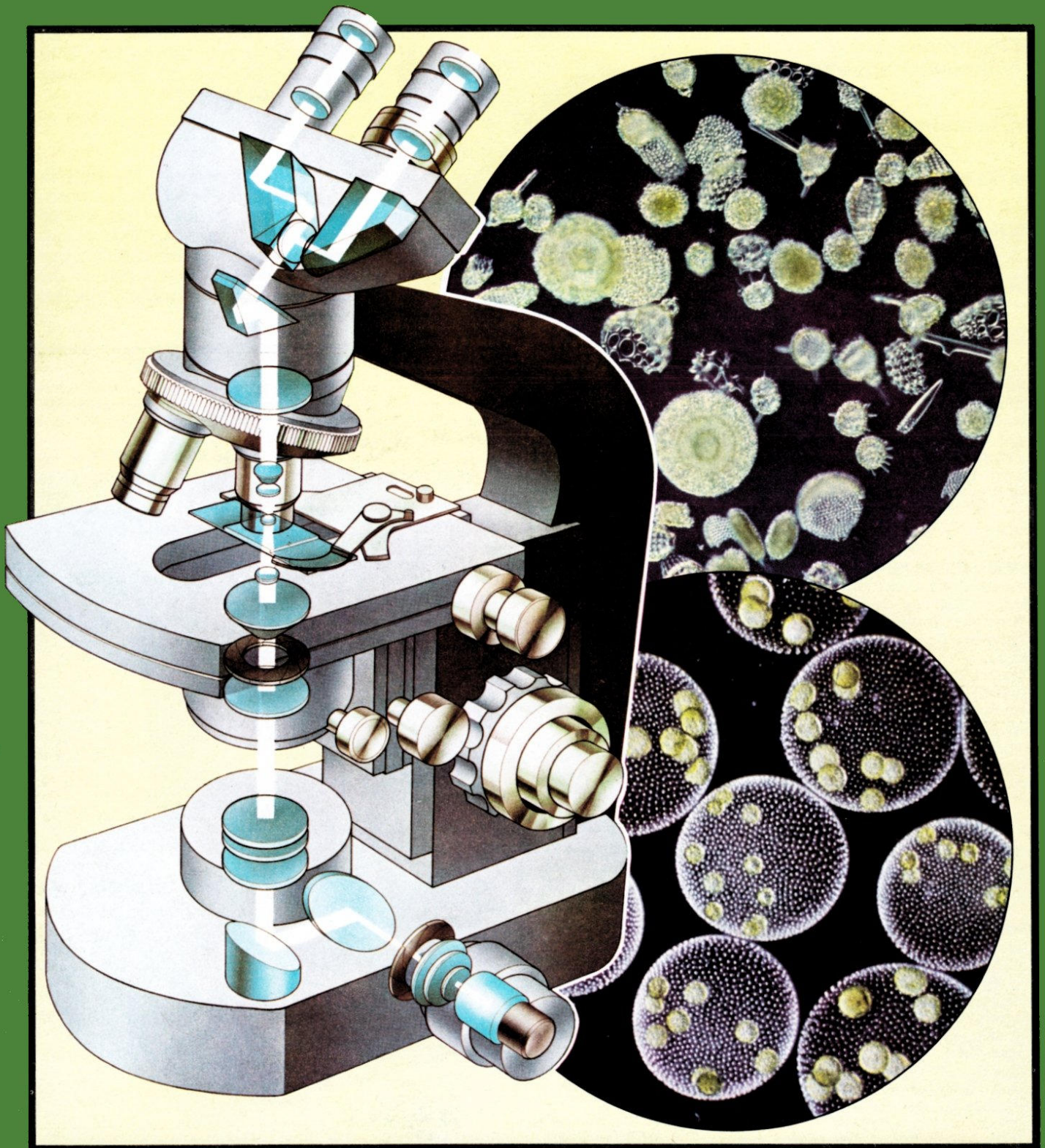


WIE GEHT DAS

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



scan: **IGDL**

WIE GEHT DAS

Inhalt

Metalldetektoren	953
Meteorologie	956
Mikroverkapselung (Mikroverkapselung)	962
Mikrofilm	963
Mikrofon	966
Mikrometerschraube	970
Mikroprozessor	972
Mikroskop	977

In Heft 36 von Wie Geht Das



In den sechziger Jahren war das Motorrad zusehends vom Auto verdrängt worden, aber heute wird es wieder häufiger benutzt. Steigende Benzinkosten und wachsende Verkehrsdichte sind der Grund für sein 'Comeback'. In Heft 36 von Wie Geht Das beschreiben wir die Entwicklung des modernen Motorrades.

Eine der bedeutendsten Neuerscheinungen aus dem Gebiet der Nachrichtentechnik war in den letzten dreißig Jahren der Fortschritt der Mikrowellentechnik. Alles über Mikrowellen und ihre Anwendung können Sie in der nächsten Ausgabe von Wie Geht Das erfahren.

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 notieren Sie Ihre Bestellung auf der Rückseite des Giroabschnittes.

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

INHALTSVERZEICHNIS

Damit Sie in WIE GEHT DAS mit einem Griff das gesuchte Stichwort finden, werden Sie mit der letzten Ausgabe ein Gesamtinhaltsverzeichnis erhalten. Darin einbezogen sind die Kreuzverweise auf die Artikel, die mit dem gesuchten Stichwort in Verbindung stehen.

Bis dahin schaffen Sie sich ein Inhaltsverzeichnis dadurch, daß Sie die Umschläge der Hefte abtrennen und in der dafür vorgesehenen Tasche Ihres Sammelordners verwahren. Außerdem können Sie alle 'Erfindungen' dort hineinlegen.

SAMMELORDNER

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

SO BEKOMMEN SIE IHRE SAMMELORDNER

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

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

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

Schweiz: Der Sammelordner kostet sfr.15. Bitte überweisen Sie den Betrag durch die Post (grüner

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

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



METALLDETEKTOREN

Metalldetektoren werden beispielsweise verwendet, um herauszufinden, ob Flugpassagiere Schußwaffen tragen oder ob irrtümlich Metallteile in Futterstoffen enthalten sind. Auch archäologische Stätten werden mit ihnen untersucht.

Alle Metalle sind gute elektrische Leiter, eine Eigenschaft, die sie von anderen Materialien unterscheidet. Wirkt ein magnetisches Feld in der Nähe eines metallischen Gegenstandes, wird im Metall ein elektrischer Strom induziert (siehe INDUKTION). Dieser elektrische Wechselstrom wiederum erzeugt in der Umgebung des Metalles ein magnetisches Feld, welches das ursprüngliche Feld schwächt. Durch die Erfassung dieser Störung wird der metallische Gegenstand nachgewiesen. Detektortypen, die dieses Prinzip des induzierten Magnetismus anwenden, sind: Ausgleichsspulen-Suchgeräte, Feldsuchgeräte und Pulsmagnetisierungseinheiten.

Ferromagnetische Materialien können auch durch eine andere Technik nachgewiesen werden. Ferromagnetische Stoffe haben eine große Permeabilität, d.h. sie setzen dem magnetischen Fluß weniger 'Widerstand' entgegen, als irgendein anderes Material. Ein magnetisches Feld, wie das Magnetfeld der Erde, erzeugt Flußlinien, die den Weg des

geringsten 'Widerstandes' (Reluktanz) nehmen und sich deshalb in der Nähe jedes ferromagnetischen Materials konzentrieren. Dies erzeugt eine Störung des ansonsten gleichförmigen Magnetfeldes, die gemessen werden kann. Apparate, die dieses Prinzip benutzen, sind als magnetische Suchgeräte bekannt.

Ausgleichsspulen

Ausgleichsspulen-Suchgeräte bestehen aus zwei Spulen mit je einer Primär- und Sekundärwicklung. Die Primärwicklungen werden in Reihe mit Wechselstrom betrieben und erzeugen so ein magnetisches Wechselfeld. Wird dieses Spulenpaar über ein nichtmetallisches Objekt gehalten, sind die in den Sekundärwicklungen induzierten Spannungen gleich. In dieser Situation ergibt sich kein Signal, wenn die Sekundärspulen in Gegenschaltung sind. Metallische Objekte, wie Münzen, rufen ein induziertes Magnetfeld hervor, das stärker mit der nächstliegenden Sekundärspule wechselwirkt. Der Unterschied zwischen den in den beiden Sekundärspulen erzeugten Magnetfeldern ergibt ein Signal, das

Metall-Objekte wie Nägel und Schrauben können Maschinenteile beschädigen, falls sie nicht rechtzeitig entdeckt werden. Hier wird gefälltes Holz für das Sägewerk überprüft.



nach einer Verstärkung als Anzeige für ein metallisches Objekt dient.

Mit diesen Ausgleichsspulen-Suchgeräten und anderen Geräten, die nach dem Prinzip der magnetischen Induktion arbeiten, ist der Störeffekt durch die Variationen des Magnetfeldes der Erde problematisch, weil das magnetische Erdfeld auf der Erdoberfläche zu Fehlanzeigen führen kann. Solche Detektoren sind nur für Untersuchungen mit etwa 15 cm Abstand nützlich.

Heterodyne Geräte

Eine heterodyne Sucheinheit benutzt ebenfalls den induzierten Magnetismus, besteht aber aus zwei Spulen mit nur je

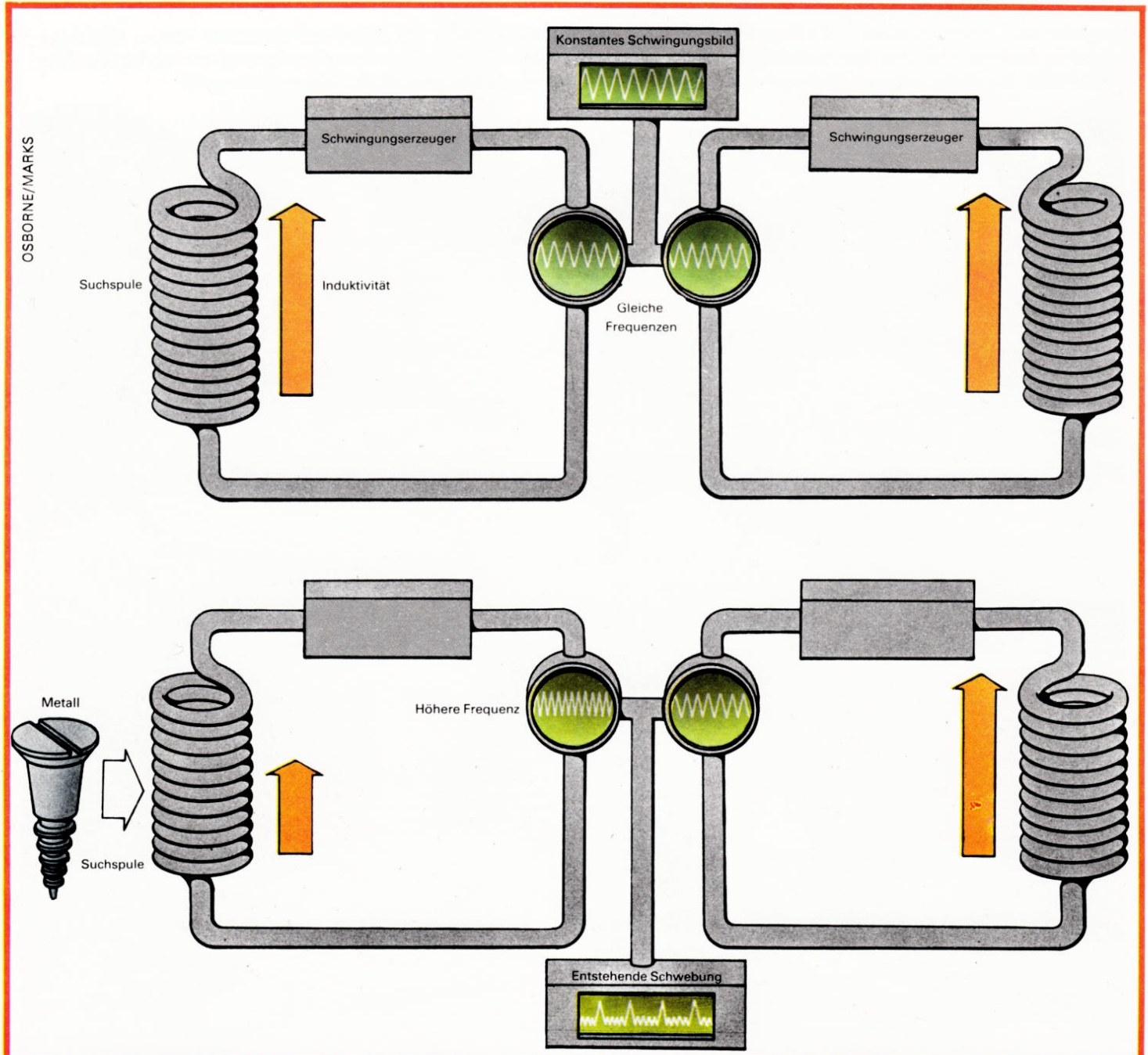
Unten: Das Diagramm zeigt das Prinzip eines heterodynen Metalldetektors. Zwei Spulen bilden den induktiven Teil in getrennten, aber gleichen Schwingkreisen. Bringt man ein metallisches Objekt in die Nähe einer Spule, wird deren Induktivität geändert, was eine Frequenzänderung dieses Schwingkreises bedingt und ein Schwebungsbild erzeugt.

einer Wicklung. Sie sind getrennt an zwei Schwingkreise als induktive Komponente angeschlossen. Die beiden Schwingkreise werden zunächst so justiert, daß sie die gleiche Frequenz haben. Die beiden Spulen erzeugen dann ein magnetisches Wechselfeld gleicher Frequenz. Ein metallisches Objekt in der Nähe einer der beiden Spulen ändert die Induktivität dieser Spule und somit auch die Frequenz dieses Schwingkreises. Mischt man die Signale der beiden Kreise, zeigt sich eine Schwebung (in gleicher Weise, wie durch zwei ähnliche Töne in der Musik eine Schwebung erzeugt wird). Diese Schwebungsfrequenz kann auf einen Kopfhörer übertragen werden und ermöglicht es so dem Bediener, das metallische Objekt nachzuweisen.

Dieser Detektortyp kann sehr empfindlich sein, obwohl auch hier die Änderungen des magnetischen Erdfeldes die Ergebnisse beeinflussen. Es ist allerdings schwierig, hinreichend stabile Schwingkreise zu erhalten.

Feldsuchgeräte

Die Feldsuchgeräte arbeiten ähnlich wie die Ausgleichsspulen-Suchgeräte. Sie bestehen aus Drahtschleifen, die an





Oben: Die Schatzsuche mit Metalldetektoren ist in den letzten zehn Jahren ein beliebtes Hobby geworden. Die Detektoren haben Ausgleichsspulen oder sind heterodyne Geräte.

einen Hochfrequenzoszillator angeschlossen sind. Das so erzeugte Magnetfeld hat eine Reichweite von der Größe eines Tennisplatzes. Dieses Gerät reagiert ebenso auf Änderungen des magnetischen Erdfeldes wie auch auf Metall und ist deshalb für die archäologische Forschung nützlich. Wenn die Detektoranzeigen von einer archäologischen Grabungsstätte auf einer Karte eingezeichnet werden, lassen sich daraus wegen der Änderung der Leitfähigkeit häufig die Umrisse von Gebäuden erkennen.

Pulsmagnetisierungsgeräte

Pulsmagnetisierungsgeräte beruhen darauf, daß das magnetische Feld zu seiner Ausbreitung durch Luft oder Erde eine bestimmte Zeit benötigt. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ist die gleiche wie für jede elektromagnetische Strahlung: die Lichtgeschwindigkeit. Solche Geräte arbeiten als magnetische 'Radargeräte'. Ein kurzer Hochenergie-Impuls wird in der Suchspule erregt. Nach dem 'Abschneiden' des Impulses geht die Spule von einer Magnetfeld-Erregerspule zu einer Empfängereinheit über. Befindet sich nämlich ein metallisches Objekt im erregten Magnetfeld, wird darin ein eigenes Magnetfeld induziert, das kurze Zeit nach dem Einwirken des Erregerfeldes nachgewiesen wird. Solche Geräte können sehr genau sein. Ihre Grenze wird durch die Leitfähigkeit der Erde erreicht.

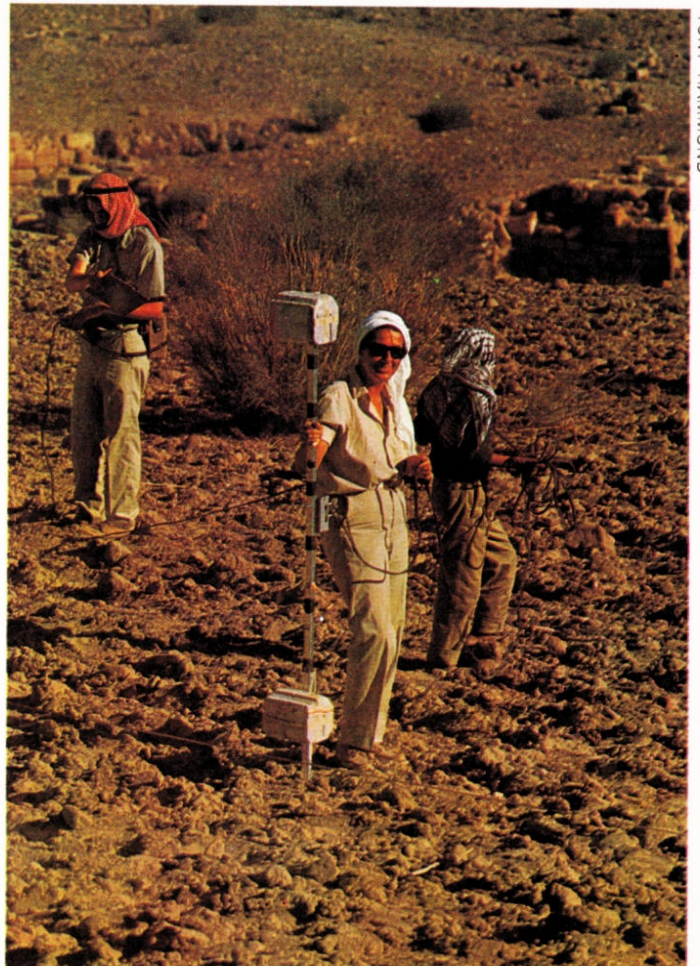
Magnetische Suchgeräte

Eisen, Stahl und andere ferromagnetische Materialien sind sehr viel leichter durch magnetische Suchgeräte zu orten. Ein solches Gerät findet eine 2 cm lange Nadel auf eine Entfernung von 50 cm oder einen Wagen auf 18 m.

Alle Objekte auf der Erde sind im Wirkungsbereich des Magnetfeldes der Erde. Wo keine metallischen Objekte sind, kann dieses Feld als gleich stark und gleichförmig angesehen werden. Ein metallischer Gegenstand beeinflusst jedoch das Erdmagnetfeld, da die Flußlinien den Verlauf nach dem kleinsten 'Widerstand' (magnetische Reluktanz — siehe MAGNETISMUS) nehmen und dann in der Nachbarschaft des Objektes dichter verlaufen. Diese Störung wird durch ein Magnetometersystem gemessen. Das Gerät mißt den Unterschied in der magnetischen Feldstärke zwischen zwei Punkten und ist auf Unterschiede in der Größenordnung von ein Hunderttausendstel des magnetischen Erdfeldes empfindlich.

In der Praxis werden zwei Magnetometer benutzt. Sie werden in einem Rohr etwa 30 cm voneinander entfernt montiert und sorgfältig längs derselben Achse ausgerichtet. Das Rohr hängt durch sein Eigengewicht herab, so daß die Vertikalkomponente des Erdmagnetfeldes gemessen wird. Diese Geräte sind weitgehend unabhängig von der Beschaffenheit des Erdbodens, über dem sie benutzt werden. Sie erreichen sehr gute Ergebnisse, selbst wenn nichtmagnetische Münzen oder ähnliche Dinge gesucht werden, da in deren Nähe meist auch magnetische Objekte sind. Ist eine Fundstätte einmal entdeckt, können weniger starke, induktive Suchgeräte benutzt werden.

Unten: Amerikanische Archäologen benutzen Metalldetektoren für eine systematische Suche nach der ursprünglichen Stadt Petra in Jordanien.



TONY HAMMOND

METEOROLOGIE

Heute läßt sich das Wetter durch die modernen Hilfsmittel der Meteorologie mit einiger Genauigkeit vorhersagen.

Die Meteorologie ist die Wissenschaft von den Vorgängen in der Atmosphäre, einer etwa 300 km dicken Hülle, die die ganze Erde umgibt. Die Vorgänge, die wir mit Wetter umschreiben, spielen sich in einem etwa zwölf Kilometer hohen Bereich über der Erdoberfläche ab. Diese Schicht heißt Troposphäre, ihre obere Grenze ist die Tropopause. Darüber befindet sich die Stratosphäre, die sich über weitere 30 km erstreckt. Eines der kompliziertesten und interessantesten Probleme der Naturwissenschaften insgesamt, nicht nur der Meteorologie, ist die Vorhersage des Wetters (siehe WETTERVORHERSAGE). Aus diesem Grunde widmet sich der Meteorologe mit besonderer Aufmerksamkeit den Vorgängen in der Troposphäre.

Wettersysteme

Von oben gesehen, z.B. von einem Satelliten, erscheinen die Wolken weiß. Wie ein Farbstoff im Wasser zeigen sie eine Vielfalt von atmosphärischen Bewegungen an. Manche Wolkengebilde haben die Form eines Wirbels mit zum Zentrum gerichteter Strömung. Diese 'Zyklonen' sind die Tiefdruckgebiete, die sich durch Regen und starke Winde auszeichnen. Die Hochdruckgebiete oder 'Antizyklonen' sind entgegengesetzte Wirbel, meistens weniger mächtig und von wenigen oder gar keinen Wolken begleitet. Einige atmosphärische Wirbel sind sehr ausgedehnt: Zyklonen und Antizyklonen der gemäßigten Zonen können einen Durchmesser von 2000 km haben und sich bis zur oberen Grenze der Troposphäre, in etwa 12 km Höhe, ausdehnen. Solche Riesenwirbel sind fast ortsfest. Die meisten beweglichen Wirbel sind ziemlich flach (1 km bis 3 km hoch) und haben Durchmesser zwischen 1000 km und 100 km. Orkane erstrecken sich über etwa 800 km, Tromben und Tornados messen zwischen 200 m und 500 m.

