehrere große Rümpfe mit langen Ständern eine Plattform. Durch Ballast senkt man die Rümpfe auf 20 m unter die Wasseroberfläche ab. Wie bei der Hubinsel ragt die Plattform hoch über das Wasser.

Auf Rumpfebene ist ein Halbtaucher etwa 60 m breit und 76 m lang, und der Betriebstiefgang beträgt 18 m bis 27 m. Eine solche Bohrinsel kostet bis zu 38 Millionen DM. Ein typischer, in der Nordsee arbeitender moderner Halbtaucher könnte bei Wassertiefen von 200 m bis 300 m ein 8 000 m bis 10 000 m tiefes Loch bohren sowie Windgeschwindigkeiten bis 210 km/h und Wellenhöhen bis 29 m widerstehen. Heute werden sogar noch größere Halbtaucher gebaut.

Förderbohrungen

Wenn eine Versuchsbohrinsel Öl gefunden hat, bringt man sie zum weiteren Einsatz an eine andere Stelle. An ihre Stelle treten Förderbohrinseln zum Niederbringen von Förderbohrungen. Diese riesigen Inseln aus Stahl oder Beton stehen auf dem Meeresboden. Durch Angehen des Bohrloches unter einem Winkel und durch das sogenannte Richtbohrverfahren können von jeder Insel bis zu 30 Förderbohrungen niedergebracht werden. Auf der Insel trennt man Gas und Wasser vom Öl und bringt es mit Hilfe einer Rohrleitung oder mit Tankern an Land. Es ist auch geplant, Förderbohrungen niederzubringen und das Öl ohne Förderinsel als Zwischenstation durch Bohrlochkammern, die durch Druckgefäße an der Oberfläche betrieben werden, am Meeresboden aufzufangen. Ein System dieser Art wurde verwendet, um im Golf von Mexiko in 114 m Wassertiefe eine Bohrung niederzubringen und zu betreiben.

Hier befindet sich die Brent-⁴B'-Förderbohrinsel auf ihrem Weg zur offenen See, umgeben von Nebelfeldern. Fünf Schleppdampfer mit insgesamt 70 000 PS werden benötigt.

SHELL



Erfindungen 2: DAS RAD

Das Rad revolutionierte nicht nur den Verkehr, sondern ermöglichte auch städtische Siedlungen und beeinflusste ferner die künstliche Bewässerung, die Töpferei sowie die Energiegewinnung durch Wind und Wasser. Die Drehbewegung bildete die Grundlage der industriellen Entwicklung und ist für fast alle Maschinen von ausschlaggebender Bedeutung.

Die Altertumswissenschaft kann nicht sagen, was zuerst erfunden wurde — die Töpferscheibe oder das Wagenrad. Beide bestanden ursprünglich aus Holz, das schnell zerfällt, so daß die Spuren verlorenge-

gangen sind. Trotzdem ist bekannt, wann die Töpferscheibe zum ersten Mal auftauchte, und zwar durch bei Ausgrabungen gefundene Scherben von Gefäßen, die auf Töpferscheiben hergestellt worden sind.

Das Wagenrad hinterließ keine Spuren dieser Art. Der älteste Nachweis seiner Verwendung ist die Zeichnung eines Wagens auf einer Tontafel aus der Zeit um 3500 v.Chr. Die ältesten bekannten auf Töpferscheiben hergestellten Gefäße sind etwa ebenso alt.

Oft wird angenommen, das Wagenrad sei aus Baumstämmen entstanden, die als Rollen benutzt wurden; es gibt jedoch keine alten Bilder, die diese Theorie stützen. Die ältesten

erhaltenen Räder — sie stammen aus Grabfunden in Mesopotamien aus der Zeit um 3000 bis 2000 v.Chr. — bestehen aus drei durch Querstreben zusammengehaltenen Brettern.

Als erste Verbesserung der ursprünglichen Bauart legte man einen Holzreifen um die drei Bretter. Dadurch wurde das Unrundwerden gleichmäßig. Dieser Reifen kann aus einem einzigen, in Dampf gebogenen Stück bestanden haben, aber auch aus mehreren Stücken, die einzeln aufgelegt wurden. Der Reifen des Rades aus Mesopotamien um 2500 v.Chr. war zur Verringerung des Verschleißes mit Kupfernägeln beschlagen, die auch einen Lederreifen gehalten haben mögen. Metallreifen tauchten etwa 500 Jahre später auf.

Zu etwa dieser Zeit entstand ent-

Unten: Griechisches Relief aus dem 4. Jahrhundert v. Chr. Es zeigt das Rennen der Apobataer. Die leichten Speichenräder sind hier von Vorteil.