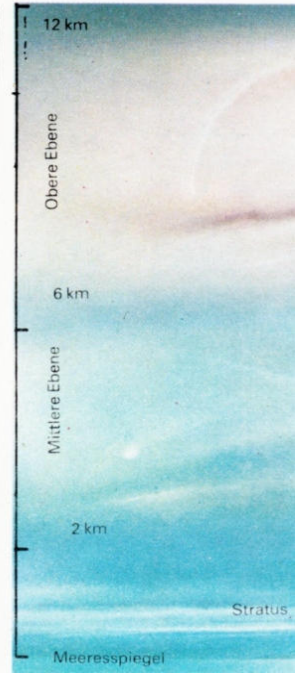
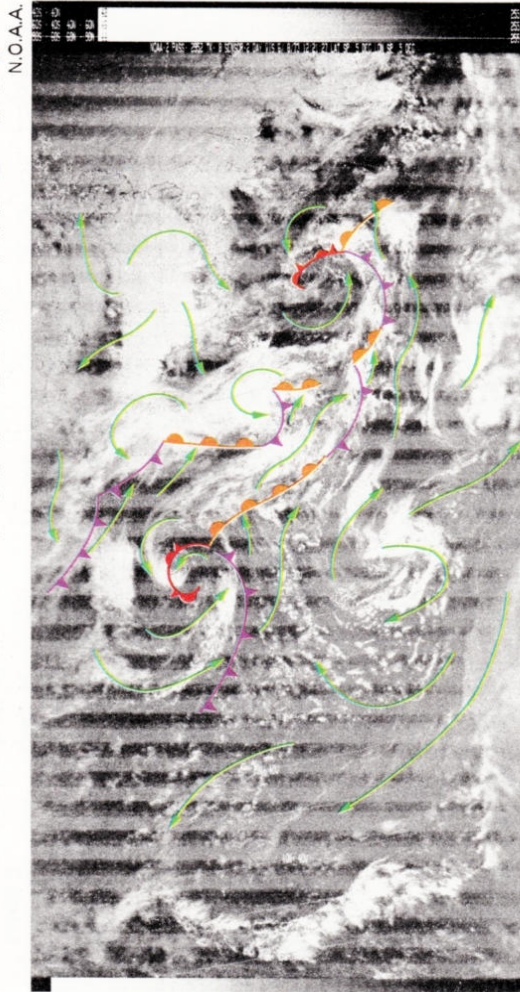
Wetterbeobachtung

Täglich halten über 7000 Wetterstationen zu Lande (und etwa 1000 Handelsschiffe zu Wasser) regelmäßig und zu vereinbarten Zeiten Angaben über das Wetter fest. Jede Beobachtung umfaßt Einzelheiten über Windstärke und Windrichtung, Luftdruck und Druckveränderungen während der vorangegangenen drei Stunden, Temperatur und Luftfeuchtigkeit, Sicht, Art der Wolken, ihre Dichte, die Höhe der Wolkenschichten sowie die Art des Niederschlages (Regen, Schnee usw.).

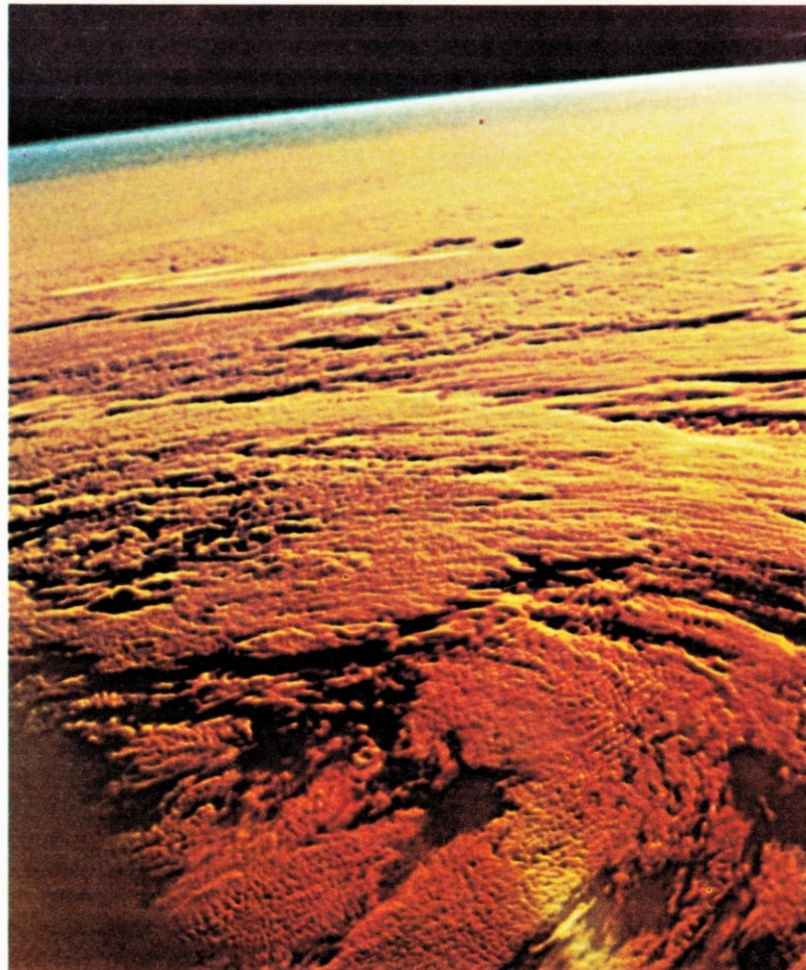
Die Luftschichten der Troposphäre und der unteren Stratosphäre werden von fast 800 Stationen überwacht, die zwei- oder viermal täglich Meßinstrumente an Ballons aufsteigen lassen. Diese 'Radiosonden' funken Angaben über Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit zur Bodenstation. Die Erfassung des ganzen Gerätes durch Radar erlaubt es, die Windrichtung und -geschwindigkeit zu bestimmen.

Das weltweite Netz der Wetterbeobachtungen reicht jedoch an keiner Stelle aus, um ein vollständiges Bild der Wettervorgänge zu erhalten. In jedem Augenblick sind wahrscheinlich etwa 100 000 Regenschauer aktiv, und mehr als 2000 Gewitter mögen zu gleicher Zeit auf der Welt ablaufen. Viele dieser Vorgänge werden nie dokumentiert. Auf der südlichen Halbkugel und in den Tropen sind die Wetterstationen so rar, daß nicht einmal die wichtigsten Hoch- und Tiefdruckgebiete zufriedenstellend festgehalten werden können.

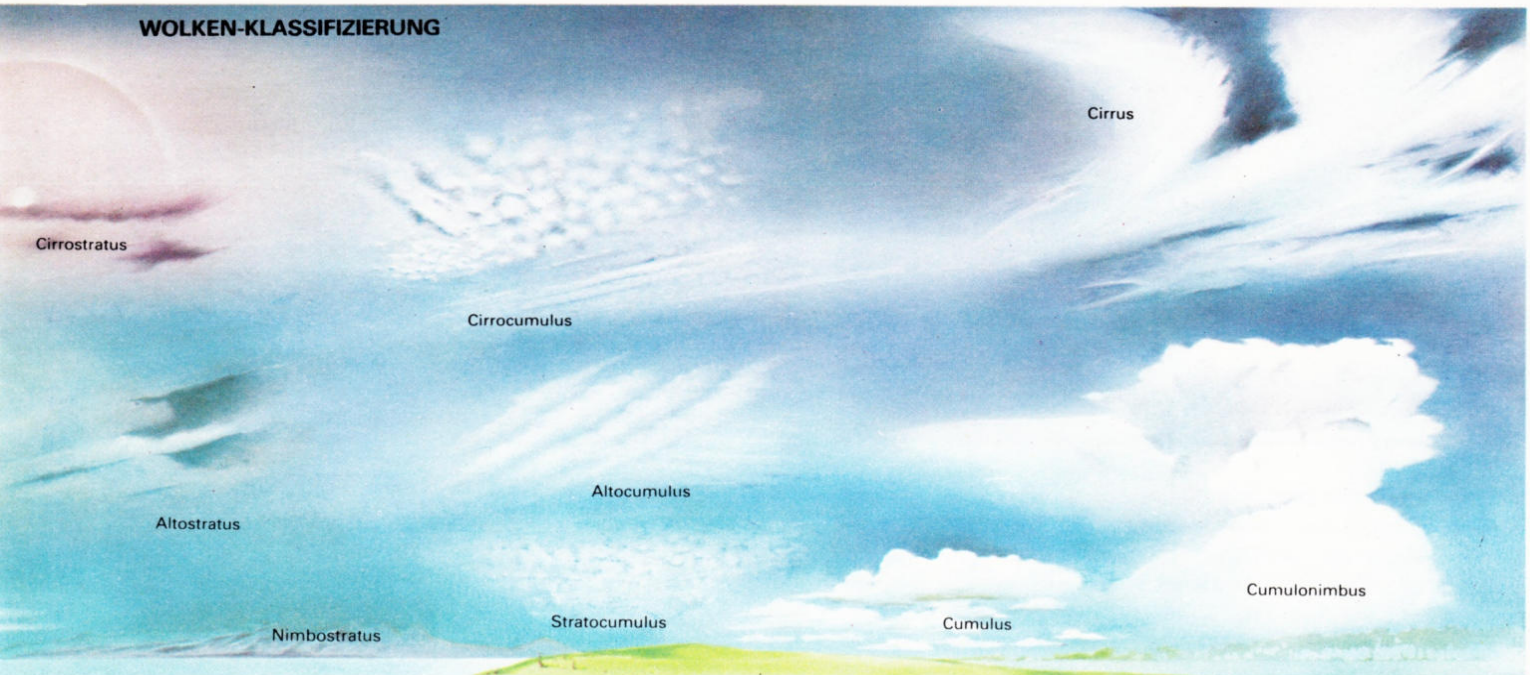
Wettersatelliten füllen heute schon viele dieser Lücken.



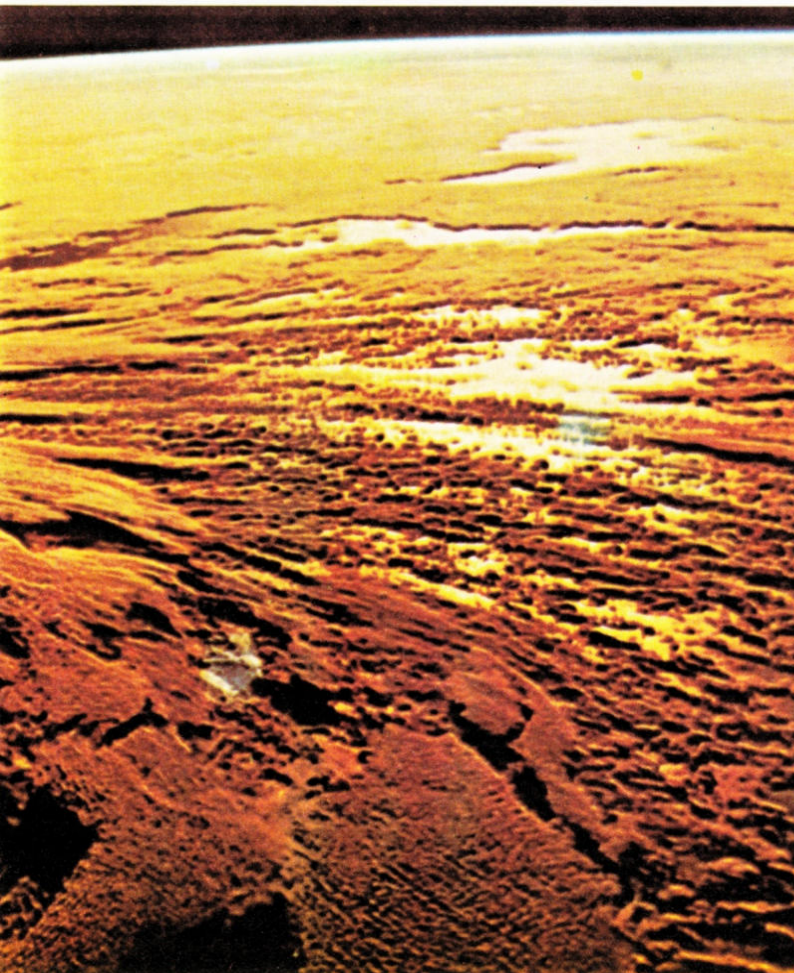
Unten: Ein Foto des Orkans 'Gladys'; im Jahre 1968 aus dem Weltraum aufgenommen.



WOLKEN-KLASSIFIZIERUNG



Links: Ein Satellitenfoto, das die Wetterbedingungen über den nordöstlichen Atlantik am 8. Juni 1973 um 12 Uhr mittags veranschaulicht. Wolkenformationen, Zykclone, Warm- und Kaltluftfronten sind deutlich im Foto zu sehen. Hochdruckgebiete kann man an der kompakten Wolkenschicht erkennen. In der subtropischen Zone — unten im Bild — sieht man eine Cumulus-Wolkenformation. Die in solchen Fotos enthaltenen Daten werden von Meteorologen ausgewertet und ermöglichen es, eine genaue Vorhersage über sich nähernde Hoch- und Tiefdruckgebiete zu machen.



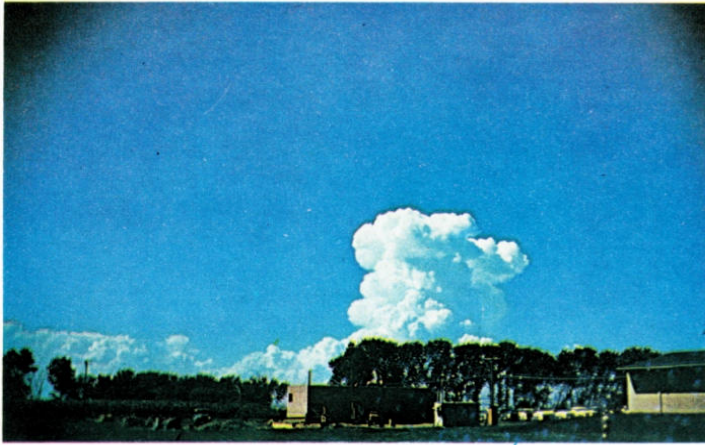
Der erste Wettersatellit wurde im Jahre 1960 in Betrieb genommen. Heute wird die Erde Tag und Nacht von Satelliten beobachtet, die von polaren Umlaufbahnen aus automatisch und ohne Verzögerung Bilder zur Erde senden, die mit sichtbarem Licht und mit infraroter Strahlung aufgenommen werden. Diese Bilder stehen jeder Bodenstation zur Verfügung, die zum Empfang ausgerüstet und abgestimmt ist. Viele Wetterdienste können sich heute auf eine Serie von Satellitenaufnahmen stützen, die die Wetterverhältnisse in einem Umkreis von 1500 km mindestens einmal täglich wiedergeben. Diese Aufnahmen, die eine halbe Stunde nach der Übermittlung durch den Satelliten bereits ausgewertet werden können, zeigen zwar keine einzelnen Wolken, es werden jedoch Wolkensysteme von mehr als 3 km bis 5 km Durchmesser sichtbar.

Die neueren Wettersatelliten senden ihre Informationen in digitaler Form zur direkten Weitergabe an Rechenanlagen, die sie in Windkennwerte, Temperaturen und Wolkenanordnungen umsetzen. Diese Verfahren stehen noch am Anfang der Entwicklung, die in Zukunft auf große Fortschritte in der Zuverlässigkeit der Wetterbeobachtung, von denen eine präzisere Wettervorhersage abhängt, hoffen lassen.

Die Tropen und Subtropen werden ständig von ortsfesten ('geostationären') Satelliten beobachtet, die sich auf einem Ring in 36 000 km Höhe über dem Äquator befinden und alle 20 Minuten Bilder zu Bodenstationen senden. Die meisten dieser Satelliten, darunter auch der europäische 'Meteosat', sind im Rahmen des 'Globalen Programms zur Erforschung der Atmosphäre' (GARP = Global Atmospheric Research Program) der Meteorologischen Weltorganisation (WMO = World Meteorological Organisation, Fachorganisation der Vereinten Nationen) in ihre Umlaufbahnen gebracht worden. Wegen der Krümmung der Erdoberfläche läßt sich mit diesen Satelliten eine begrenzte Zone von 55° nördlicher Breite bis 55° südlicher Breite beobachten.

Wetterkarten

Eine einfache Art von Wetterkarte erhält man durch die Aufzeichnung der Windbeobachtungen. Damit ergibt sich ein Überblick über die Lage der Hoch- und Tiefdruckgebiete. Eine wesentlich bessere Karte läßt sich jedoch aus den Informationen über den Wind und den Luftdruck gewinnen. Beide sind (außer in der Nähe des Äquators) durch die 'geostrophische Windgleichung' verknüpft. Punkte gleichen



Druckes verbindet man durch Linien, die 'Isobaren' genannt werden. Diese Linien geben unmittelbar Auskunft über die Winde: Wenn die Isobaren eng zusammenliegen, sind die Winde stark, liegen die Isobaren weiter auseinander, so sind die Winde schwächer. Die Windrichtung hängt von der Lage der Hoch- und Tiefdruckzentren ab. Auf der nördlichen Halbkugel wehen die Winde im Uhrzeigersinn drehend von den Hochdruckzentren weg (Antizyklone) und entgegen dem Uhrzeigersinn in die Tiefdruckgebiete hinein (Zyklone). Diesen Sachverhalt kann man sich am einfachsten nach dem barischen Windgesetz (Buys Ballotsches Gesetz), einem der ältesten Gesetze der Meteorologie, merken. Es besagt, daß auf der nördlichen Halbkugel der niedrigere Druck auf der linken Seite herrscht, wenn man den Rücken in den Wind dreht. Auf der südlichen Halbkugel gilt das Gegenteil.

Die Isobaren-Karte kann man mit einer Karte mit Höhenschichtlinien vergleichen, wie man sie zur topographischen Darstellung der Erdoberfläche anfertigt. Linien gleicher Höhe entsprechen Isobaren, Berge Gebieten hohen Druckes und Senken Tiefdruckgebieten. Zwischen Bergen und Senken befinden sich Grate und Täler, Pässe und Rinnen usw. Ähnlich findet man auf Isobaren-Karten Grate (Keile) als Ausläufer von Hochdruckgebieten und Täler (Rinnen) als Fortsetzung von Tiefdruckzonen.

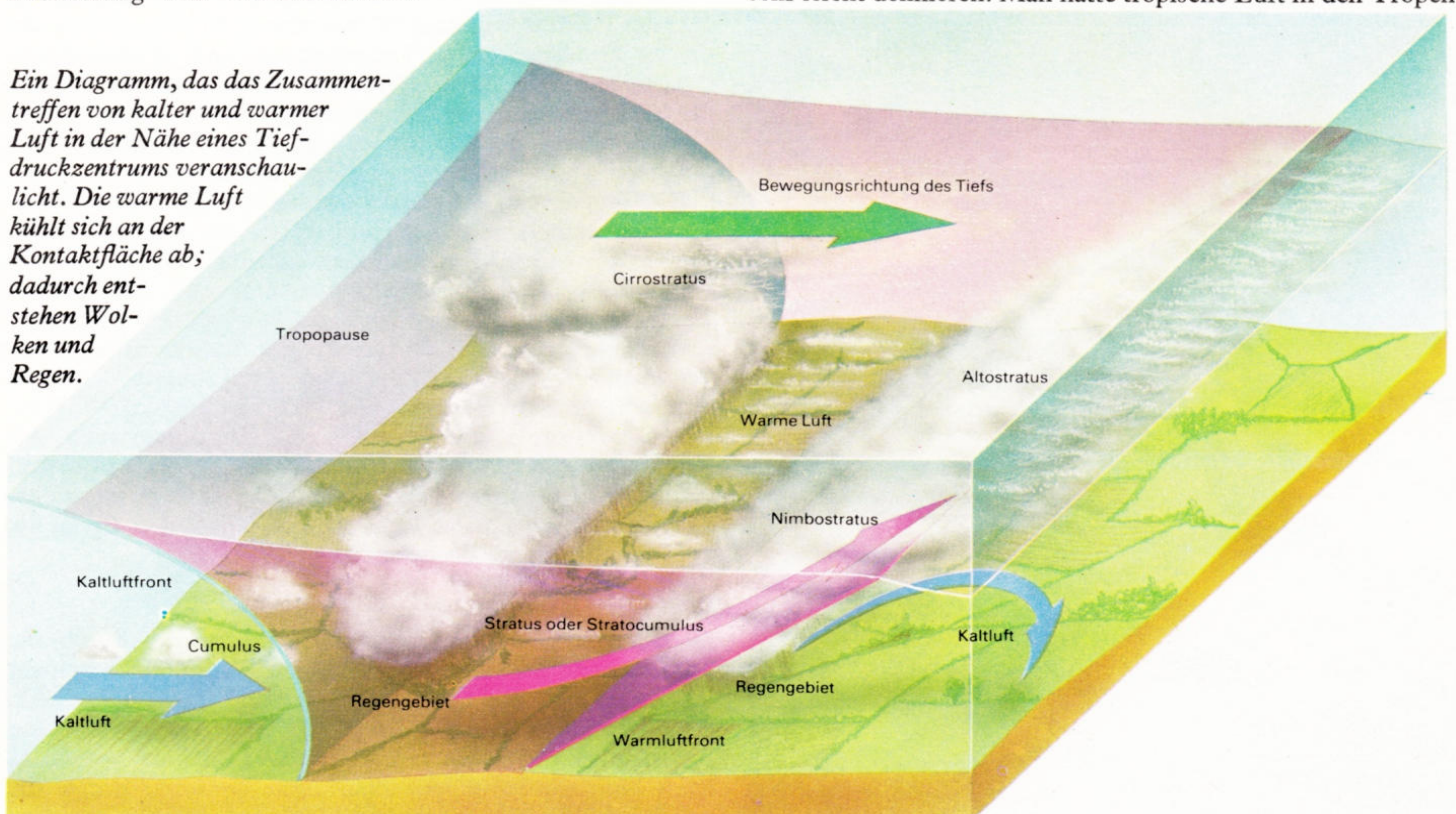


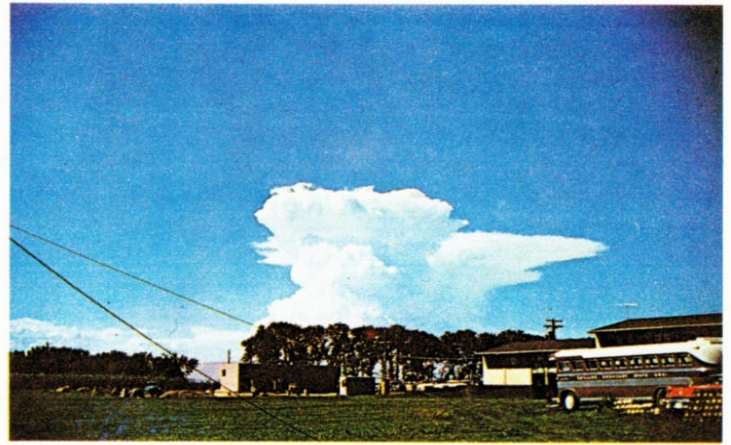
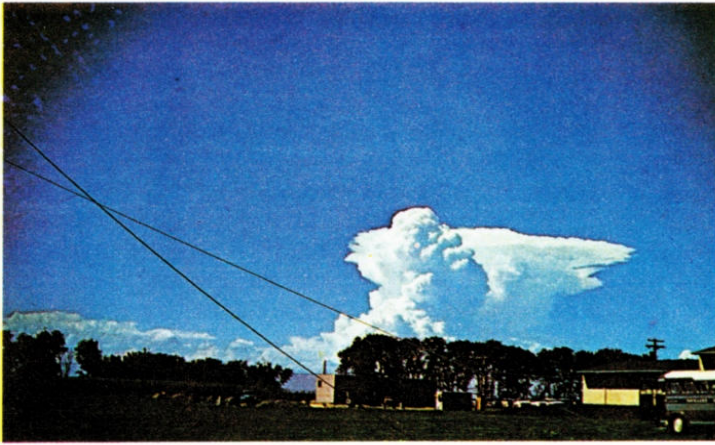
Luftmassen

Die Isobaren wurden um das Jahr 1860 in die Wetterkarten aufgenommen. Der nächste große Fortschritt ließ bis zum Jahre 1918 auf sich warten, als die 'Front' als Grenzgebiet zwischen Luftmassen verschiedenen Ursprungs eingeführt wurde.

Wäre die Luft unbeweglich, ließen sich die Luftmassen sehr leicht definieren. Man hätte tropische Luft in den Tropen

Ein Diagramm, das das Zusammen-treffen von kalter und warmer Luft in der Nähe eines Tiefdruckzentrums veranschaulicht. Die warme Luft kühlt sich an der Kontaktfläche ab; dadurch entstehen Wolken und Regen.

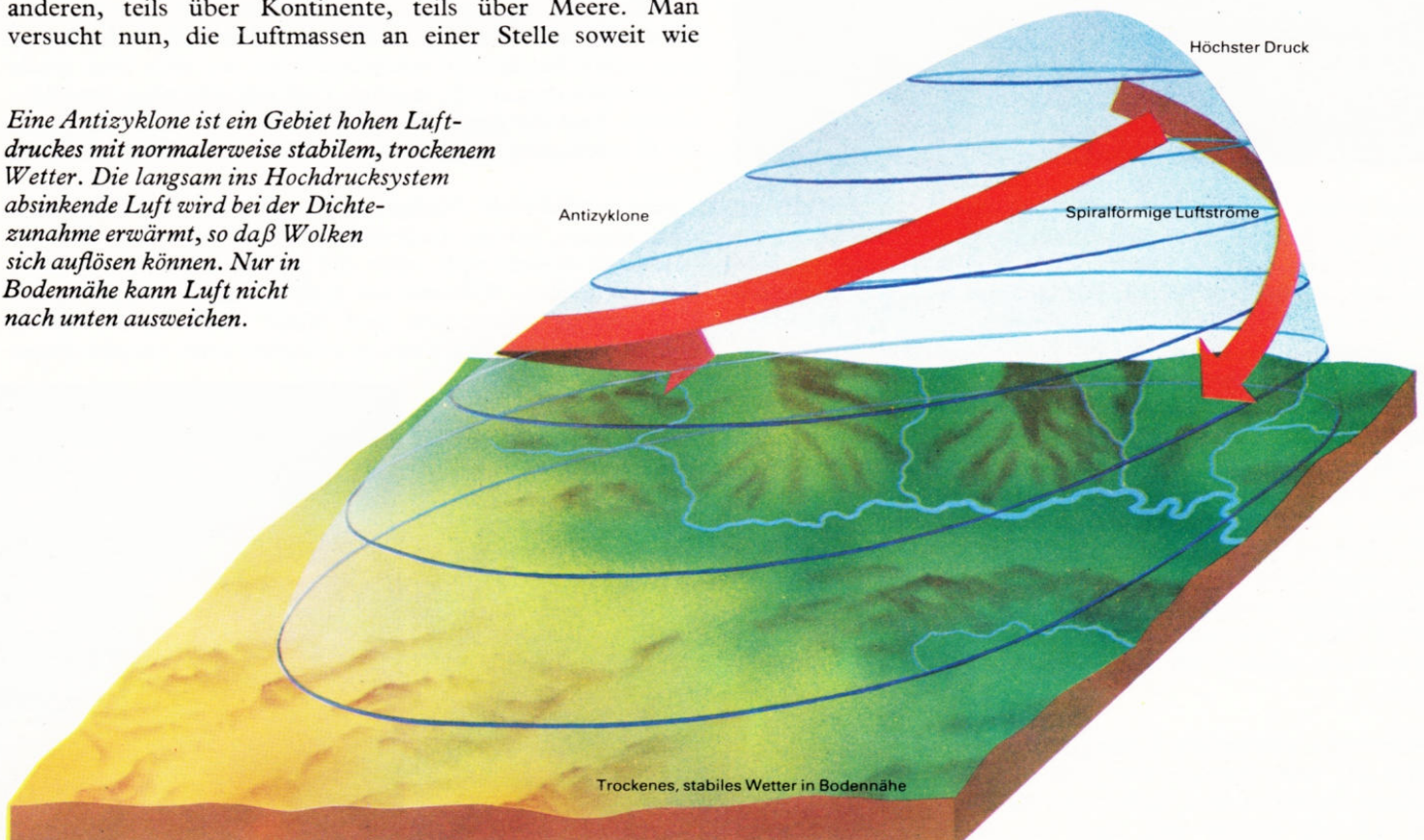




Links: Diese Serie von sechs Bildern zeigt die Bildung einer amboßförmigen Cumulonimbus-Wolke. Die in Bodennähe erwärmte Luft steigt auf und kühlt sich ab. Wolkenbildung setzt ein, sobald der Taupunkt unterschritten wird; die entsprechende Höhe heißt Kondensationsgrenze. Solange die umgebende Luft verhältnismäßig kühl ist, wächst eine Cumuluswolke nach oben weiter. Mit fortschreitender Kondensation wachsen die Wassertropfchen und können groß genug werden, um als Regen herunterzufallen. Damit ist die Cumulonimbus-Wolke entstanden. In einer schnell nach oben wachsenden Wolke, wie sie hier abgebildet ist, können die Wassertropfchen in Aufwärtsbewegung bleiben, bis sie zu Eis erstarren. Die Wolke ändert dann ihr Erscheinungsbild und wird streifenförmig mit unscharf begrenzten Rändern. Die Höhenwinde führen die Eiskriställchen in eine Richtung mit und tragen zur Ausbildung der im letzten Bild gezeigten typischen Form bei.

und polare Luft über den Polen, Seeluft (maritime Luft) über dem Meer und kontinentale Luft über den Kontinenten. Die verschiedenen Luftmassen hätten entsprechend klare Merkmale: Tropische Meeresluft wäre warm und feucht, tropische Festlandsluft warm und trocken usw. In Wirklichkeit bewegen die Winde fortwährend Luft von einem Teil der Erde zum anderen, teils über Kontinente, teils über Meere. Man versucht nun, die Luftmassen an einer Stelle soweit wie

Eine Antizyklone ist ein Gebiet hohen Luftdruckes mit normalerweise stabilem, trockenem Wetter. Die langsam ins Hochdrucksystem absinkende Luft wird bei der Dichtezunahme erwärmt, so daß Wolken sich auflösen können. Nur in Bodennähe kann Luft nicht nach unten ausweichen.



möglich nach der Herkunft zu charakterisieren.

Über Nordwesteuropa lassen sich hauptsächlich vier Luftmassen gut unterscheiden, die kurz charakterisiert werden sollen. Tropische Meeresluft wird auf ihrer Reise gen Norden über dem Meer auf Temperaturen unterhalb des Taupunktes abgekühlt und bringt zahlreiche tiefziehende Wolken und Nebel, oft auch Nieselregen und Regenfälle, mit sich. Wenn diese Luft an den Küsten und Bergen aufsteigt, bilden sich noch dichtere Wolken, es folgt weiterer Niederschlag; die Atmosphäre ist warm und feucht. Polare Meeresluft kommt vom Nordatlantik, hat einen niedrigen Taupunkt und ist klar

Unten: Eine Radiosonde, wie sie heute in vielen Wetterballons benutzt wird. Die Instrumente hängen an einer Kette unterhalb des Ballons und senden Meßwerte über Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit. Auch ein Fallschirm und eine Radarantenne sind sichtbar.



und frisch. Wird diese Luft über den britischen Inseln erwärmt, kommt es zu Durchmischungen in beträchtlichen Höhen. Die wenigen Staubteilchen, die dabei aufgenommen werden, beeinträchtigen die Klarheit nur wenig. Andererseits bilden sich gelegentlich Regenschauer.

Tropische kontinentale Luft aus Wüstengebieten wie der Sahara ist sehr warm und trocken. Staub- und Rauchteilchen, die sie auf ihrem Wege aufnimmt, machen diese Luft dunstig, besonders wenn durch die Abkühlung in der Nähe der Erdoberfläche eine 'Temperaturinversion' zustandekommt, durch die diese kleinen Teilchen in niedrigen Höhen zurückgehalten werden. Polare kontinentale Luft ist durch ihre Trockenheit gekennzeichnet, die zur Austrocknung der Haut und zum Aufspringen der Lippen führt. Sie kommt aus nördlichen Kontinentalbereichen und hat den niedrigsten Taupunkt aller Luftarten. Im Sommer können diese Luftmassen sehr warm werden, aber im Winter sind sie gewöhnlich sehr kalt.

Atmosphärische Energie

Wie alle Substanzen bewegt sich auch die Luft wegen ihrer Masse nur unter dem Einfluß von Kräften. Selbst die kleinen Wirbel, die Blätter und Staub um die Ecken der Häuser

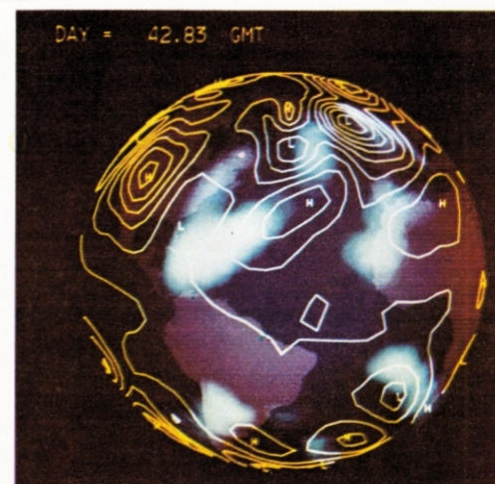
blasen, brauchen Energie, um in Gang zu kommen und in Bewegung zu bleiben. Diese Energie wird aus dem gesamten Energieinhalt des Windes bezogen, ebenso wie Hoch- und Tiefdruckgebiete ihre Energie aus den globalen Bewegungen der Atmosphäre beziehen, also aus den großen Windgürteln, die die Erde umziehen. Diese Winde sind in den gemäßigten Breiten und in den oberen Schichten der Troposphäre am stärksten. Einen Eindruck von der Energie, die in diesen Windsystemen gespeichert ist, vermitteln die Geschwindigkeiten der Strahlströmung ('Jetstream', Zone maximaler Windgeschwindigkeiten in 8 km bis 12 km Höhe) mit 350 km/h und mehr. Die Quelle all dieser Energie ist die Sonne. In der einfachsten Modellvorstellung hält die Sonnenenergie die Windsysteme in Gang, indem sie Luft in tropischen Breiten erwärmt, wodurch sie aufsteigt und durch kühlere Luft aus den polaren Gebieten ersetzt werden muß. Zum Ausgleich fließt in der Höhe die tropische Luft zu den Polen und zieht dort nach unten. Tatsächlich wirken sich viele zusätzliche Einflüsse aus, besonders die Drehung der Erde und die Verteilung der Land- und Seegebiete. Dadurch kommt es zu sehr komplizierten Windsystemen, die dennoch einige jährlich wiederkehrende charakteristische Eigenschaften besitzen, wie dies beispielsweise an den Passatwinden erkennbar ist.

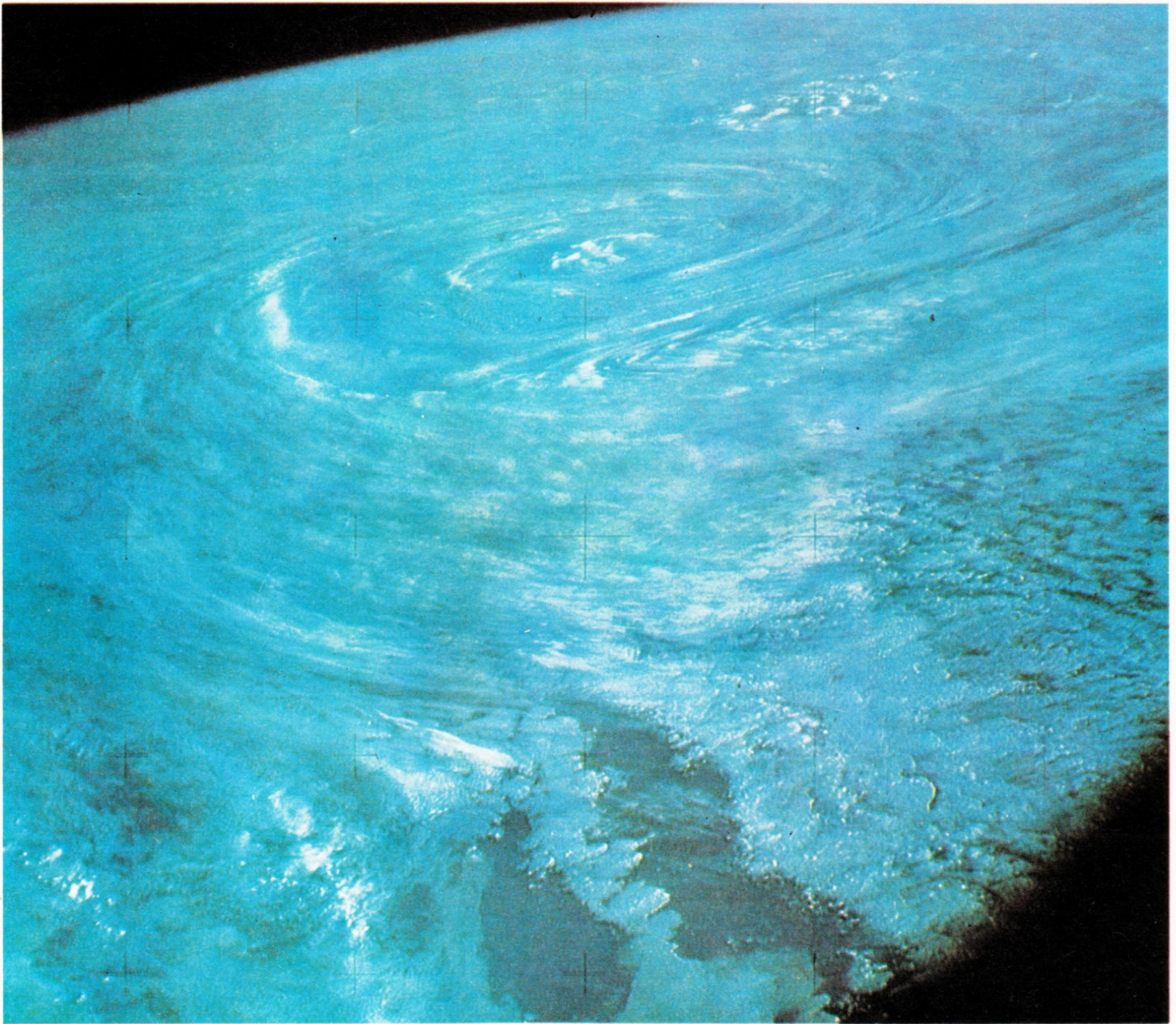
Die Rolle des Wasserdampfes

Wasserdampf ist ein sehr wichtiges Medium zur Wärmeübertragung. Er ist häufig entscheidend an den Anfangsstadien und der endgültigen Ausprägung atmosphärischer Störungen beteiligt. Wasser verdampft ständig aus den Ozeanen, Seen und feuchten Böden. Die große Wärmemenge, die zur Verdampfung des Wassers nötig ist ('latente Wärme'), führt zu einer Abkühlung des Meeres oder des Landes, es sei denn, die Sonne führt entsprechend äquivalente Wärmemengen zu. Der Wasserdampf steigt nach oben und wird vom Wind mitgeführt, bis es irgendwo zur Wolkenbildung kommt, d.h. der Wasserdampf kondensiert sich und fällt als Regen nieder. Bei der Kondensation wird die latente Wärme wieder frei und an die Luft abgegeben. Diese zusätzliche Energie gibt manchmal den Ausschlag zur Bildung eines Wirbels. Insbesondere tropische Stürme entstehen dort, wo sich eine große Masse warmer und sehr feuchter Luft nur sehr träge vorwärtsbewegt. Fast die ganze Energie des Sturmes wird hier durch die Kondensation aus der latenten Wärme des Wasserdampfes bezogen.

Eine beträchtliche Menge latenter Wärme wird freigesetzt, wenn warme, feuchte Luft auf kalte Luft trifft. Die dichtere kalte Luft schiebt sich unter die warme Luft, die dadurch nach oben steigt. Während des Steigens kühlt sie sich ab, der Wasserdampf kondensiert und bildet Wolken, die latente Wärme wird frei. Die Grenze zwischen zwei verschiedenen

Rechts: Für tägliche Wettervorhersagen werden Computer und komplizierte Modelle benutzt. Diese simulierte Erdballkarte zeigt den Luftdruck (in Isobaren gemessen) und die Wolkenbedeckung (weiß im Bild) eines typischen Januartages. Sie wurde von einem Computer des 'National Centre for Atmospheric Research' in Colorado, USA, gezeichnet.





Luftmassen heißt 'Front'. Wegen der großen Energiebeträge, die aus der latenten Wärme verfügbar werden, sind solche Fronten bevorzugte Gebiete für die Bildung neuer Tiefdrucksysteme.

Wolken und Wolkenbildung

Alle Wolken bestehen entweder aus Wassertropfchen oder aus Eiskristallen. Eine Wolke, auf die das Sonnenlicht fällt, wird normalerweise weiß aussehen. Eine die Sonne verdeckende Wolke kann dagegen dunkel und bedrohlich erscheinen. Eine Wolke kann auch schwarz aussehen, wenn sie viele Schmutz- oder Rußteilchen enthält, wie man besonders über Industriegebieten feststellen kann.

Gesättigter Wasserdampf, Nebel und Wolken haben alle die gleiche Bedeutung: Sie entstehen, wenn die Luft unter ihren Taupunkt abgekühlt wird, also unter die Temperatur, bei der sie mit Wasserdampf gesättigt ist. Luft, die wärmer ist, als ihrem Taupunkt entspricht, heißt ungesättigt.

Zur Kondensation sind kleine 'Keime' notwendig, auf denen die kleinen Wassertropfchen wachsen können. Ohne solche 'Kondensationskerne' — Ionen und Staubteilchen — kann die Luft 'übersättigt' werden (also einen Überschuß an Wasserdampf enthalten, der nicht in Form von Tropfchen kondensieren kann).

Dieses Satellitenfoto zeigt den Wirbel eines Orkans im südlichen Pazifik. Im allgemeinen ist die Energiedichte eines Wirbels um so größer, je kleiner sein Durchmesser ist.

Die meisten Wolken kommen durch Aufwärtsbewegungen (Aufwinde) der Luft zustande, denn dabei gelangt die Luft in Gebiete geringeren Druckes. Geringerer Druck führt zu einer Ausdehnung und Abkühlung der Wolken. Diese Aufwinde entstehen an Bergen oder im Zentrum von Tiefdruckgebieten. Bei der Entstehung der Cumulus-Wolken lösen sich große 'Blasen' erhitzter Luft von der Erdoberfläche und steigen nach oben (etwa bei starker Sonneneinstrahlung auf ein Land- oder Seegebiet). Ungesättigte Luft kühlt sich bei 100 m Höhenzunahme um 1°C ab. Sobald die Kondensation einsetzt, verringert sich die Abkühlrate auf 1°C für jeweils 150 m.

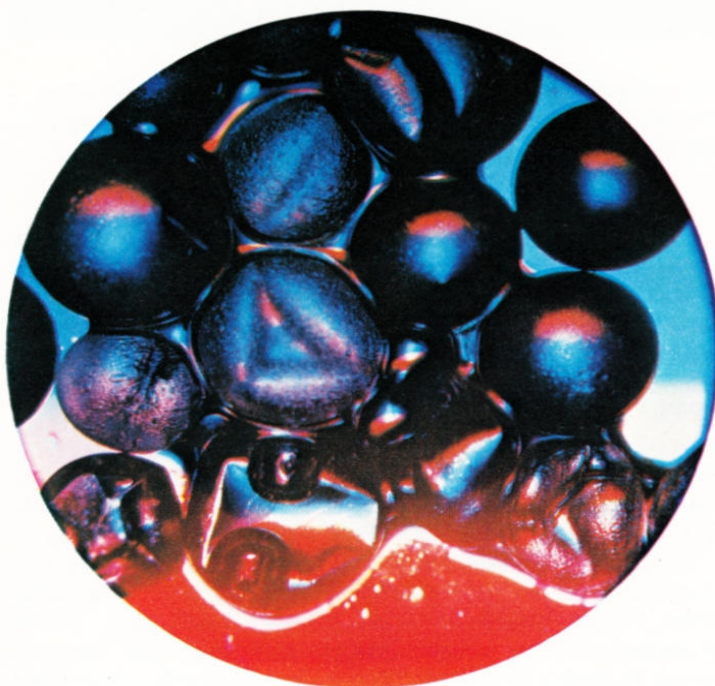
Wolken im Kontakt mit der Erdoberfläche heißen Nebel. Nebel, der sich in einer klaren, ruhigen Nacht in Bodennähe bildet, heißt Strahlungsnebel, da das Land sich durch Wärmeabstrahlung schnell abkühlt und dann die benachbarten Luftschichten kühlt. Wenn warme, feuchte Luft über kaltes Wasser gelangt, entsteht Seenebel. Küsten- und Bergnebel bilden sich, wenn feuchte Luft an einer Küste oder einem Gebirge aufsteigt.

MIKROEINKAPSELUNG (MIKROVERKAPSELUNG)

Mikroverkapselung kann am besten als ein Verpackungsverfahren beschrieben werden, bei dem kleinste Festkörperteile oder Flüssigkeitstropfen in winzige Kapseln eingeschlossen werden.

Eine mikroverkapselte Flüssigkeit verhält sich wie ein Festkörper in Pulverform. Die Flüssigkeit wird erst bei Durchbrechen der Kapselwand, zum Beispiel durch Druck oder Erwärmung, freigesetzt. Dieses Verfahren kann angewendet werden, wenn man miteinander reagierende Stoffe so lange getrennt halten will, bis ihre Mischung erforderlich wird. Dabei wird ein Abbau instabiler Stoffe verhindert, Geschmack oder Geruch unter Verschluss gehalten und die Flüchtigkeit oder Entflammbarkeit herabgesetzt.