Ganz unten: Speichenrad am Wagen des assyrischen Königs Assurbanipal aus Ninive.

Rechts unten: Dieses sumerische Mosaik, etwa 2100 v.Chr., zeigt Teile einer Schlacht- und Siegesdarstellung. Die Wagenräder bestehen aus zwei durch Leisten zusammengehaltenen Brettern.

Ganz unten: Dieses römische Mosaik aus Sizilien (3.Jh. n. Chr.) zeigt deutlich, wie Wagenräder gebaut und befestigt wurden.



weder in Mesopotamien oder in der Türkei das Speichenrad. Es war zuerst an Streitwagen zu finden, deren Manövrierfähigkeit durch sein geringes Gewicht verbessert wurde. Es mag eine Übergangsform mit einem schweren Brett in der Mitte, in dem sich das Achslager befand, und zwei Speichen sowie weiteren, über Kreuz angebrachten Speichen gegeben haben. Es ist nur ein einziges Rad dieser Art gefunden worden, und zwar aus der Zeit um 1000 v.Chr.

Schon um 1500 v.Chr. bauten die Ägypter leichte Räder mit vier Speichen, die neueren europäischen Wagenrädern gleichen. Räder mit sechs und acht Speichen wurden an anderen Stellen gefunden.

Etwa um diese Zeit hatte das Rad seine endgültige Form erreicht. Die geringfügigen Weiterentwicklungen betrafen die Übernahme des Prinzips auf andere Anwendungsbereiche wie die Seilwinde, die zum Heben und Ziehen diente, und die Wassermühle. Es dauerte dann bis zum 16. Jahrhundert n.Chr., bis etwas wirklich Neues entstand, nämlich das Rad mit Sturz, dessen Speichen in der Form eines flachen Kegels angeordnet sind.



wurde. Der Luftreifen wurde Ende der achtziger Jahre eingeführt, obwohl er 40 Jahre vorher für hölzerne Räder patentiert worden war.

Die ersten Kraftwagen hatten Räder mit Holzfelgen und Speichen, Draht-

Oben: Chinesische Keramik aus der Frühzeit der Tang-Dynastie (7. Jahrh.), die ein Ochsgengespann darstellt. Die Räder scheinen Reifen — möglicherweise aus Metall — gehabt zu haben.



Links: Wagen aus dem frühen 19. Jahrhundert. Die Räder mit Sturz ermöglichten es, auf gleicher Spurweite breitere Lasten zu befördern. Sie waren für schwere, sich hin- und herwiegende Lasten gut geeignet.

Dadurch war es möglich, die Lauffläche des Rades nach außen zu stellen, während die Nabe unmittelbar über dem Reifen blieb. Es konnten also breitere Wagen auf enger Spur gebaut werden, wobei die tragenden Speichen weiterhin aufrecht standen und keine zusätzliche Belastung auszuhalten hatten.

Abgesehen von dieser kleinen Änderung blieb im wesentlichen alles beim alten, bis das Drahtspeichenrad erfunden wurde, das in den siebziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts für das Fahrrad geschaffen

speichenräder oder Artillerieräder, d.h. gußeiserne Nachbildungen eines Holzrades. Sie wurden in den dreißiger Jahren dieses Jahrhunderts durch das aus Stahlblech gepreßte Rad ersetzt. Es ist leichter, robuster und billiger.

Neuerdings gibt es jedoch auch wieder Gußräder, und zwar für Sportwagen. Es sind Gußstücke aus leichten Magnesium- oder Aluminiumlegierungen, die manchmal den alten Artillerierädern gleichen. Sie sind sehr leicht und dauerhaft. Flugzeugräder sind ihr Vorbild.

Das Rad ist heute über die ganze Erde verbreitet. Es findet sich in Windmühlen als Vorrichtung für die Erzeugung von Mehl — also als Hilfe für die Broterzeugung —, als Wasserrad für die Bewässerung und als Seilwinde, um Wasser aus Brünnen zu holen und Anker zu lichten. Zu Beginn des Maschinenzeitalters bildeten Wasserräder den Antrieb für Bergwerksmaschinen. Räder wurden bei den sich drehenden Teilen der Dampfmaschine, die in Afrika und Asien noch in Gebrauch ist, verwendet.

Die Uhr ist ein gutes Beispiel einer Rädermaschine. Ein Zahnrad reguliert die Hemmung. Zahnräder befinden sich ebenfalls in Kraftwagenmotoren und vielen anderen modernen Maschinen. Flaschenzüge, Kurvenscheiben, Zapfen, Schwungräder, Turbinen und Rollenlager sind weitere Beispiele für Maschinenteile, deren Entstehung sich aus der Erfindung des Rades ableitet.