Das Verfahren der Mikroverkapselung wurde erstmalig in größerem Umfange im Jahre 1954 angewendet, als das NCR-Papier auf den Markt kam. Dabei handelt es sich um ein Papier, das ohne Verwendung von Kohlepapier durchschreibt. Man arbeitet hier mit zwei farblosen Chemikalien, aus deren Reaktion ein Farbstoff entsteht. Eine der Komponenten ist in Öl (in Dispersion) verteilt und in Teilchen von $14\text{ }\mu\text{m}$ Durchmesser ($1\text{ }\mu\text{m} = 1$ Millionstel Meter) verkapselt. Mit diesen Kapseln wird die Rückseite des einen Papierbogens beschichtet, während die andere Chemikalie auf die Vorderseite des untergelegten Papierbogens aufgetragen ist. Werden die Papierbogen gemeinsam in die Schreibmaschine gespannt, zerstört der örtlich einwirkende Druck der angeschlagenen Typen die Kapseln und gibt die erste Farbkomponente frei. Sie fließt auf die Vorderseite des zweiten Bogens und reagiert dort mit der anderen Farbkomponente. Hierdurch wird Farbe sichtbar. So entsteht ein Durchschlag des Geschriebenen ohne Verwendung von Kohlepapier. Durch dieses NCR-Papier wird es möglich, bei automatischen Rechen- und Buchungsmaschinen Endlos-Schreibpapier zu verwenden und gleichzeitig mit dem Original die entsprechende Kopienanzahl herzustellen.



Oben: Unter dem Mikroskop werden die in der Kapsel eingeschlossenen Flüssigkeitstropfen sichtbar.

Herstellung und Verwendung

Mikroverkapselte Erzeugnisse werden im Chargenverfahren hergestellt, das aus drei unter fortwährender Bewegung der Massen durchgeführten Stufen besteht. In der ersten Stufe werden die drei nicht mischbaren Phasen hergestellt: Eine flüssige Trägerphase, eine Ummantelungsphase und eine Kernmaterialphase. Das Überzugsmaterial wird im flüssigen Trägerstoff aufgelöst und das flüssige oder feste Kernmaterial, das ein Schmierstoff, Farbstoff oder Wirkstoff sein kann, in der entstandenen Lösung in Suspension gebracht. Die Koazervierung, der zweite Schritt, geschieht durch Änderung der Temperatur oder des pH-Wertes (der pH-Wert gibt reziprok den Säuregehalt einer Lösung an). So entsteht das Dreiphasensystem. Nachdem der koazervierte Überzug fertig ist, konzentriert sich diese Phase im Verlauf des Prozesses und lagert sich auf der Oberfläche des Kernmaterials an. Die Absorption (die Anlagerung einer Substanz auf der Ober-



G. A. ROBINSON

Oben: Nieten werden mit mikroverkapselter Rostschutzfarbe überzogen. Beim Nietvorgang werden die Kapseln zerstört und die Farbe wird freigegeben.

fläche der anderen) dauert so lange, bis die gesamte Ummantelungsphase die Teilchen des Kernmaterials umhüllt hat. Bei der abschließenden Stufe verfestigt sich das Ummantelungsmaterial durch chemische Reaktion. Jetzt können die Mikro kapseln durch Trocknen in ein leicht rieselndes Pulver verwandelt oder als dünnflüssiger Brei in der Trägerflüssigkeit so dispergiert werden, daß sich eine Emulsion bildet.

Eine der nützlichsten Eigenschaften mikroverkapselter Erzeugnisse liegt in der Fähigkeit, den Kapselinhalt gleichmäßig über einen längeren Zeitraum freizugeben. Aus diesem Grunde können Tabletten, die einen mikroverkapselten Wirkstoff enthalten, ihre Wirkung über einen Zeitraum von etwa acht Stunden entfalten. Auch Insekten-, Unkraut- und Pilzvertilgungsmittel kann man in Mikro kapseln einschließen und damit eine gleichbleibende Wirkung über einen festgesetzten Zeitraum erzielen. In der Tiermedizin werden Präparate in mikroverkapselter Form gegeben, um so Tiere zur Aufnahme unangenehm schmeckender Substanzen zu bringen. Klebstoffe und Dichtmittel, die durch Vermischen von zwei Komponenten gebrauchsfertig werden, lassen sich dadurch in einen einzigen Behälter verpacken, daß man eine der Komponenten in Mikro kapseln einschließt. Diese brechen unter Druck oder Wärmeeinwirkung auf und werden so aktiviert.

MIKROFILM

Die Mikroverfilmung ist ein äußerst raumsparendes fotografisches Dokumentationsverfahren. So können etwa 75 Seiten aus 'Der Große Brockhaus' auf einem postkartengroßen Stück Film gespeichert werden.

Mit Hilfe der Mikroverfilmung wird eine Informationseinheit, wie z.B. eine technische Zeichnung oder eine Buchseite, stark verkleinert fotografisch aufgezeichnet.

Für viele mag das Wort Mikrofilm ziemlich anrüchig sein und an Spionage-Praktiken erinnern, wie etwa die Verkleinerung von Geheimplänen bis zur Größe eines Punktes oder die Aufzeichnung von Geheimakten auf einen kleinen, in einem Füllfederhalter versteckten Filmstreifen oder ähnliches. Doch dies sind außergewöhnliche Anwendungen der Mikrofotografie. Dagegen machen wir — vielfach unbewußt — in unserem privaten und geschäftlichen Leben ständig von ihr Gebrauch.

So wird wahrscheinlich ein Scheck, den man ausstellt, auf Mikrofilm aufgezeichnet. Auch ein großer Anteil an Bankauszügen und Rechnungen, die man erhält, wurden vorher auf Mikrofilm kopiert. Krankengeschichten, Personalakten, Lottozettel, Geburts-, Heirats- und Sterbeurkunden, Rentenbescheide sowie Steuerjournale sind einige wenige Beispiele, bei denen die Mikroverfilmung zur Nachrichtenübermittlung und Dokumentation angewendet wird.

Die kommerzielle Nutzung der Mikrofotografie wurde

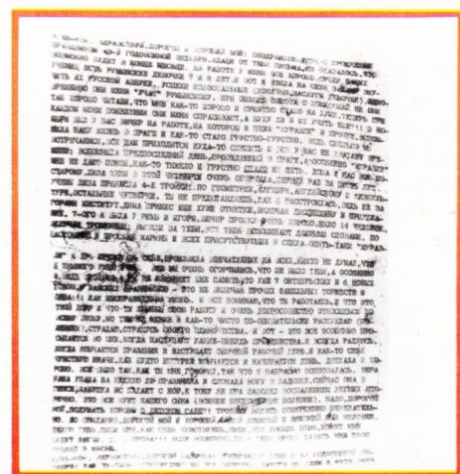
zuerst von dem New Yorker Bankangestellten G. I. McCarthy erkannt, der im Jahre 1825 auch ein Patent über ein Gerät zum Fotografieren von Schecks angemeldet hatte. Im Mai 1928 stellt Eastman Kodak dann die ersten käuflichen 16-mm-Mikrofilmgeräte her, die in zwei New Yorker Banken installiert wurden.

Mikrofilmgeräte

Die Kameras zur Aufnahme von Dokumentation auf üblicherweise 16 mm, 35 mm oder 105 mm breite Filme werden allgemein als Mikrofilmgeräte bezeichnet. Sie lassen sich in drei große Kategorien einteilen: die Schrittkameras, die Durchlaufkameras und die COM-Geräte (COM = Computer-Output on Microfilm = Computerausgabe auf Mikrofilm aufgenommen). Die Schrittkamera ist eine normale Filmkamera mit Objektiv, Blende und Transportvorrichtung und ist an eine Säule über dem Dokumenten-Beleuchtungstisch montiert. Sie arbeitet mit 16 mm oder 35 mm breitem Filmmaterial. Sie ist der langsamste der drei Gerätetypen und kann auf die verschiedensten Vorlagenformate durch Verstellung in der Höhe angepaßt werden. Dokumente, Zeitungen, Buchbände und technische Zeichnungen bis zum Format $160 \times 114 \text{ cm}^2$ können zu Einzelbildern auf 35 mm breitem Mikrofilm verkleinert werden.

Am häufigsten wird das Durchlauf-Mikrofilmgerät benutzt, das in der Minute bis zu 600 Einzelbilder von Scheckvorlagen auf 16-mm-Mikrofilm aufnehmen kann. Diese Geräte sind für die Anwendung in Büroräumen ausgelegt und können

MICROFILM REPROGRAPHICS



Oben: Ein selten veröffentlichter Spionagebrief auf Mikrofilm, in russischer Sprache. Er wurde in Helen Krogers Handtasche gefunden und war so groß wie ein Streichholzkopf. Das Ehepaar Kroger wurde 1961 in London der Spionage für die Sowjetunion schuldig befunden.

Links: Ein tragbares Mikrofilm-Lesegerät. Es kann bis zu elf Kassetten mit je 3500 Einzelbildern speichern.

ASSOCIATED PRESS

nach wenigen Minuten auch von Nicht-Fotografen bedient werden. Die Vorlage wird von einem Band- oder Trommelmechanismus in den Aufnahmebereich befördert, während der 16-mm-Mikrofilm hinter dem Objektiv synchron in entgegengesetzter Richtung transportiert wird. Die Transportgeschwindigkeit des Filmes ist natürlich dem Verkleinerungsfaktor des Objektivs angepaßt. Bei einem Verkleinerungsfaktor von 1:20 beträgt z.B. die Filmgeschwindigkeit nur 1/20 der Vorlagengeschwindigkeit. Dadurch bleibt das Bild auf dem Film stationär. Auf eine Blende wird verzichtet, da die Belichtung nur über die Zeit gesteuert wird. Die Umrandung der Vorlage steuert den Transport und die Belichtung des Filmes. Nach Durchlauf der Vorlage stoppt der Film und das Belichtungssystem schaltet sich aus.

Während die Schritt- und Durchlaufkameras Mikrobilder von Papiervorlagen herstellen, übertragen die COM-Geräte ohne Zwischenbilder direkt vom Magnetband in die offene Mikrobildform. Dabei werden zunächst die magnetisch gespeicherten Informationen auf einem Oszilloskopbildschirm sichtbar gemacht und von dort auf Mikrofilm fotografiert. Die verwendeten Mikrofilme sind 16 mm, 35 mm, 82,5 mm oder 105 mm breit und werden mit maximal

schützen darüber hinaus den Mikrofilm und erleichtern das Einlegen in das Betrachtungsgerät und das automatische Einfädeln der Filme.

Mikrofilm-Klarsichttaschen, sogenannte Jackets, werden eingesetzt, wenn nachträglich irgendwelche Daten hinzugefügt oder gelöscht werden sollen. Die Jackets bestehen aus zwei dünnen transparenten Folien, die taschenförmig verschweißt und an die 16-mm- oder 35-mm-Formate angepaßt sind.

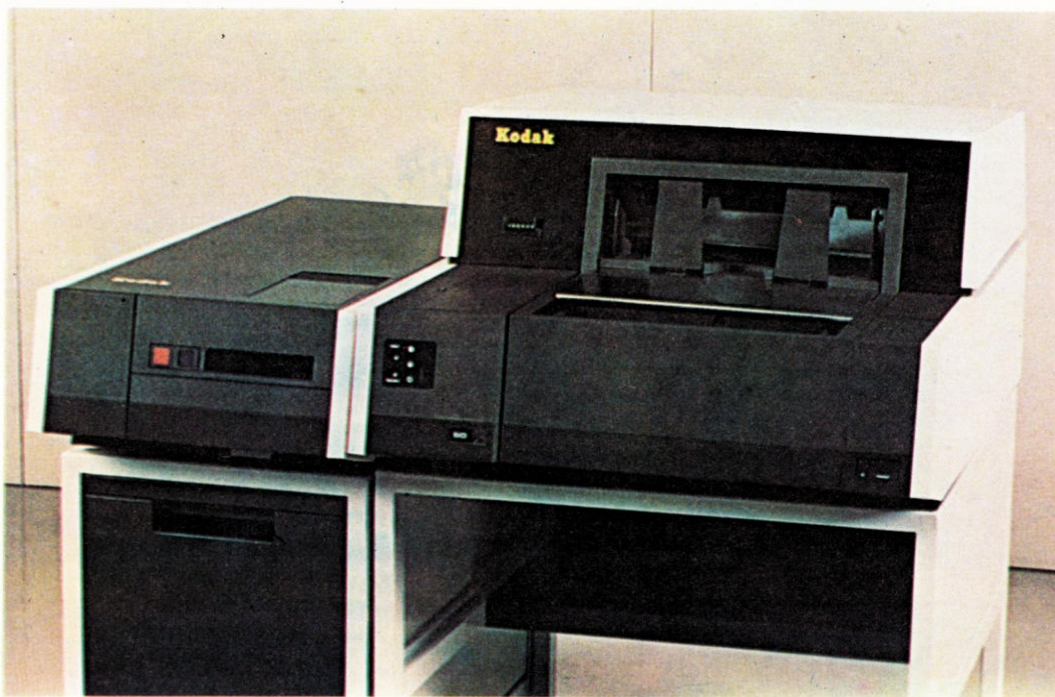
Eine weitere Variante der Mikrofilmspeicherung ist das 'Mikrofiche'. Es wird für Mikropublikationen benutzt, wenn es darum geht, zahlreiche Mikrokopien, wie etwa Informationsübermittlungen an Bibliotheken oder technische Ersatzteillager, zu verteilen. Das Mikrofiche ist ein Bildspeicher in Blattform, üblicherweise im Format $15 \times 10 \text{ cm}^2$, oder einer Lochkarte. Zwischen 60 (Verkleinerung 20:1) und 200 (Verkleinerung 40:1) Mikrobilder können auf dem Mikrofiche untergebracht werden. Das 'Ultrafiche' kann sogar bei einer Verkleinerung von 150:1 nahezu 3000 Mikrobilder auf einem DIN-A-6-Format aufnehmen.

Die Mikrofilmlochkarte besitzt wie die Lochkarte aus der Datenverarbeitung 80 Spalten. Sie ist mit einer oder mehreren Öffnungen für 16 mm oder 35 mm breite Mikrobilder versehen. Die Mikrofilmlochkarte wird hauptsächlich für technische Zeichnungen verwendet, wobei vorzugsweise eine 35-mm-Einzelaufnahme das Bildfeld in der Lochkarte ausfüllt.

Unten: Ein automatisches Hochgeschwindigkeits-Durchlauf-Mikrofilmgerät für 16-mm-Film. Der zu kopierende Stapel Dokumente wird in den Schlitz an Vorderseite eingeführt und erscheint nach dem automatischen Kopierprozeß wieder an der Oberseite des Gerätes. Der Film wird später entwickelt.

Mikrofilm-Auswertgeräte

Mikrobilder können nicht ohne optische Vergrößerung gelesen werden. Es gibt eine ganze Reihe von Lesegeräten, die ein



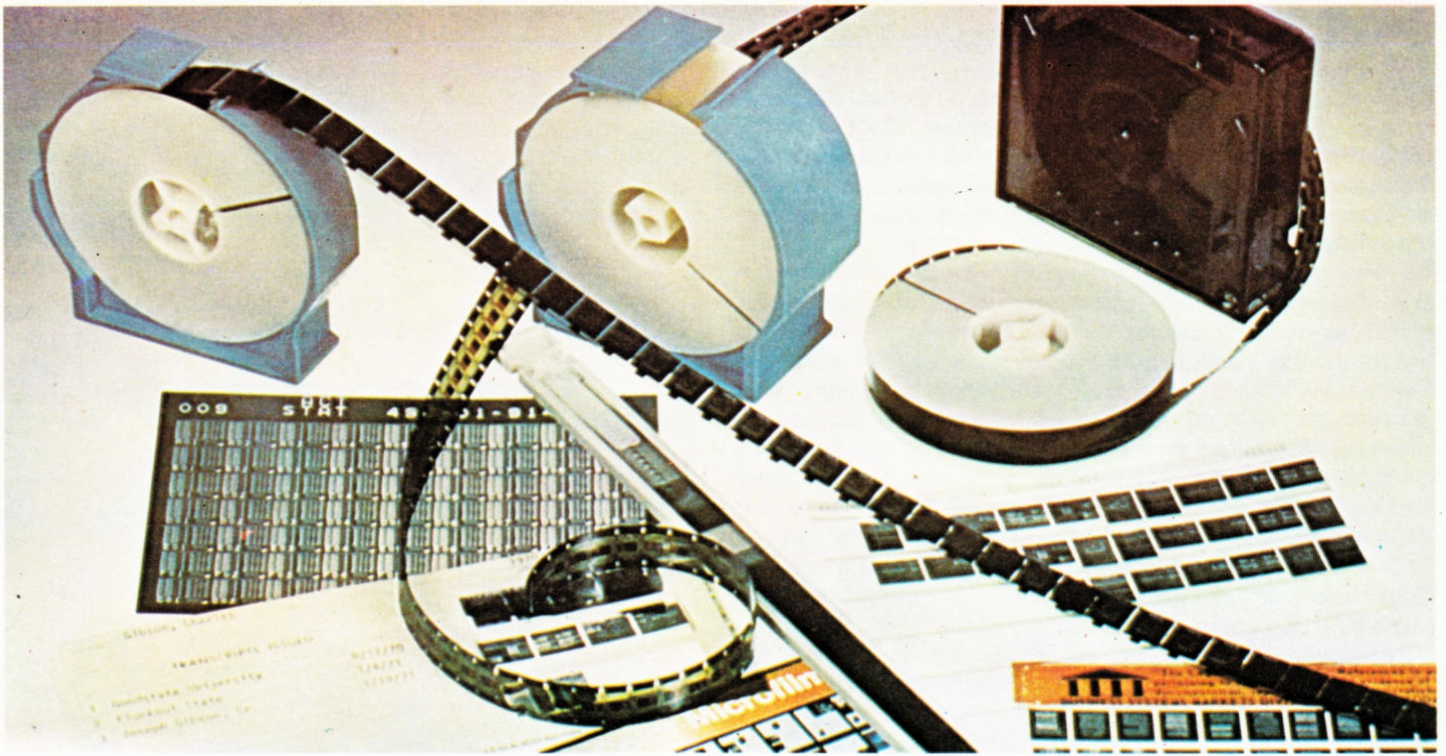
120 000 Zeichen pro Sekunde belichtet. Ein solches Mikrofilmgerät arbeitet somit 20 mal schneller als ein Schnelldrucker.

Mikrofilm-Formen

Die Mikrobilder können in verschiedener Form gespeichert werden. Am häufigsten und besonders im Banken- und Geschäftswesen werden 16 mm oder 35 mm breite Rollfilme benutzt. Sie sind bis zu 68 m lang und auf Spulen von etwa 10 cm Durchmesser aufgewickelt. Für die 16-mm-Filme werden vorwiegend Magazine oder Kassettten verwendet, wenn es auf häufigen und schnellen Zugriff auf die gespeicherten Informationen ankommt. Die Magazine aus Kunststoff



KODAK



Oben: Zwei verschiedene Mikrofilm-Formen: Magazine für 16-mm- und 35-mm-Filme, sowie 'Mikrofiches'.

schnelles und bequemes Auswerten der Mikrofilme ermöglichen. Einige von ihnen, die Lese-Rückvergrößerungsgeräte, besitzen zusätzlich eine Einrichtung, mit der das auf dem Bildschirm sichtbare Mikrofilmbild auf Spezialpapier rückvergrößert werden kann.

Wie einfach und schnell die auf Mikrofilm gespeicherte Information wiederaufgefunden wird, hängt von der Wahl des Filmes, des Mikrofilmgerätes, des Lesegerätes und des verwendeten Ordnungssystems ab.

Eines der schnellsten Mikrofilm-Suchsysteme ist das 'Bildzähl-Verfahren'. Beim Verfilmen wird unter jedes Mikrobild eine Bildmaske einbelichtet. Beim Auswerten des Filmes werden diese Maskierungen elektronisch im Lesegerät gezählt. An Hand eines Inhaltsverzeichnisses kann das gesuchte Einzelbild innerhalb von Sekunden direkt angesteuert werden und erscheint dann auf dem Bildschirm. In den meisten Fällen sind diese Suchsysteme an ein Computer-Programm angeschlossen.

Ein neueres Suchsystem arbeitet nach dem 'Verfahren mit binär verschlüsselten Zeichen', der optischen Filmcodierung. Während die anderen Suchverfahren ein besonderes Ordnungssystem für die Lokalisierung der Dokumente auf dem Mikrofilm benötigen, wird bei der optischen Codierung jedes Mikrobild bei der Aufnahme ohne weitere Klassifizierung binär verschlüsselt. Dieser Binärschlüssel besteht aus Hell- und Dunkelfeldern, die vor jedem Bild einbelichtet werden. Nach Eingabe des Codes wird das gewünschte Bild elektronisch gesucht.

Mit zunehmender Bevölkerung und steigendem Lebensstandard wächst auch das zu speichernde Informationsmaterial stark an. Da andererseits die Rohstoffe für die Papierherstellung knapper werden und darüber hinaus auch raumsparende Dokumentations-Speichersysteme benötigt werden, gewinnt die Mikroverfilmung immer mehr an Bedeutung.

Links: Schriftliche Aufzeichnungen lassen sich einfach und auf engstem Raum auf 'Mikrofiches' speichern. Allerdings können nur bis zu zwei Personen die Information gleichzeitig lesen. Dies ist kein Problem mehr mit dem Mikrofiche-Drucker, der Vergrößerungen auf normales Papier drucken kann.

RANK XEROX



MIKROFON

Obgleich alle Mikrofone dazu dienen, Schall in elektrische Signale umzuwandeln, haben doch unterschiedliche Anforderungen an Herstellungskosten, Robustheit, Frequenzübertragungsverhalten und Richtwirkung zu einer breitgestreuten Entwicklung unterschiedlicher Typen geführt.

Das Mikrofon ist ein elektromechanisches Bauteil, das Schallenergie in elektrische Energie umwandelt. Gewöhnlich besitzt es eine elastische Membran, die sich sehr genau im Takte eines schnell wechselnden Luftdruckes bewegt, denn Schallwellen sind schnellen Luftdruckänderungen gleichzusetzen. Hierbei ist grundsätzlich zu unterscheiden, ob das mechanische System unmittelbar vom Schalldruck oder durch eine Schalldruckdifferenz angeregt wird. Im ersten Falle spricht man von einem Druckempfänger, im zweiten Falle von einem Druckgradientenempfänger. Beim Druckempfänger liegt eine Seite der Membran offen zur Umgebungsluft. Da der Druck oder besser die Druckkraft als Kraft pro Flächeneinheit definiert ist, hängt die Stärke der auf die Membran wirkenden Kraft von ihrer Fläche und dem augenblicklichen Schalldruck ab.

Die Membran des Druckgradientenempfängers ist beidseitig der Luft ausgesetzt. Deswegen kann sie nur dann exakt schwingen, wenn zwischen ihrer Vorder- und Rückseite eine Druckdifferenz herrscht. Die Druckdifferenz kann eine Phasendifferenz sein. Die Phasendifferenz entsteht dadurch, daß die Welle zur weiter entfernt liegenden Seite einen längeren Weg zurücklegen muß und deswegen auch später ankommt.

Mikrofonarten

Eine Umwandlung der Schallenergie in elektrische Energie ist auf verschiedenen Wegen möglich. Als wichtigste Schallwandler sind das Kohle-, Schwingspulen-, Bändchen- und das Kristallmikrofon weit verbreitet. Immer häufiger findet man neuerdings auch elektrostatische Mikrofone.

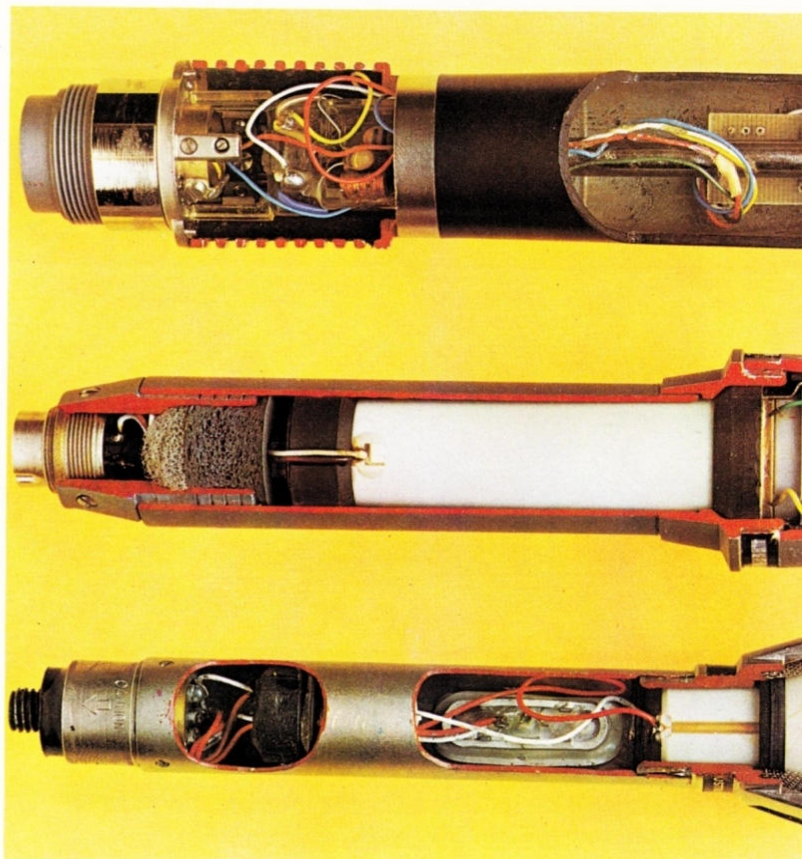
Beim Kohlemikrofon wird die Membran durch die Druckschwankungen der Schallwellen zum Schwingen angeregt. Hinter der Membran befinden sich Kohlekörnchen, deren elektrischer Gesamtwiderstand unter der Einwirkung der Druckwechsel um einen mittleren Wert schwankt. Die Widerstandsänderungen der Kohlekörnchen verursachen Stromänderungen des Gleichstromes, der im Ruhezustand des Systems von einer Gleichspannungsquelle geliefert wird. Über einen Transformator läßt sich der Gleichstrom abtrennen, so daß an dessen Ausgangsanschlüssen ein Sprechwechselstrom als Maß für die akustischen Luftdruckschwankungen zur Verfügung steht. Obwohl diese Mikrofone keine Qualitätsmerkmale nach Hi-Fi-Norm aufweisen, sind sie doch stark verbreitet. Man findet sie oft in Telefonanlagen, da sie sich billig herstellen lassen und da sie sehr robust sind.

Das Schwingspulenmikrofon arbeitet nach dem elektromagnetischen Prinzip. Hier befindet sich eine Spule im Magnetfeld eines kräftigen Permanentmagneten. Die Spule ist mit der schwingfähig aufgehängten Membran verbunden. Ihre Bewegungen um den Ruhepunkt erzeugen nach dem Induktionsgesetz einen Stromfluß in der Spule, der den auftretenden Schallwellen direkt proportional ist.

Das Bändchenmikrofon arbeitet ebenfalls nach dem elektromagnetischen Prinzip. Ein gewelltes Metallband, das zwischen den Polen eines Permanentmagneten aufgehängt ist, wirkt als Membran. Es fließt ein Induktionsstrom, der ähnlich wie beim Schwingspulenmikrofon von den Schallwellen hervorgerufen wird.

Das elektrostatische Mikrofon ist in Wirklichkeit ein

AKG/DAVID KELLY



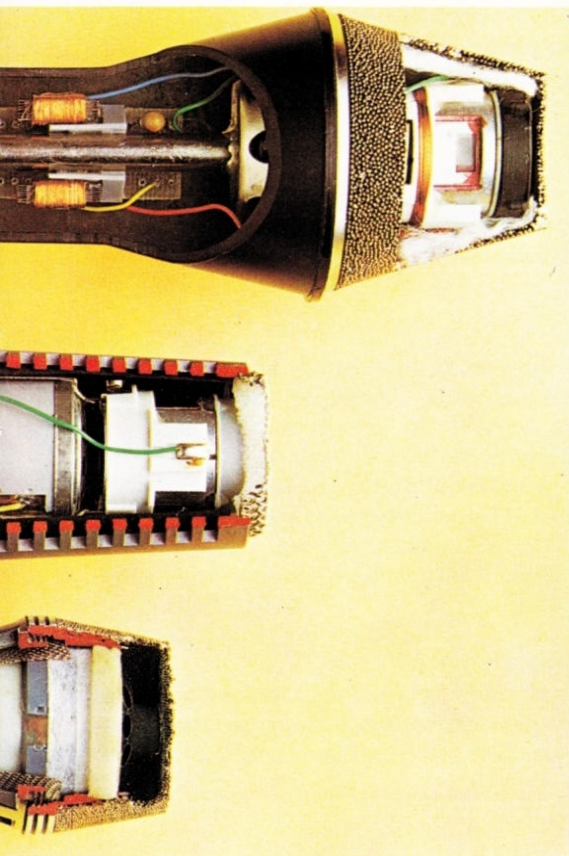
HAYDEN LABORATORIES



Kondensator, der aus einer festen und einer beweglichen Platte besteht. Letztere wirkt als flexible Membran. Schwingungen der Membran rufen Kapazitätsänderungen um einen Mittelwert hervor. An die Kondensatorplatten muß eine Gleichspannung gelegt werden. Mit den Kapazitätsschwankungen ändert sich auch der Betrag der gespeicherten Ladungsmenge, wodurch wiederum ein Wechselstrom in den Anschlußdrähten fließt. Elektretmikrofone arbeiten nach dem gleichen Prinzip, nur wirkt das Elektretmaterial so, als enthielte es eine 'eingebaute' Spannungsquelle. Deswegen ist eine von außen anzulegende Spannung nicht erforderlich.

Das Kristallmikrofon beruht auf dem piezoelektrischen Effekt. Beim piezoelektrischen Effekt treten in einigen

Rechts: Mick Jagger, Sänger der 'Rolling Stones' mit Mikrofon.



Links oben: Schnitte durch verschiedene Mikrofontypen. Das oberste ist ein dynamisches Mikrofon mit kardioider Charakteristik, ein Tischmikrofon (oben links im unteren Bild) und zwei dynamische Mikrofone mit kardioider Charakteristik, die mit einem Doppelsystem erreicht wird.

DENIS O'REGAN

Links: Ein Mikrofon, wie es bei Außenaufnahmen von Fernseh- und Spielfilmen verwendet wird.

PICTUREPOINT

Kristallen unter mechanischen Beanspruchungen elektrische Spannungen auf. Zum Aufbau von Mikrofonen hat sich Seignette- oder Rochelle-Salz besonders bewährt. Wird ein solcher nach besonderen Herstellungsverfahren geschnittener Kristall unter der Einwirkung einer sich ändernden Kraft gebogen oder verdreht, entsteht ein Wechselstrom, dessen Änderungen von der Kraftänderung abhängen. Piezoelektrische Mikrofone bestehen aus 0,3 mm dicken Kristallplättchen, die auf beiden Seiten mit Stanniol belegt sind. In der Regel klebt man zwei Plättchen übereinander, so daß sich die Spannung verdoppelt. Zwei Doppelplättchen werden in geringem Abstand übereinander angebracht, und man erhält eine Klangzelle.

Frequenzgang

Dem Frequenzgang entnimmt man das Verhalten des Mikrophones unter der Einwirkung von Schallwellen verschiedener Tonhöhen, also unterschiedlichen Frequenzen. Er wird festgelegt, indem man die Frequenz einer auf das Mikrofon gerichteten Schallquelle ändert und die jeweilige

Unten: Die Bilder zeigen die Wirkungsweise eines elektrostatischen Mikrofons und eines Bändchenmikrofons (ganz oben); eines Schwingspulen- und Kohlemikrofons (Mitte) und die Richtwirkungseigenschaften in Polarkoordinatendarstellung (oben).

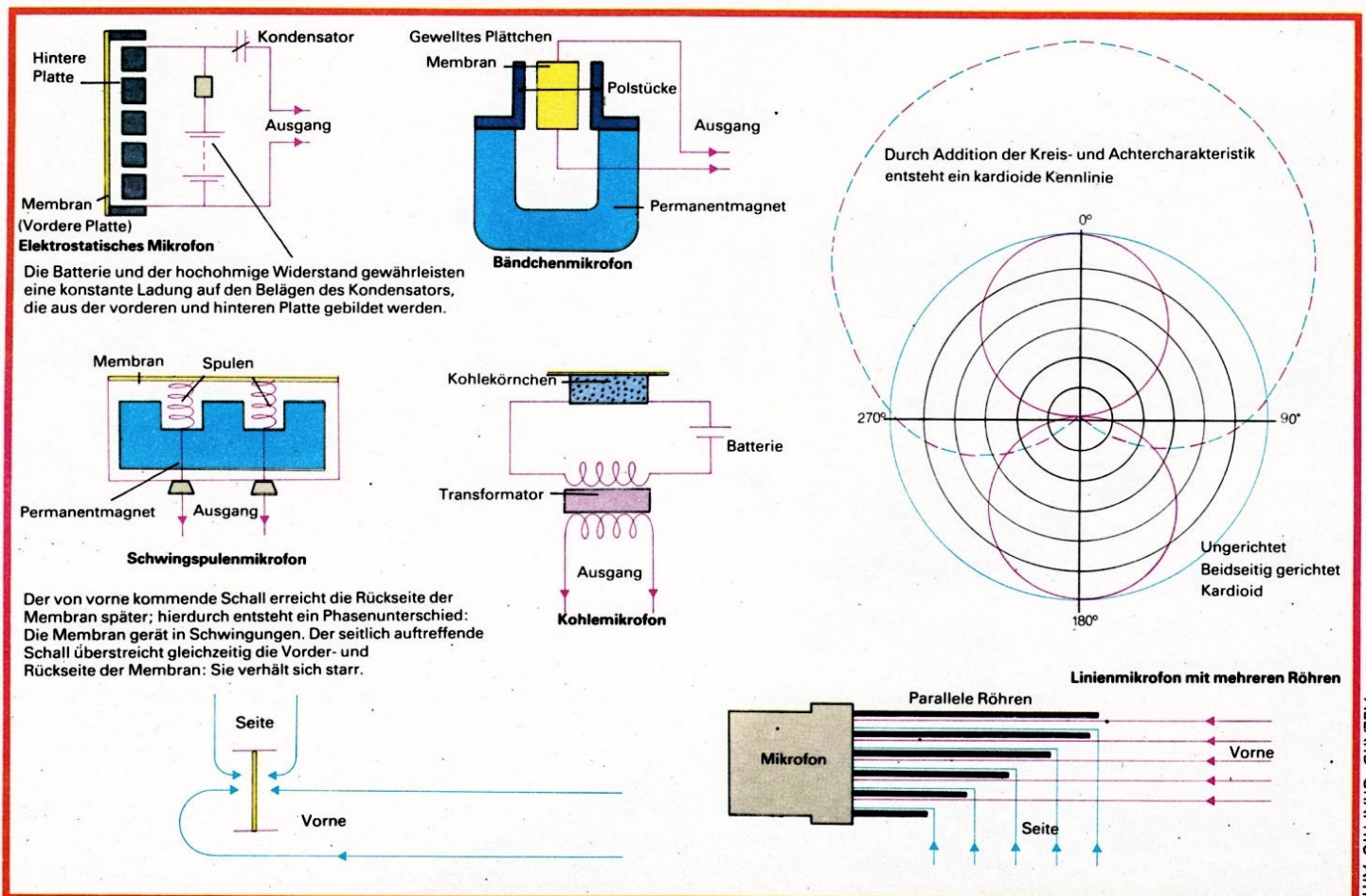
Rechts: Ein kompaktes Elektret-Mikrofon. Es hat einen Elektret-Energieumwandler, der mit einem kleinen, hochleistungsfähigen, batteriegetriebenen Verstärker verbunden ist. Der Übertragungsfrequenzgang beträgt 40 bis 18 000 Hz.

Unten rechts: Detailbild eines hochempfindlichen, gekräuselten Aluminiumbandes in einem Bändchenmikrofon.

dem die Lautstärke über dem Hörbereich konstant bleibt. In diesem Falle erhält man in der Abbildung eine parallel zur X-Achse verlaufende Gerade. Die Kurve sagt aus, daß das Mikrofon bei allen Frequenzen eine unveränderte elektrische Leistung liefert. In der Praxis wurde ein solches Ergebnis bisher noch nicht erreicht, aber durch den Einsatz moderner Technologien bei der Mikrofonherstellung ist man der Idealkurve innerhalb des Hörbereiches schon sehr nahe gekommen.

Richtungseigenschaften

Die Polarkoordinatendarstellung eines Mikrophones gibt die Abhängigkeit der bezogenen Ausgangsspannungen gegenüber Schalleinwirkungen an, die unter verschiedenen Winkeln auf

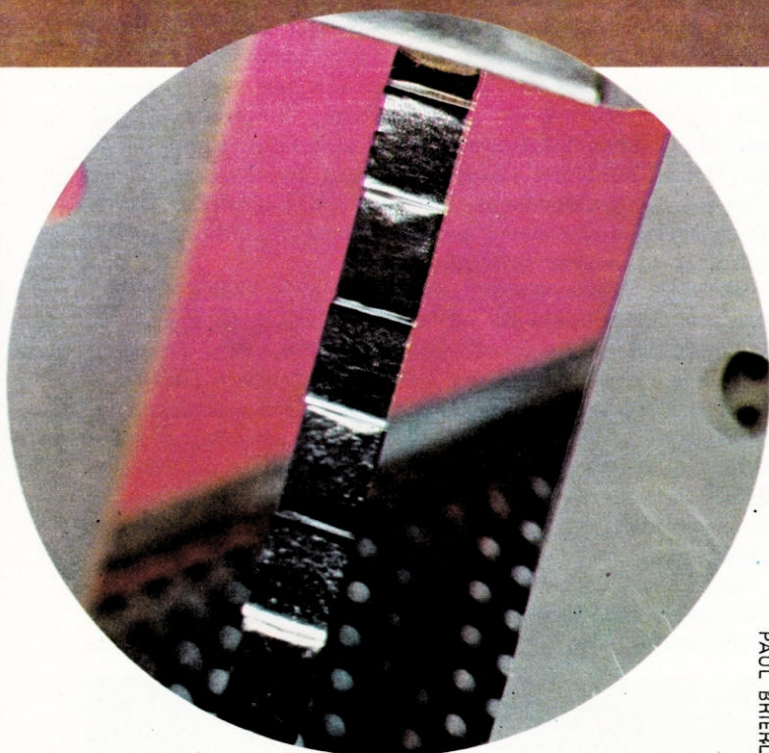
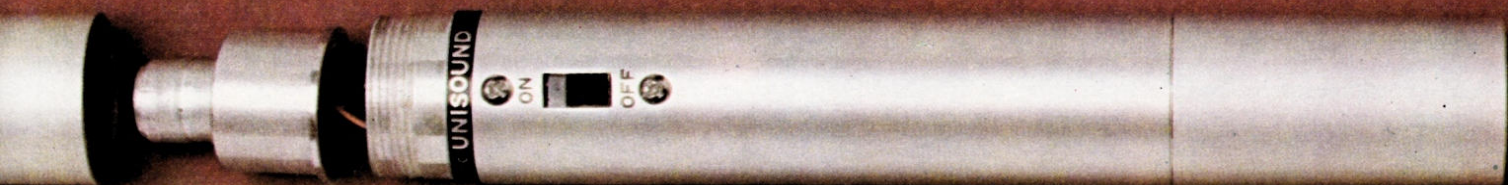


elektrische Spannung am Ausgang des Mikrophones mit einem Wechselspannungsmeßgerät überprüft. Da die Lautstärke in Dezibel (abgekürzt dB) angegeben wird, ist es sinnvoll, die Meßergebnisse gleich als bezogene Werte in Spannungspegeln anzugeben. Auf diese Weise läßt sich der Frequenzgang als Graph, bei dem die Lautstärke in Dezibel (dB) über der Frequenz in Hertz (Hz) aufgetragen ist, darstellen.

Als Idealkurve bezeichnet man einen Frequenzgang, bei

das Mikrofon auftreten. Die Winkel werden ausgehend von der Längsachse des Mikrophones gemessen. Für jede Meßfrequenz erstellt man ein eigenes Diagramm. Es gibt in dieser Darstellung praktisch drei verschiedene Kurventypen: einen Kreis, eine Achtercharakteristik und eine Nierencharakteristik.

Der Kreis charakterisiert das ungerichtete Mikrofon, bei dem der Schall aus allen Richtungen eintreffen kann, d.h. er



PAUL BRIERLEY

wird aus allen Winkeln gleich gut empfangen.

An der Acht erkennt man das zweiseitig gerichtete Mikrofon, das seine höchste Empfindlichkeit sowohl an der Vorder- als auch an der Rückseite der Membran erreicht. Die rechte und die linke Seite bleiben unempfindlich.

Die Nierencharakteristik, auch Kardioid, besagt, daß das Mikrofon auf Schalleinwirkungen von der Vorderseite her am empfindlichsten reagiert.

Ungerichtete und zweiseitig gerichtete Mikrofone

Die Kreiskarakteristik — in Wirklichkeit handelt es sich um eine Kugelcharakteristik, wenn die drei Dimensionen zugrundegelegt werden — entsteht gewöhnlich bei druckempfindlichen Wandler-Systemen. Alle druckempfindlichen Mikrofone weisen ähnliche Polarkoordinatendarstellungen auf. Bei niedrigen Frequenzen nehmen sie den Schall ohne Richtungsbevorzugungen auf, bei höheren Frequenzen nimmt die Empfindlichkeit nach einer Seite hin zu. Dieser Effekt hängt mit den Ausbreitungseigenschaften des Schalles zusammen: Denn der Schall wird reflektiert, wenn seine Wellenlänge kleiner als die geometrischen Abmessungen des Objektes sind, auf die er trifft. Wegen der Baugröße der Mikrofone werden schon Schallwellen mit Frequenzen über 1 kHz reflektiert.

Druckgradientenempfänger besitzen in der Regel eine Achtercharakteristik. Wie schon erwähnt, arbeiten Druckgradientenempfänger nur dann, wenn zwischen beiden Seiten der Membran ein Luftdruckunterschied herrscht. Eine Membranbewegung erfolgt aber nur, wenn eine Phasendifferenz zwischen dem auf die Vorderseite und dem auf die Rückseite wirkenden Schall vorliegt. Dies ist aber wiederum abhängig vom Einfallswinkel der auftreffenden Schallwelle. Eine maximale Druckdifferenz entsteht, wenn der Schall

entweder direkt vor oder direkt hinter der Membran entsteht. Nähert sich das Schallereignis jedoch von einer der Seiten des Mikrofones, entfällt der Phasenunterschied, denn die Schallwellen müssen zum Erreichen der beiden Membranseiten gleiche Wege zurücklegen. Damit fehlt die Druckdifferenz, und die Membran bleibt in Ruhestellung. Der Schall, der aus dazwischenliegenden Winkeln die Membran erreicht, löst Druckdifferenzen aus, die innerhalb der maximalen und minimalen Werte liegen.

Mikrofone mit einseitiger Richtwirkung

Das als Kardioid ausgebildete Polardiagramm kennzeichnet Mikrofone mit einseitiger Richtwirkung. Diese eignen sich besonders gut zum Einsatz bei Diskussionsgesprächen, wo aus dem Publikum kommende Nebengeräusche unterdrückt werden sollen. Die Kurve entsteht durch Überlagerung der Charakteristiken eines druckempfindlichen und eines Druckgradientenempfängers. Vor dem Kardioidmikrofon arbeiten beide Elemente phasengleich, so daß sich die erzeugten Spannungen am elektrischen Ausgang addieren. An der Mikrofonrückseite fehlt die Phasengleichheit der beiden Elemente, wodurch sich die elektrischen Ausgangsspannungen vollständig aufheben.

Es ist aber auch möglich, beide Charakteristiken zur Erzeugung eines kardioiden Verhaltens von einem Wandler-System zu erhalten. Man hat dazu in die rückwärtige Platte des Kondensatormikrofones Löcher gebohrt. Die Erfindung des kardioiden Kondensatormikrofones führte zur Entwicklung eines außerordentlich vielseitigen Mikrofones, das mit zwei Membranen ausgestattet ist und sich wie zwei Kardioidmikrofone verhält, deren Rückseiten verbunden sind.

Mikrofone mit verstärkter Richtwirkung

Unter besonderen Umständen muß das Mikrofon den Schall aus größeren Entfernungen aufnehmen. Dies läßt sich mit zwei Systemen erreichen: dem Parabolreflektor und dem Linienmikrofon.

Parabolreflektoren konzentrieren die gewünschte Information in ihrem Brennpunkt. Ihr Aussehen ähnelt stark den in der Radartechnik eingesetzten Reflektoren. Im Brennpunkt ist ein Mikrofon angebracht, das die Schallenergie in elektrische Energie umwandelt. Wegen der Reflexionsgesetze müssen die Parabolreflektoren sehr groß sein, wenn sie alle Frequenzen des Hörbereiches reflektieren sollen. Als Kompromiß zwischen Wirkungsgrad und Transportfähigkeit baut man Reflektoren mit Durchmessern von einem Meter. Sie bestehen aus Aluminium, das zur Abschwächung eines etwaigen Regengeräusches mit dickem Gummischwamm abgedeckt wird.

Das Linienmikrofon besteht aus einer Anzahl eng parallel beieinander liegender Rohre, die an einem Mikrofon enden. Schallereignisse, die das Mikrofon in seiner Längsachse, also parallel zu den Rohren, erreichen, müssen gleiche Wege zur Membran zurücklegen und treffen somit gleichphasig auf. Schallereignisse aus irgendeinem anderen Winkel durchlaufen unterschiedliche Entfernungen; sie gelangen also mit Phasenunterschieden zur Membran und löschen sich vor ihr aus.

MIKROMETERSCHRAUBE

Die Mikrometerschraube (Meßschraube, Schraublehre) dient zur schnellen Messung kleiner Längen mit einer Genauigkeit von etwa einem Hundertstel Millimeter.

Die Mikrometerschraube wird in der Technik und im Handwerk benutzt, um den Durchmesser runder Gegenstände oder die Dicke flacher Platten zu messen. Sie besteht aus einer präzise gearbeiteten Schraube oder Spindel, die in einer Hülse drehbar geführt wird. Das vordere Ende der Spindel bewegt sich bei Drehung vorwärts oder rückwärts und schließt oder öffnet den Spalt, den sie mit einer festen Meßfläche, dem 'Amboß', bildet.

Das Gewinde der Spindel wird mit einem diamantharten Werkzeug eingeschliffen und sehr gründlich überprüft. Der Durchmesser der Schraube, die Einheitlichkeit des Gewindes und die Ganghöhe müssen auf ein Mikrometer ($1\ \mu\text{m}$ = ein Millionstel Meter) genau sein. In der zusammengebauten Mikrometerschraube werden Amboß und Spindelende parallel geschliffen und poliert. Die Toleranz der Bearbeitung muß innerhalb von drei Interferenzstreifen liegen, die Ebenheit der Meßflächen innerhalb von einem Interferenzstreifen. (Die

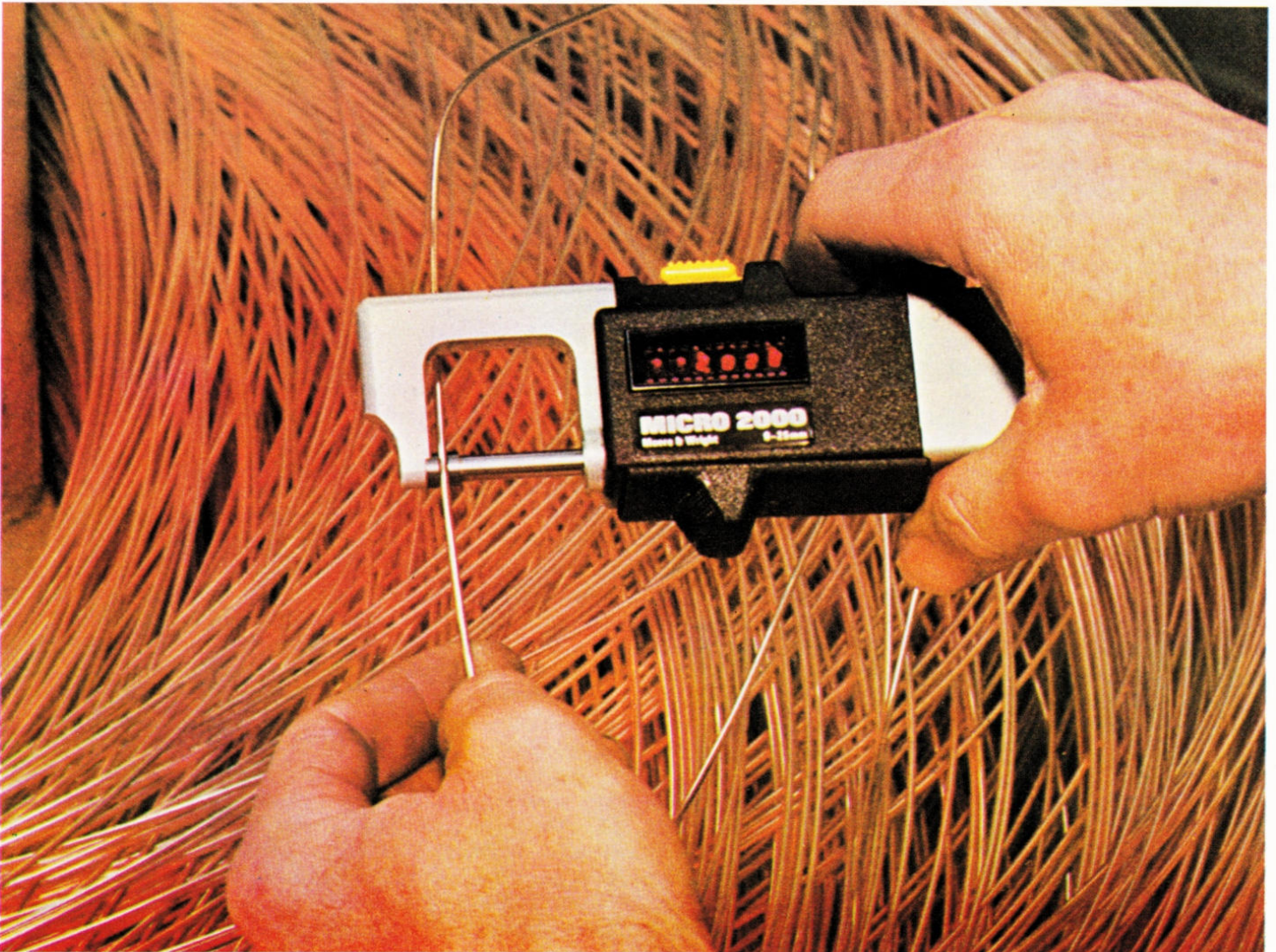
Eine Mikrometerschraube, die Messungen bis zu 2,5 cm mit einer Genauigkeit von $1/400$ stel mm vornehmen kann. Eine Fotozelle im Inneren des Geräts tastet die an der Spindel angebrachte Skala ab und sendet über eine integrierte Schaltung ein Signal, das die Zahl der Teilstriche sichtbar macht.

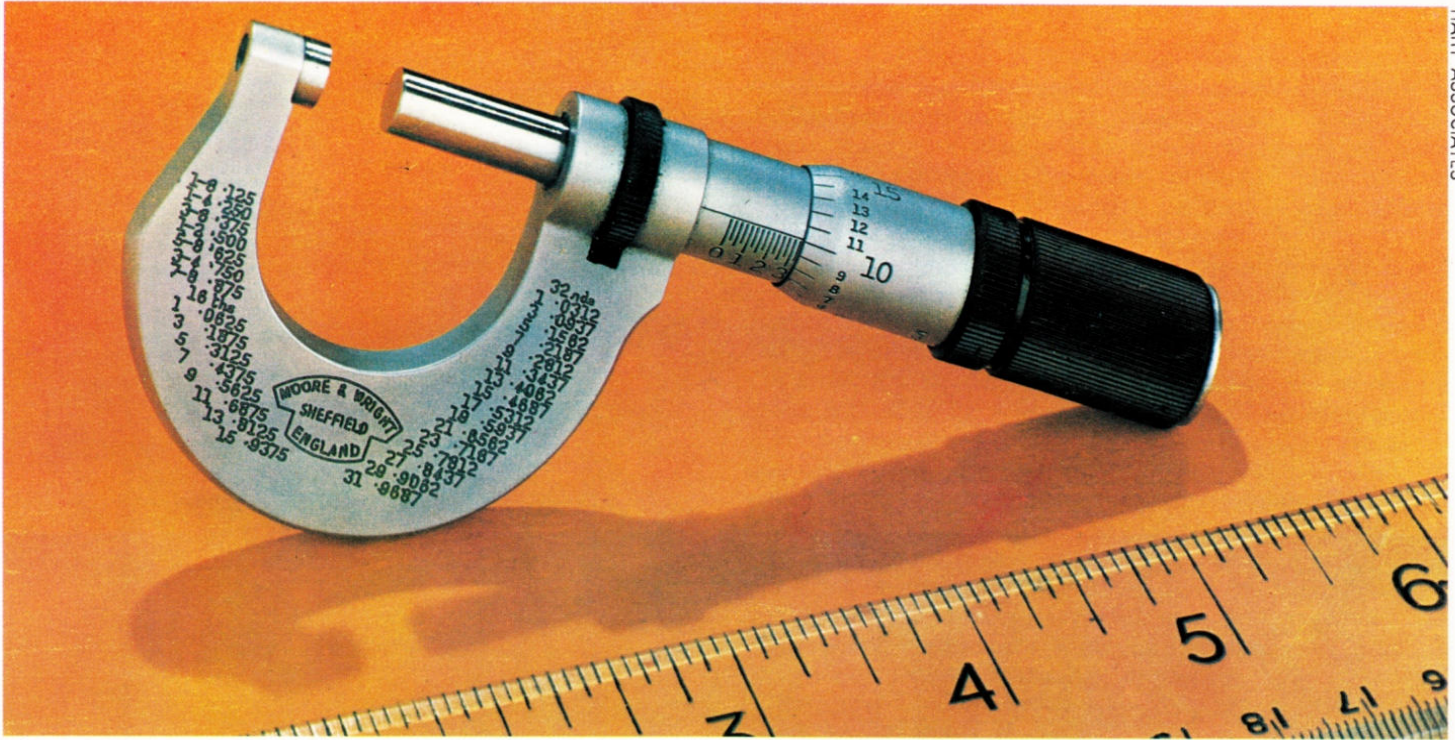
Breite eines Interferenzstreifens entspricht der Wellenlänge des Lichtes, das man in der Interferometrie benutzt, z.B. $0,25\ \mu\text{m}$ für das gelbe Natriumlicht.)

Eine metrische Mikrometerschraube hat meistens eine Ganghöhe von einem halben Millimeter, so daß sich also das Spindelende bei einer Umdrehung genau um einen halben Millimeter verschiebt. Die Spindel dreht sich in einer feststehenden Führung, die in einer Hülse sitzt. Die Außenseite dieser Hülse trägt den Grobmaßstab, eine Linie in Längsrichtung mit 50 Teilstrichen, die $0,5\ \text{mm}$ voneinander entfernt sind. (Damit ergibt sich ein Meßbereich von 0 bis $2,5\ \text{cm}$). Der äußere Mantel der Spindel heißt Meßtrommel. Sie umschließt die Hülse und verdeckt je nach Öffnung einen Teil der Hülzenskala. Auf ihrer kegelförmig abgeflachten Kante trägt die Meßtrommel eine Skala mit 50 Teilstrichen, deren Abstand einem Fünfzigstel eines halben Millimeters, also $0,01\ \text{mm}$ oder $10\ \mu\text{m}$, entspricht.

Wenn die Mikrometerschraube völlig geschlossen ist, sieht man auf der Hülzenskala neben der abgeflachten Kante der Meßtrommel gerade noch die Null-Linie. Eine Messung besteht aus dem Ablesen der Zahl der sichtbaren Teilstriche auf dem Grobmaßstab, zu der man die Zahl der Hundertstelmillimeter von der Meßtrommel addiert. Mißt man beispielsweise einen Stab mit einem Durchmesser von $6,84\ \text{mm}$ aus, sieht man (außer der Null-Linie) dreizehn Teilstriche auf dem Grobmaßstab ($13 \times 0,5 = 6,5\ \text{mm}$) und 34 Linien auf der Meßtrommel ($6,5 + 0,34 = 6,84\ \text{mm}$).

Gegen entsprechenden Aufpreis erhält man auch Mikrometerschrauben mit einem zusätzlichen Nonius auf der Meßtrommel, womit tatsächlich die dem Namen ent-





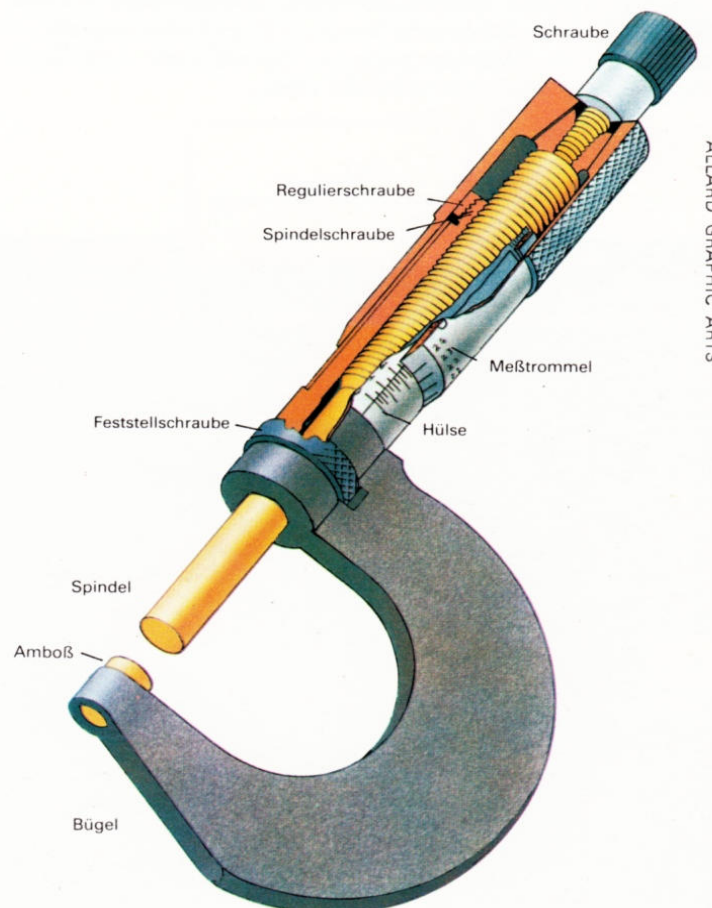
Mikrometerschraube für Feinmechaniker in England und den USA, die Messungen von 0 bis 1 Zoll (2,54 cm) vornehmen kann. Die abgebildete 'Mikro' ist auf 0,335 Zoll eingestellt. Es gibt auch Innen-Mikrometer zur Messung von Hohlräumen; sie bestehen aus einer Meßtrommel und auswechselbaren Stäben.

sprechende Ablesegenauigkeit von einem Mikrometer erreicht wird.

Mikrometerschrauben gibt es in abgestuften Größen: Über die Grundaussführung für Messungen bis 25 mm hinaus folgen Meßbereiche von 25 mm bis 50 mm, 50 mm bis 75 mm usw. Dabei sind Spindel, Meßtrommel und andere Teile bei allen Mikrometerschrauben gleich. Nur die Größe des Bügels ändert sich. Die Messung mit der Mikrometerschraube verlangt einiges Fingerspitzengefühl, damit die zu messende Probe nicht zu fest und nicht zu locker eingespannt wird. Der zu vermessende Gegenstand soll ohne größere Reibung zwischen Amboß und Spindelende verschiebbar sein. Bei unsachgemäßer Handhabung ergeben sich ungenaue Messungen und übermäßige Abnutzung der Mikrometerschraube. Deshalb gewährleistet heute meistens eine Kupplung zwischen der Meßtrommel (die man mit den Fingern dreht) und der Spindel stets die gleiche Anpreßkraft.

Nachregulierungen sind bei Mikrometerschrauben selten nötig, obwohl sich bei häufigem Gebrauch durch Abnutzung der Führungsschraube der Spindel einiges Spiel einstellen kann. Durch leichtes Anziehen einer Regulierschraube, die bei vollem Zurückdrehen der Spindel zugänglich wird, läßt sich dieses Spiel verringern. Die Nullstellung der Hülse wird korrigiert, indem man die Meßflächen (Spindelende und Amboß) in Kontakt bringt und die Hülse mit einem kleinen mitgelieferten Spezialschlüssel etwas dreht, bis die Längslinie des Grobmaßstabes mit der Nullmarke der Meßtrommel zusammenfällt.

In vielen Berufen wird die Mikrometerschraube häufig benutzt, z.B. von Kraftfahrzeugmechanikern, Werkzeugmachern, Technikern und Ingenieuren. Trotz der fortschreitenden Automatisierung in der Fertigungskontrolle ist die Mikrometerschraube als ein schnelles und handliches Meßinstrument für viele Kontroll- und Fertigungsaufgaben weiterhin nützlich.

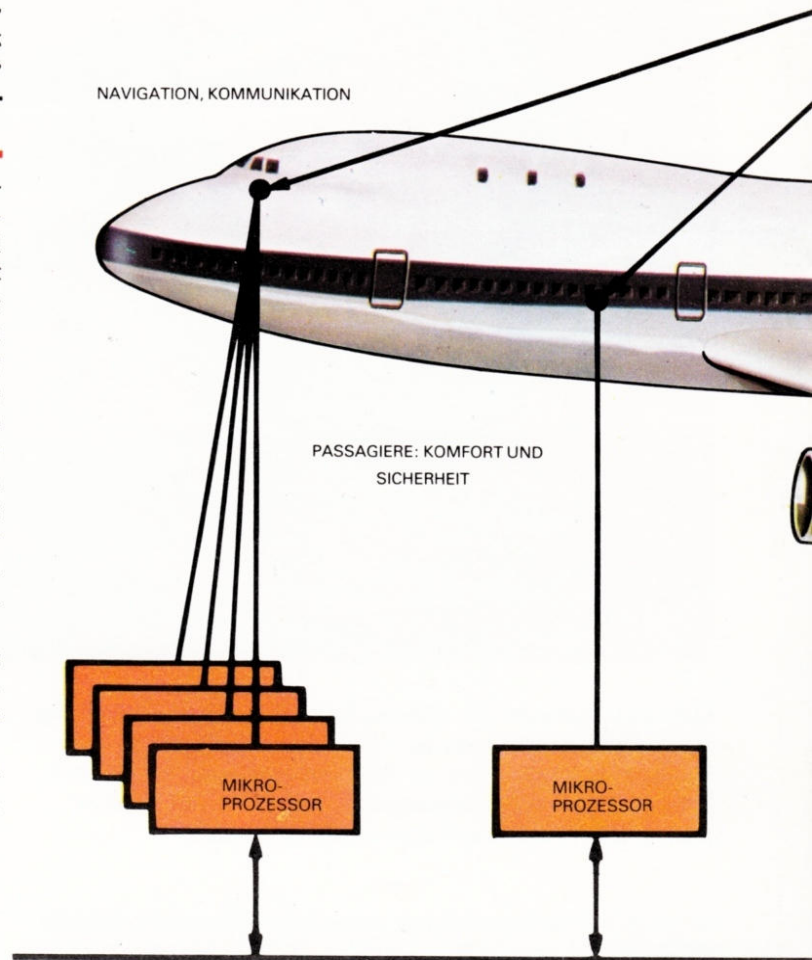
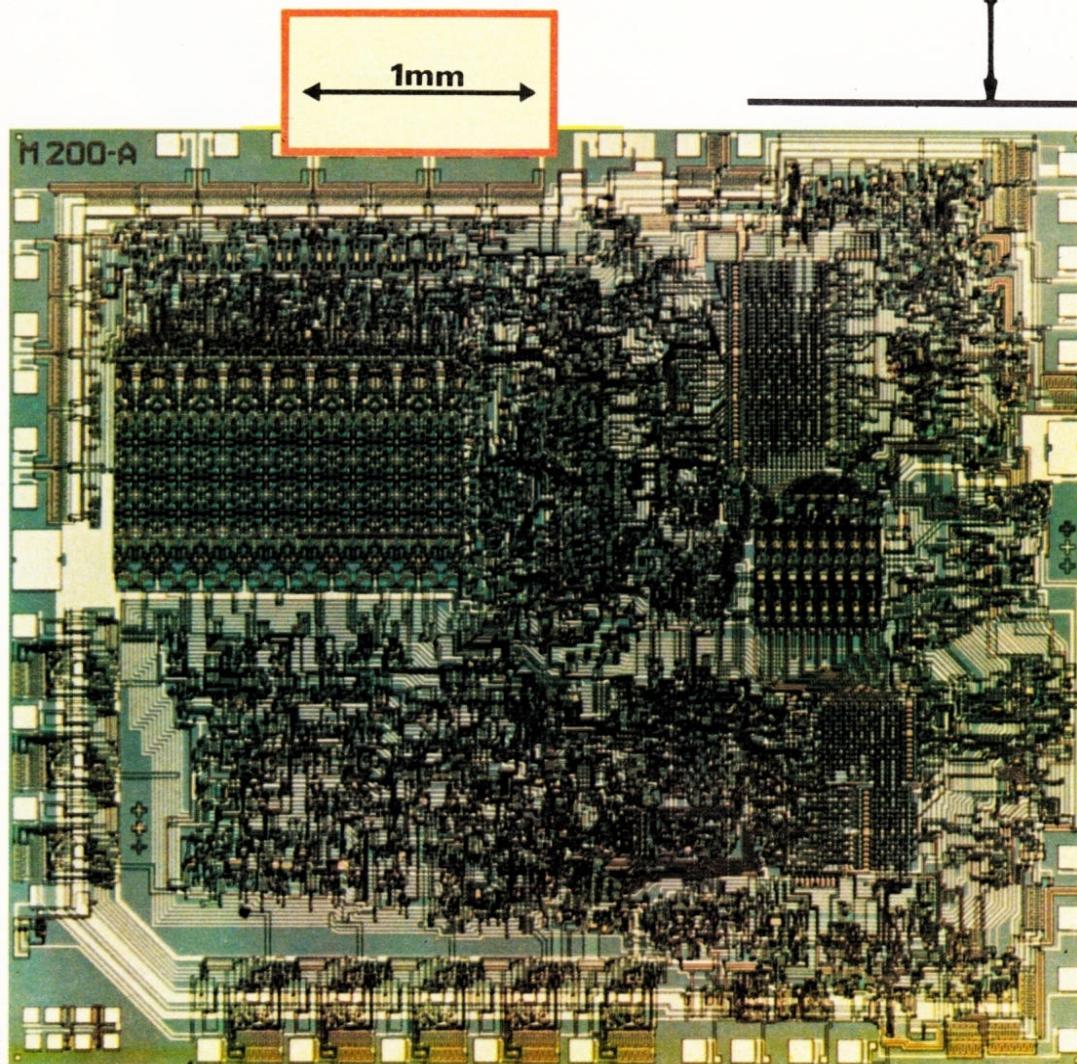


Oben: Die Mikrometerschraube ist eines der nützlichsten Meßinstrumente für Feinmechaniker. Bei der Fertigung hochwertiger Verbrauchsgüter sind viele Kontrollmessungen nötig. Fast alle Prüfer benutzen neben anderen Präzisionsmeßinstrumenten auch Mikrometerschrauben.

MIKROPROZESSOR

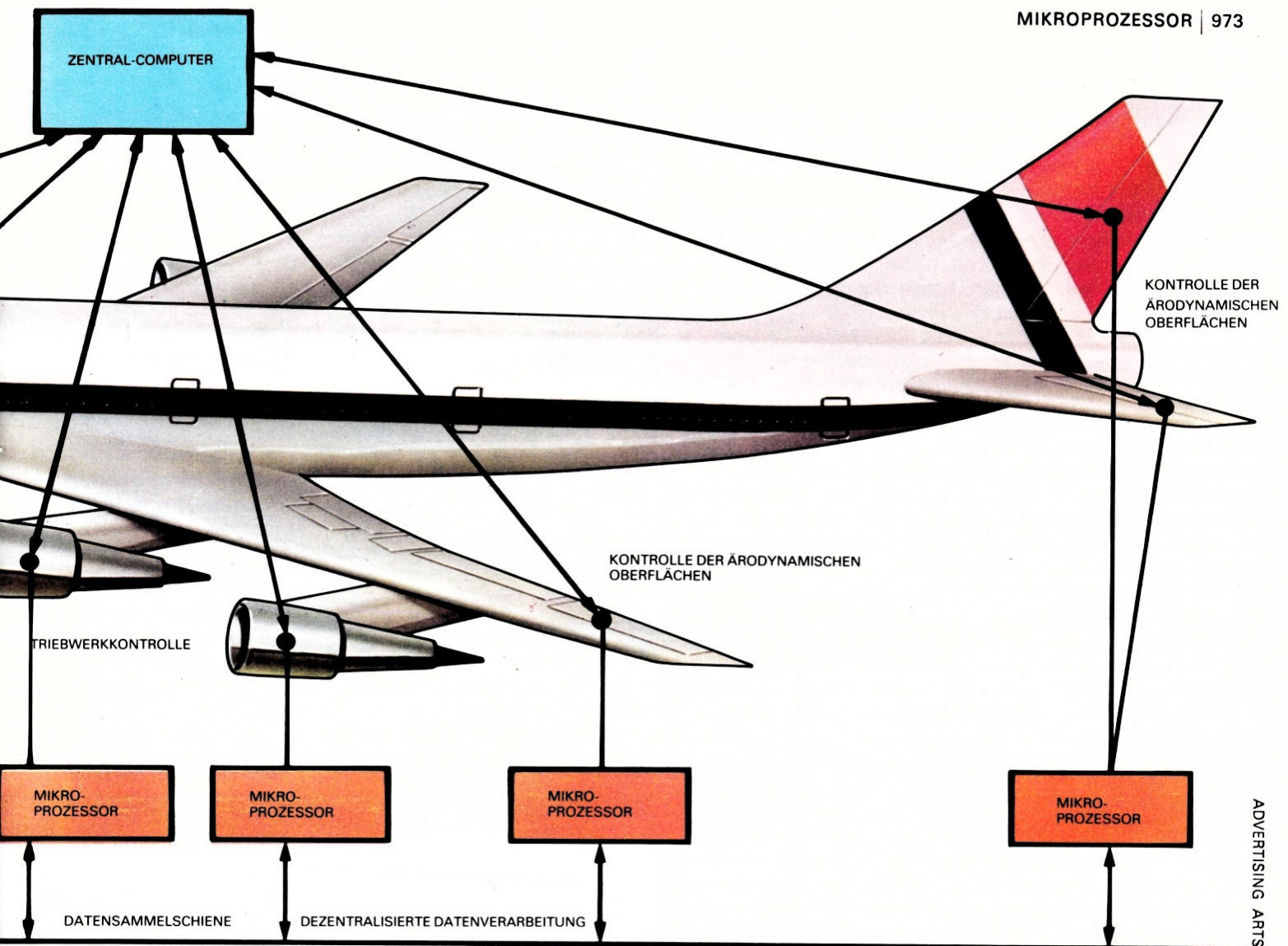
Der Mikroprozessor ist die Steuerzentrale eines Mikrocomputersystems. Durch die moderne LSI-Technik wird es möglich, einen Mikroprozessor oder sogar einen ganzen Mikrocomputer auf nur wenigen Quadratmillimetern Fläche zu bauen.

Die ersten — in unserem heutigen Sinne funktionstüchtigen — elektronischen Rechenanlagen (Computer) waren aus Elektronenröhren aufgebaut. Sie nahmen einen Raum von 20 und mehr Quadratmetern ein. Ihre damalige Leistungsfähigkeit wird heute fast von Taschenrechnern erreicht. Nachdem der Transistor in die Elektronik Einzug gehalten hatte, löste er im Computer die Elektronenröhre ab. Diese Computer bestanden aus einer Vielzahl von Einzeltransistoren, Hunderten von Platinen, Tausenden von elektrischen Verbindern und vielen Kilometern Verbindungsleitungen. Diese Ende der fünfziger Jahre auf den Markt gekommenen Computer waren schon recht leistungsfähig, aber auch sehr teuer. Bedingt durch die Anforderungen der Raumfahrttechnik wurden Anfang der sechziger Jahre erstmalig sogenannte integrierte Schaltungen vorgestellt. Die integrierte Schaltungstechnik gipfelt in unserer Zeit in der LSI- (= Large Scale Integration = Großintegration) bzw. VLSI-Technik (Very Large Scale Integration = Größtintegration). Auf einem Chip (Halbleiterplättchen) von einigen Quadratmillimetern können mehrere Tausend logische Grundsaltungen untergebracht werden. Man kennt heute schon sehr leistungsfähige Kleincomputer — man nennt sie Mikrocomputer —, die auf einer Chipfläche von $5,6 \times 5,7 \text{ mm}^2$ untergebracht sind.



Oben: In einem modernen Flugzeug werden alle Kontrollsignale für die Navigation, die Kommunikation, die Triebwerke, die aerodynamischen Oberflächen und den Komfort der Passagiere von einem zentralen Computer übertragen. Hierzu werden mehrere Kilometer Kabel benötigt, was die Flugzeugkosten erheblich erhöht. Bei der Anwendung eines Mikroprozessors für die jeweilige Kontrolle der einzelnen Systeme würden die Kabelkosten so gut wie ausgeschaltet, die Instandhaltungskosten verringert, und die Zuverlässigkeit erhöht werden.

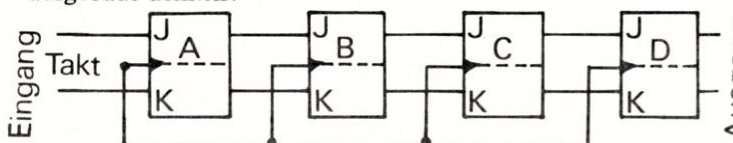
Links: Diese Vergrößerung eines Mikroprozessor-Chips veranschaulicht die Komplexität der Schaltungen. Bis zu 3000 Schaltungselemente sind in jedem mm^2 enthalten — man erwartet, daß verbesserte Herstellungsmethoden sie in den nächsten Jahren bis aufs Zehnfache erhöhen werden.



Struktur eines Mikroprozessors

In einem Großcomputer besteht die Zentraleinheit — das 'Herz' des Computers — aus den Komponenten: Leitwerk, Rechenwerk und Arbeitsspeicher. Ähnlich kann der Mikroprozessor als das 'Herz' des Mikrocomputers angesehen werden. Er besteht aber im Gegensatz zur Zentraleinheit nur aus den Komponenten Leitwerk und Rechenwerk. Obwohl es heute sehr viele unterschiedliche Mikroprozessoren gibt, haben sie doch die gleiche Grundstruktur.

Das Rechenwerk setzt sich aus verschiedenen Registern, dem Programmzähler und der ALU (Arithmetic and Logic Unit = arithmetische und logische Einheit) zusammen. Unter einem Register versteht man einen speziellen Speicher, in dem die zu verarbeitenden Daten der Außenwelt abgespeichert werden. In seiner einfachsten Form kann man sich ein Register für vier duale Stellen folgendermaßen aus einzelnen Flipflops aufgebaut denken:



Im vorliegenden Falle handelt es sich um ein sogenanntes Rechtsschieberegister. Beim Anlegen einer Information am Eingang wird die Information in das Flipflop A übernommen. Gleichzeitig werden die Inhalte der Flipflops A, B, C und D um eine Stelle nach rechts verschoben. Dies bedeutet, daß nach vier Taktimpulsen eine neue Information in das einfache Register eingeschrieben wurde. Man kann das Register auch so verschalten, daß eine in das Register eingespeicherte Information nach links oder im Ring verschoben werden kann.

Der Programmzähler hat die Aufgabe, diejenige Programmstelle anzugeben, deren Inhalt als nächstes im Mikroprozessor verarbeitet werden soll. D.h. beim Ausführen eines Befehles (siehe unten) wird der Programmzähler um eine Einheit erhöht.

Die ALU sorgt für den funktionsgerechten Ablauf der zu verarbeitenden Daten. Sie muß zumindest eine arithmetische Operation, nämlich die Addition (alle anderen arithmetischen Operationen lassen sich auf die Addition zurückführen), durchführen können. Sie muß logische Entscheidungen fällen, d.h. die UND- bzw. ODER-Funktion ausführen können. Ein Datenwort muß komplementiert werden können, d.h. aus einem Wert '1' muß sich ein Wert '0' und umgekehrt bilden lassen. Außerdem sollte ein Datenwort um 1 Bit nach rechts oder nach links verschoben werden können. Eine Verschiebung eines Datenwortes um eine Stelle nach rechts entspricht einer Division durch 2, wenn man beim Verschieben an der ersten Stelle den Wert '0' einschreibt. Ein Beispiel soll dies verdeutlichen: Verschiebt man das duale Datenwort 1000 (entspricht der Dezimalziffer 8) um eine Stelle, entsteht das duale Datenwort 0100 (entspricht der Dezimalziffer 4). Die Verschiebung eines Datenwortes um eine Stelle nach links entspricht der Multiplikation mit 2.

Das Leitwerk hat die Aufgabe, die Reihenfolge, in der die Befehle eines Programmes ausgeführt werden sollen, zu steuern sowie die Befehle zu entschlüsseln oder gegebenenfalls auch zu modifizieren und die für die Befehlsausführung erforderlichen Taktsignale bereitzustellen. Das Leitwerk setzt sich im wesentlichen aus einem Befehlsregister und einer Ablaufsteuerung zusammen. Jedesmal, wenn über den Programmzähler eine Speicherzelle angegeben wird, gelangt der Inhalt der Speicherzelle ins Befehlsregister. Die Ablauf-

steuerung erkennt dann, welcher Befehl, z.B. Addition oder eine logische Operation, ausgeführt werden soll. Anschließend erzeugt die Ablaufsteuerung sämtliche Steuersignale zur Ausführung des Befehles.

Der prinzipielle Ablauf eines Befehles ist nun folgender. In der Befehlsholphase (Fetch-Phase) wird der Inhalt des als nächstes abzuarbeitenden Befehles aus dem Speicher (siehe unten) geholt. Dazu wird der Inhalt des Programmzählers in ein sogenanntes Adreßregister, das eine Speicherzelle adressiert, gebracht. Der Inhalt der Speicherzelle gelangt in das Befehlsregister. Nach Ausführung dieser Operation wird der Inhalt des Programmzählers um den Wert 1 erhöht, um später die nächste Speicherzelle anzuwählen. Wenn nun z.B. vom Leitwerk erkannt wird, daß eine Addition auszuführen ist, wird das Datenwort aus der im Operanden (siehe unten) angegebenen Adresse eines Speicherplatzes in ein Register des Rechenwerkes gebracht. Anschließend wird der Befehl ausgeführt und in einer erneuten Fetch-Phase der nächste Befehl geholt. Zur Ausführung eines Befehles bedarf es oft vieler Einzelschritte, so daß die Steuerungsschaltungen im Leitwerk recht kompliziert sein können.

Mikrocomputersystem

Ein Mikroprozessor alleine hat lediglich die Eigenschaft einer Steuerzentrale. Damit man mathematische Programme ausführen oder auch Steuerungsvorgänge durchführen kann, muß um den Mikroprozessor noch Hardware — man versteht darunter Bauteile, die man körperlich anfassen kann — gruppiert werden. Im wesentlichen handelt es sich um Arbeitsspeicher und Ein/Ausgabe. Bei einem solchen System spricht man von einem Mikrocomputer. Der Mikroprozessor, der Speicher und die Ein/Ausgabe sind über sogenannte Daten-, Adreß- und Steuerleitungen miteinander verbunden. Die Zusammenfassung aller Leitungen nennt man einen Bus. Der Vorteil des Bus-Systems liegt darin, daß die einzelnen Funktionsblöcke parallel und in beliebiger Reihenfolge angeschlossen werden können. Die Steuerung der einzelnen Funktionsblöcke erfolgt über den Mikroprozessor.

Eine weitere Unterteilung läßt sich bei den Arbeitsspeichern vornehmen. Man kennt heute die verschiedensten Arbeitsspeicher — es sind sogenannte Halbleiterspeicher, die man den Bedürfnissen entsprechend an den Mikroprozessor anschließen kann. Universell einsetzbare Halbleiterspeicher sind die Schreib/Lesespeicher (auch RAM = Random Access Memories). Bei ihnen kann man jede Speicherzelle adressieren, d.h. Informationen einschreiben, löschen und lesen. Sie haben den Nachteil, daß bei Ausfall der Versorgungsspannung auch die in dem Speicher befindliche Information verloren ist. Man verwendet deshalb Schreib/Lesespeicher nur zum Speichern von zu verarbeitenden Daten. Steuerprogramme werden in einem Festwertspeicher (auch ROM = Read Only Memory) abgelegt; sie verlieren dann bei Stromausfall ihre eingespeicherte Information nicht. Diese Halbleiterspeicher haben allerdings den Nachteil, daß bei ihnen der Herstellungsprozeß äußerst langwierig ist. Inzwischen gibt es jedoch Festwertspeicher, die beliebig oft gelöscht und mit einem neuen Programm belegt werden können.

An die Ein/Ausgabe werden über sogenannte Interfaces (Verbindungsschaltungen) periphere Geräte, wie Drucker, Konsole oder Kassettenbänder, angeschlossen.

Meist benötigt man bei Mikrocomputern noch eine gewisse Zusatzlogik, um Spezialaufgaben erfüllen zu können. Hierzu

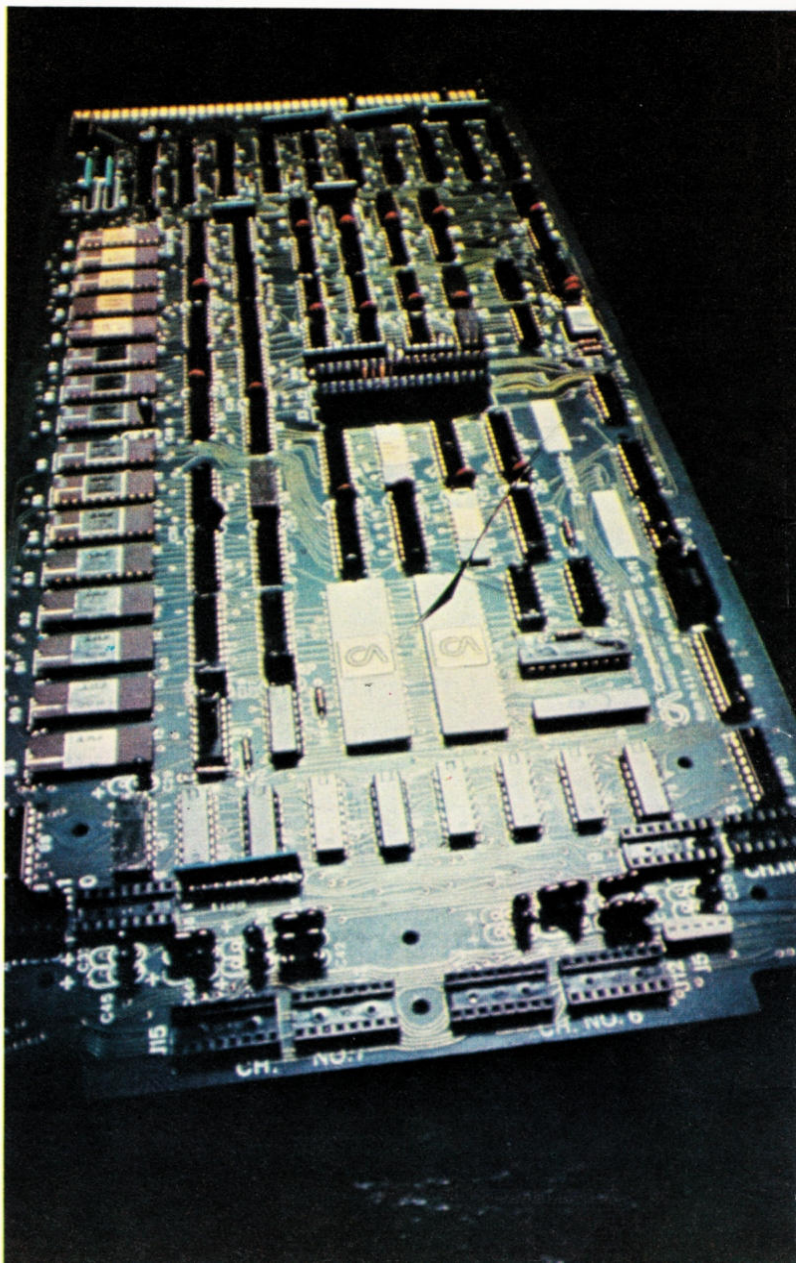
gehören Interruptschaltungen (mit ihnen kann der normale Programmablauf unterbrochen werden), DMA-Schaltungen (DMA = Direct Memory Access = direkter Speicherzugriff) oder Peripheriekontrolllogik.

Programmierung

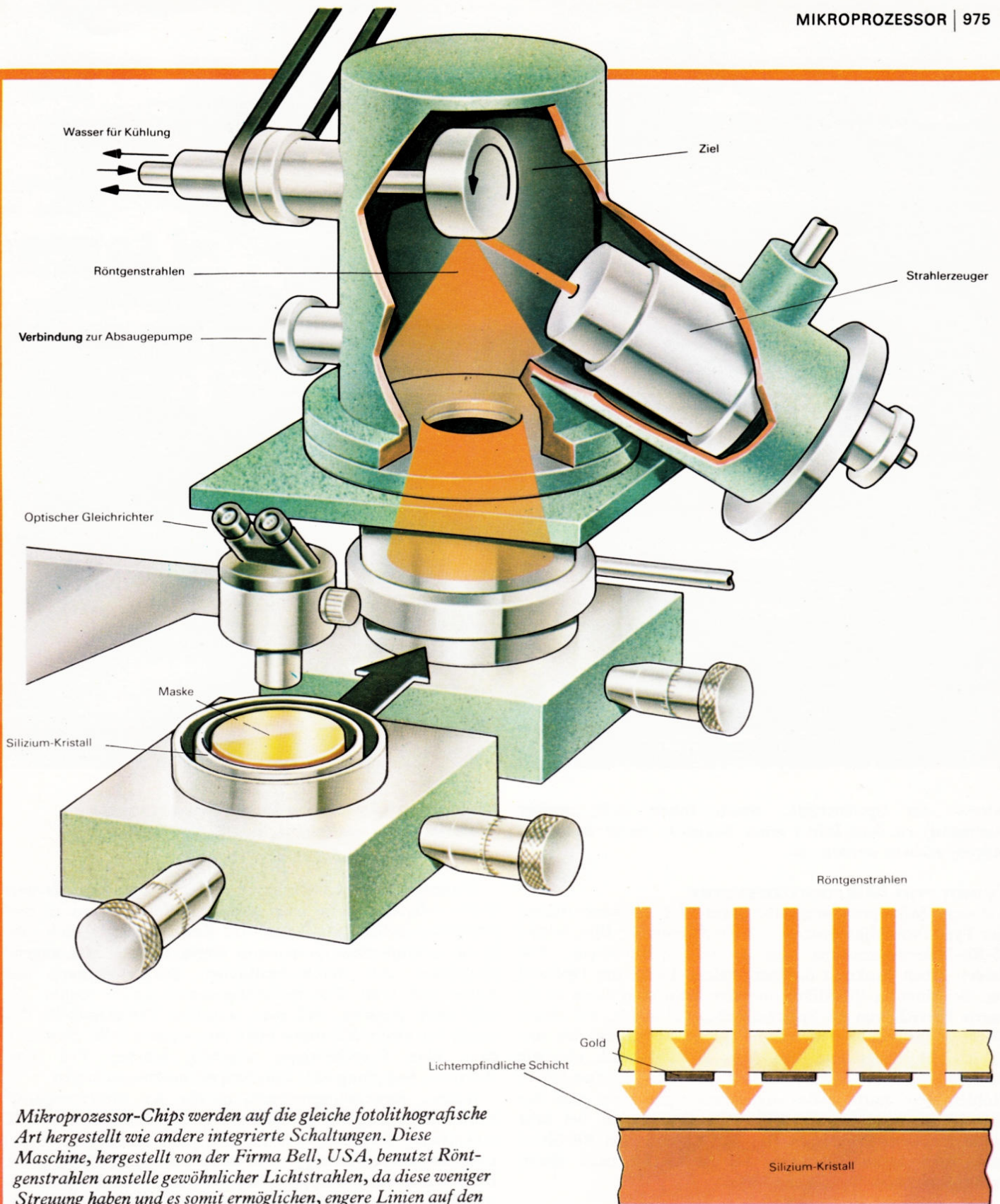
Ein hardwaremäßig zusammengestellter Mikrocomputer ist ein Gerät 'ohne Leben', da der Rechner nicht weiß, was er ausführen soll. Um den Rechner 'zum Leben' zu erwecken, benötigt man eine Anzahl von aufeinanderfolgenden Befehlen, das sogenannte Programm. Einige Mikroprozessoren besitzen nur einen sehr eingeschränkten Befehlsvorrat, während andere Mikroprozessoren über einen Befehlsvorrat verfügen, der Großcomputern gleichkommt.

Im wesentlichen lassen sich fünf Obergruppen von Befehlen unterscheiden: Transfer- und arithmetisch/logische Befehle, Kontroll- und Sprungbefehle, Stack-Befehle, Operationsbefehle und Ein/Ausgabebefehle.

Transferbefehle können Registerinhalte untereinander austauschen. Mit arithmetischen und logischen Befehlen werden arithmetische Operationen (Addition, Division, Subtraktion, Multiplikation) bzw. logische Operationen (Vergleich auf >, <, =) ausgeführt. Bei Kontroll- und Sprungbefehlen können Registerinhalte und Ergebnisse auf Bedingungen (z.B. Vorzeichen und Überlauf) überprüft werden. Stack-Befehle dienen speziell zur Ausführung von Unterprogramm-sprüngen. Beim Mikroprozessor versteht man unter einem Stackspeicher einen Speicher, in den Informationen einge-



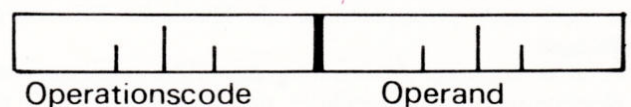
Rechts: Das Bild zeigt einen Minicomputer. Die beiden weißen Rechtecke in der Mitte sind Mikroprozessoren, die sehr viel weniger Raum beanspruchen, als das Speichernetz und die logischen Schaltungen, die für deren Ein/Ausgang-Steuerung nötig sind.



Mikroprozessor-Chips werden auf die gleiche fotolithografische Art hergestellt wie andere integrierte Schaltungen. Diese Maschine, hergestellt von der Firma Bell, USA, benutzt Röntgenstrahlen anstelle gewöhnlicher Lichtstrahlen, da diese weniger Streuung haben und es somit ermöglichen, engere Linien auf den Chip zu zeichnen.

geschrieben werden, wobei jedes neue Einschreiben einer Information die alte Information um eine Speicherstelle nach unten schiebt. Die Eigenart der Stackspeicherung liegt darin, daß die zuletzt eingeschriebene Information als erste wieder ausgelesen wird. Operationsbefehle beziehen sich auf den Akkumulator, ein spezielles Register im Mikroprozessor, in dem sowohl zu verarbeitende Daten als auch Ergebnisse arithmetischer Operationen zu finden sind. Man kann den Akkumulatorinhalt löschen, verschieben, rotieren lassen oder komplementieren. Ein/Ausgabebefehle sprechen die Adressen an, denen externe Geräte zugeordnet sind.

Für die Struktur von Befehlen gibt es eine Vielzahl verschiedener Möglichkeiten. Zum Verständnis einer einfachen Befehlsstruktur sei ein Wort mit 8 Bit gewählt, das folgendermaßen aufgeteilt wird:



Im Operationscode steht der auszuführende Befehl (z.B. die Dualverschlüsselung der Addition). Im Operanden steht die



Adresse der Speicherzelle, deren Inhalt (z.B. zweiter Summand) zu dem Inhalt eines Registers (meist Akkumulatoren) addiert werden soll.

Typen von Mikroprozessoren

Auf dem Mikroprozessorsektor haben sich im wesentlichen vier Typen von Mikroprozessoren durchgesetzt: 4-Bit-, 8-Bit-, 16-Bit-Mikroprozessoren oder 2- und 4-Bit-'Slices'. Die Zahlen geben Auskunft darüber, welche Länge der Operand hat. Bei einem 4-Bit-Mikrocomputer kann man einen maximalen Bereich von 16 Speicherstellen ($2^4 = 16$), bei einem 16-Bit-Mikroprozessor maximal 65 536 Speicherstellen auswählen. Es hängt nun von dem Einsatzbereich ab, wie 'komfortabel' ein Mikroprozessor für das entsprechende Problem sein muß. 4-Bit-Mikroprozessoren setzt man bei kleinen Steuersystemen, 16-Bit-Mikroprozessoren bei sehr anspruchsvollen Problemen ein. Mit sogenannten Bit-Slices lassen sich Mikroprozessoren bis zu 32 Bit nach einem Baukastenprinzip 'zusammenstellen'.

Anwendungen

Für einen Mikroprozessor, der im Jahre 1975 noch etwa DM 1000, — kostete, zahlt man heute knapp DM 20, — Durch diese günstige Preisentwicklung gibt es heute kein technisches Gebiet mehr, in dem der Mikroprozessor nicht angewendet würde. Denn eine elektronische Steuerung, die mit einer Mikroprozessorschaltung gelöst wird, ist kostengünstiger und auch platzsparender als klassische Steuerungsschaltungen.

Die erste konkrete Anwendung des Mikroprozessors war der elektronische Taschenrechner, der heute schon fast in der Hand jedes Kindes zu finden ist. Jedermann bekannt sind die verschiedenen Arten von Bildschirmsepielen, deren einfachste Formen z.B. Tischtennis, Fußball oder Squash sind.

Ein Mikroprozessor-System kontrolliert die Flutwasser des Rheins im Hafen von Rotterdam.

Heute werden bereits mikroprozessorgesteuerte Schach- und Denkspiele, die relativ hohe geistige Anforderungen an den Mitspieler stellen, angeboten. Im Kraftfahrzeugbereich gibt es ein mikroprozessorgesteuertes Gerät, das z.B. den augenblicklichen und durchschnittlichen Benzinverbrauch des Autos und seine Durchschnittsgeschwindigkeit angibt. Es wäre auch denkbar, daß man sämtliche Verschleißteile des Autos von einem Mikroprozessor überwachen ließe. Er würde dann über Sprachausgabe angeben, welches Teil (z.B. Bremsen, Kupplung oder Zündkerzen) auszutauschen ist.

Andere Anwendungsgebiete, in die der Mikroprozessor heute schon Eingang gefunden hat, sind beispielsweise die industrielle Steuerungstechnik (Prozeß-, Aufzugs-, Werkzeugmaschinensteuerung), Datenverarbeitung (Steuerung für Bildschirmgeräte, Floppy-Disk, Drucker, Klerschriftleser), Meßgeräte (Oszilloskope, Logikanalysatoren, allgemeine Testgeräte), Nachrichtentechnik (Vermittlungsgeräte, Kanalsteuerung), Medizin (Diagnosegeräte, Laborauswertungen, Patientenüberwachung).

Zukunft

Es wird nicht mehr allzu lange dauern, bis der mikroprozessorgesteuerte Kleincomputer, ähnlich wie heute das Fernsehgerät, ins Haus Einzug halten wird. Diese Kleincomputer können beispielsweise — je nach eingelegtem Programm — Schülern Nachhilfe erteilen, Kochrezepte ausgeben, intelligenter Spielpartner sein oder auch die Zentralheizung oder Klimaanlage steuern. Man schätzt, daß in den USA im Jahre 1982 zwei bis drei Millionen solcher 'personal computer' verkauft werden.

MIKROSKOP

Die Präzisionslinsensysteme eines modernen Mikroskopes erreichen eine bis zu zweitausendfache Vergrößerung, eine Grenze, die durch die Natur des Lichtes gesetzt wird.

Der Gebrauch zweier Linsen gibt dem Mikroskop seinen alternativen Namen 'zusammengesetztes Mikroskop'. Im Prinzip wird das von einer LINSE (dem 'Objektiv' in der Nähe der Probe) erzeugte Bild von einer zweiten Linse (dem Okular) weiter vergrößert. Dies ergibt eine weit größere Auflösung, als sie eine einzige Vergrößerungslinse erreichen kann. Das Mikroskop ist eine der wertvollsten je erdachten Erfindungen, da es in allen Bereichen der Naturwissenschaft und Technik eingesetzt werden kann.

Das Mikroskop wurde wahrscheinlich um das Jahr 1600 in Holland von Hans und Zacharias Janssen erfunden. Durch die Arbeiten des Engländers Robert Hooke (1635 bis 1703), vor allem durch sein im Jahre 1665 erschienenes Buch 'Micrographia', wurde das Mikroskop sehr bekannt. Während des achtzehnten Jahrhunderts diente das Mikroskop weitgehend als Spielzeug, bis um das Jahr 1830 J. J. Lister und einige andere das Objektiv stark verbessern konnten. Lister ersetzte die einfache Linse durch ein achromatisches und aplanares System hoher Qualität, wodurch das Bild von umlaufenden Farbrändern und von anderen, das Detail verschleiern den Fehlern frei wurde. Viele andere Konstrukteure trugen in den folgenden fünfzig Jahren zur Verbesserung des Instrumentes bei, bis um das Jahr 1880 Ernst Abbé

(1840 bis 1905) das theoretische Rüstzeug schuf, mit dem es möglich wurde, dem Mikroskop einen brauchbaren Vergrößerungsbereich von $\times 30$ bis $\times 2000$ zu geben.

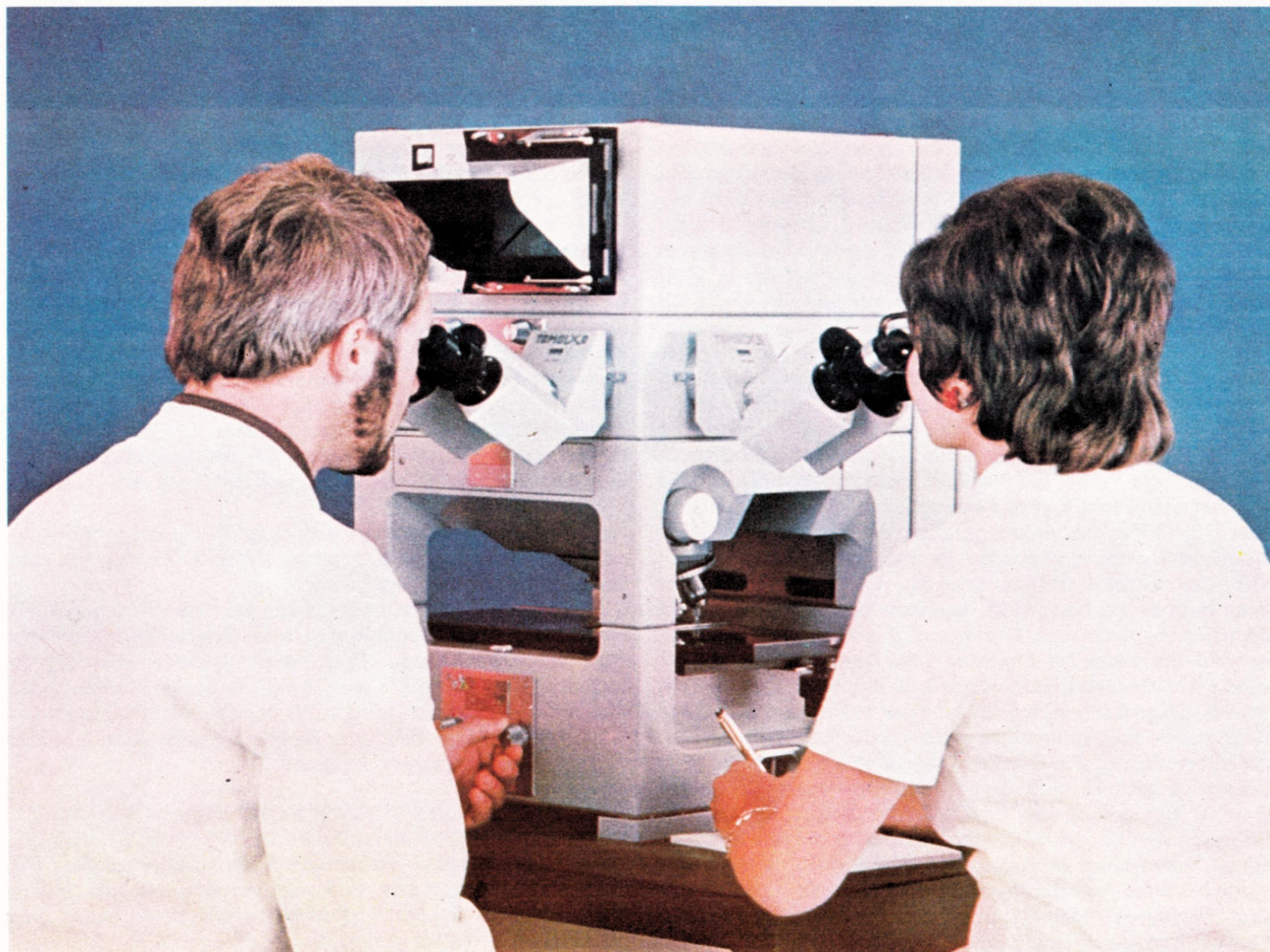
Die maximale Vergrößerung

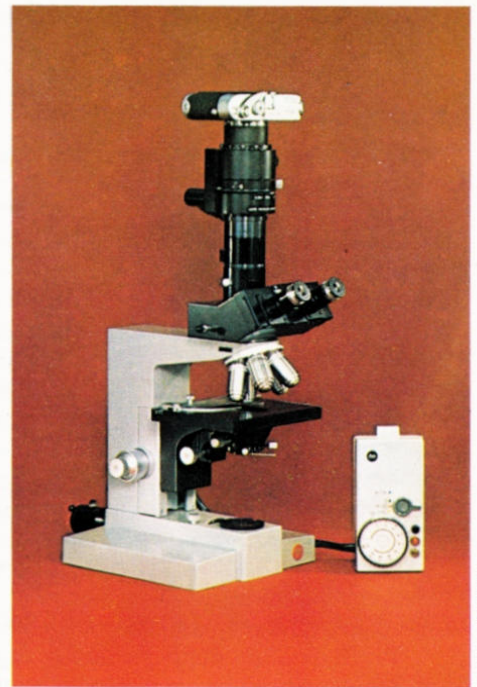
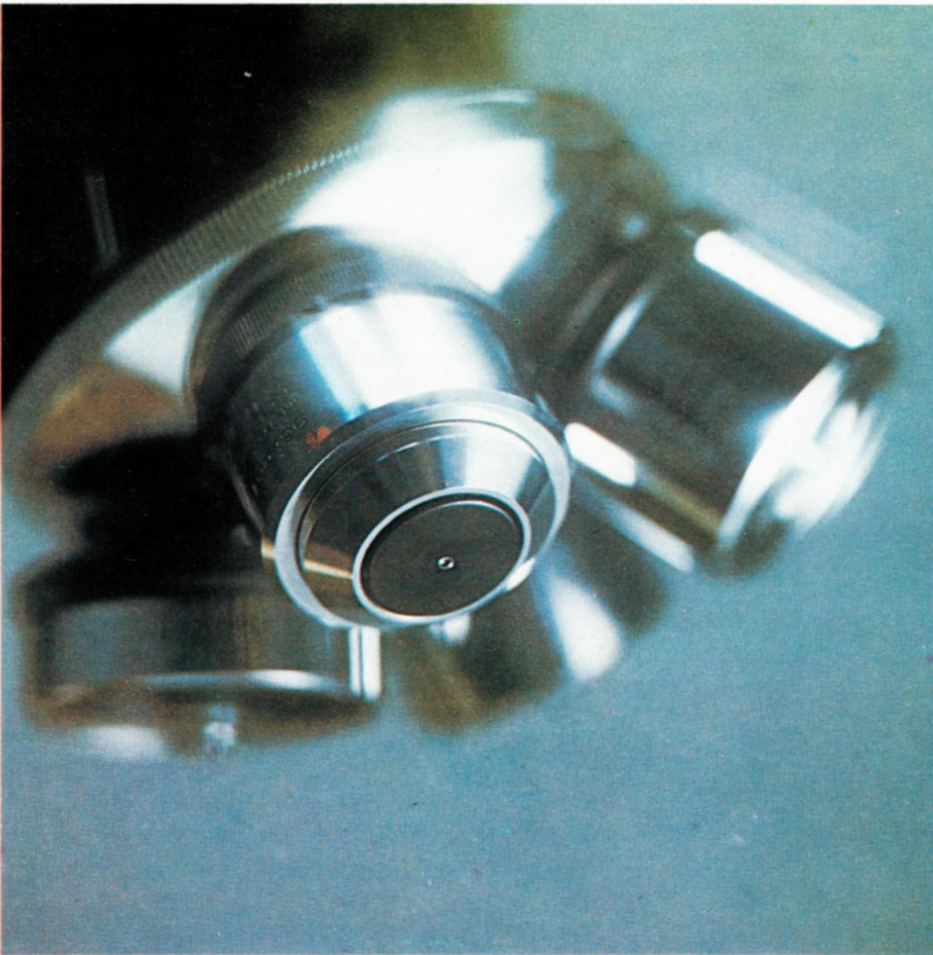
Die Vergrößerungsfähigkeit des Mikroskops kann wegen der Natur des Lichtes, das zur elektromagnetischen Strahlung zählt, nicht beliebig ausgedehnt werden. Wegen des Wellencharakters des Lichtes 'umflutet' das Licht sehr kleine Objekte, ohne beeinflusst zu werden. D.h. sehr kleine Objekte werden 'unsichtbar'. Obgleich es also möglich wäre, ein Mikroskop mit mehr als zweitausendfacher Vergrößerung zu konstruieren (zum Beispiel durch Benutzung eines stärkeren Okulars), würde dies nicht zu einer besseren Auflösung (Fähigkeit, feine Details zu trennen) führen, da die Auflösung nicht durch die Güte des Instrumentes, sondern durch die Natur des Lichtes begrenzt ist. Deshalb muß zur Untersuchung von Gegenständen, die kleiner als $0,25 \mu\text{m}$ ($1 \mu\text{m} = 1$ Millionstel Meter) sind, ein Elektronenmikroskop benutzt werden, da Elektronenwellen eine kleinere Wellenlänge als Lichtwellen haben.

Beleuchtung

Das Mikroskop kann mit 'durchgehender' Beleuchtung, wobei das Licht durch das Objekt hindurchgeht, oder 'reflek-

Das neueste Zeiss-Mikroskop für die medizinische Wissenschaft. Es hat ein vollautomatisches Kamerasystem, inklusive Polaroid-Bildern.





Oben: Ein Dialux Binokular-Mikroskop mit angebaute 35-mm-Kamera. Ein Spiegel ermöglicht dem Betrachter, genau zu sehen, was fotografiert wird.

Links: Ein drehbarer Revolver.

tierender' Beleuchtung benutzt werden. Heute ist die Durchleuchtung gebräuchlich. Die Lichtquelle ist meist eine elektrische Lampe, da Tageslicht in ausreichender Menge, d.h. Intensität, nicht verfügbar ist. In einigen Instrumenten ist die Lichtquelle in den Mikroskopständer eingebaut, wodurch die Handhabung sehr erleichtert wird. Wenn eine getrennte Lampe benutzt wird, muß das Licht sorgfältig mit einem Spiegel auf die Probe gerichtet werden. Bei modernen Instrumenten ist das Beleuchtungssystem mit einem Kondensor und einer Lampen-Irislinse konzipiert, die das Licht einer Kompaktdraht-Glühbirne, die bei niedriger Spannung betrieben wird, kontrollieren. Es gibt viele verschiedene Lampen, um ausgewählte Wellenlängen für die Beleuchtung bereitzustellen, einige davon bei sehr hoher Lichtintensität.

Für die besten Ergebnisse wird ein Kondensor unter dem Objektträgertisch benutzt, der einen gebündelten Lichtstrahl genau auf die Probe, die auf dem Objektträger liegt, richtet. Für Arbeiten bei kleiner Auflösung ist dies nicht entscheidend, aber für viele Anforderungen ist die Beleuchtung ohne Kondensor nicht ausreichend intensiv oder eng gebündelt. Um den Öffnungswinkel des das Objekt beleuchtenden Lichtstrahles zu begrenzen, hat der Kondensor auch eine Iris-Blende. Nach dem Durchgang durch die Objektschicht erreicht das Licht das Objektiv. Dies kann ein sehr kompliziertes und teures Linsensystem mit bis zu 14 Linsen sein, wovon einige nur 1 mm Durchmesser haben und sehr sorgfältig relativ zueinander angeordnet werden müssen. Je stärker die Vergrößerung des Objektivs, um so komplizierter wird es. Zusätzlich gibt es spezielle Typen, wie 'Flachfeld'-Objektive für Fotomikrografie und apochromatische Objektive — bei ihnen sind die sphärische und chromatische Aberration zu einem hohen Grad korrigiert. Jeder Typ stellt an den Konstrukteur hohe Anforderungen und ist kompliziert aufgebaut. Zur leichteren Handhabung sind gewöhnlich mehrere Objektive in einem drehbaren Objektivrevolver angeordnet,

der ermöglicht, durch Drehen in eine neue Position verschiedene Vergrößerungen zu wählen.

Die Wahl der Vergrößerung

An einem modernen Forschungsmikroskop kann die Reichweite der Objektivverstärkungen $\times 3$, $\times 6$, $\times 10$, $\times 20$, $\times 40$ und $\times 100$ sein. Die stärkste Vergrößerung wird mit dem Öl-Immersionstyp erreicht. Bei dieser Einstellung wird ein Öltropfen zwischen die Frontlinse des Objektivs und das abgedeckte, zu betrachtende Objekt gebracht. Am oberen Ende des Tubus sitzt das Okular, das auch in verschiedenen Stärken verfügbar ist. Heute sind die Vergrößerungen $\times 6$, $\times 10$ und $\times 15$ üblich. Die gesamte Vergrößerung ist einfach dadurch gegeben, daß man den Vergrößerungsfaktor des Objektivs mit dem Vergrößerungsfaktor des Okulars multipliziert, so daß die mit den sechs Objektivsystemen und den drei Okularlinsen möglichen Vergrößerungen von $\times 18$ bis $\times 1500$ reichen.

Beim Aufbau eines Mikroskopes ist die korrekte Ausrichtung aller optischen Komponenten, von der Lampe bis zum Okular, von größter Bedeutung.

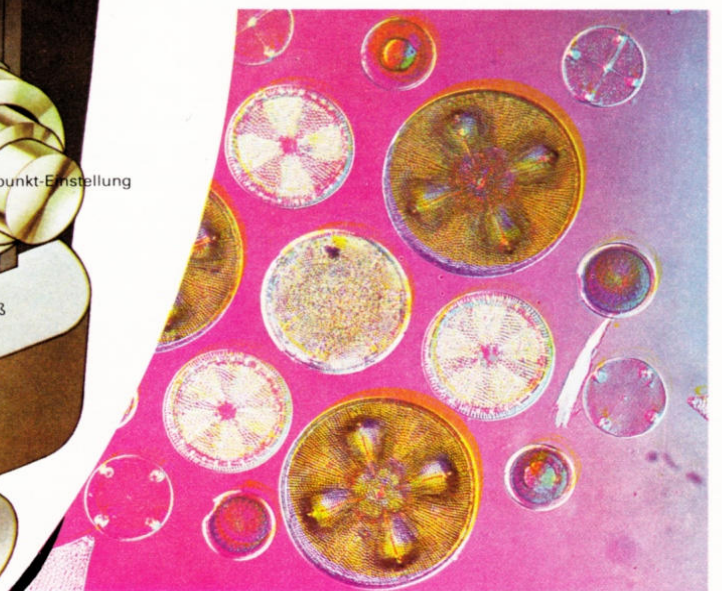
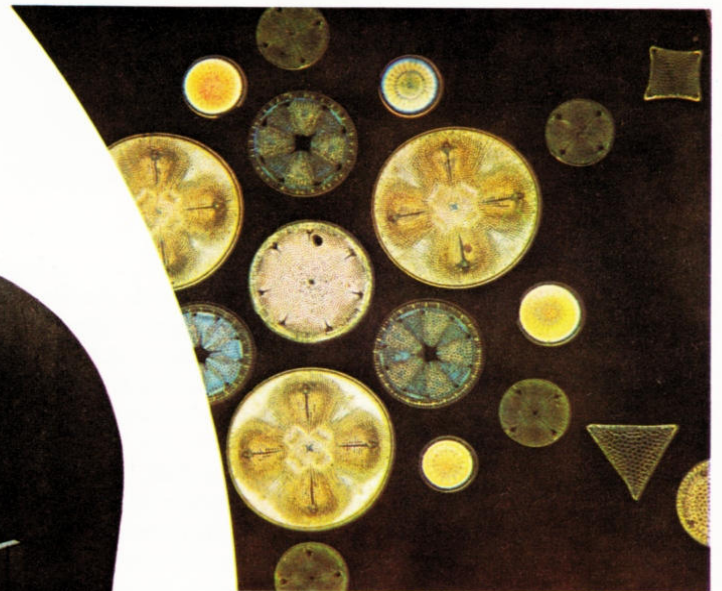
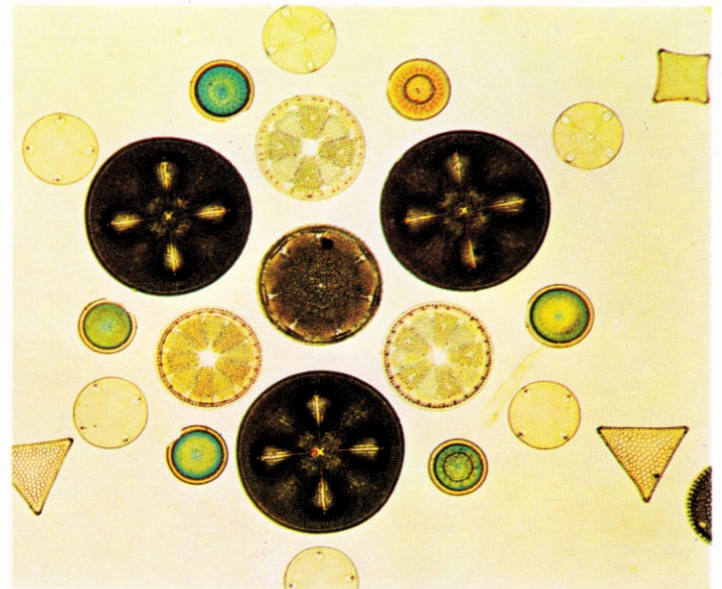
Ähnliche Voraussetzungen gelten, wenn das Instrument mit reflektiertem Licht benutzt wird, zum Beispiel beim Studium von Metalloberflächen. Hier wird intensive Beleuchtung benötigt, da sehr viel Licht durch Reflexion verlorengeht. Spezielle Zusatzgeräte werden für stärkere Vergrößerung bei reflektiertem Licht benötigt. Einige Apparate sind nur für diese Verwendungsart konstruiert.

Dunkelfeld und polarisierte Beleuchtung

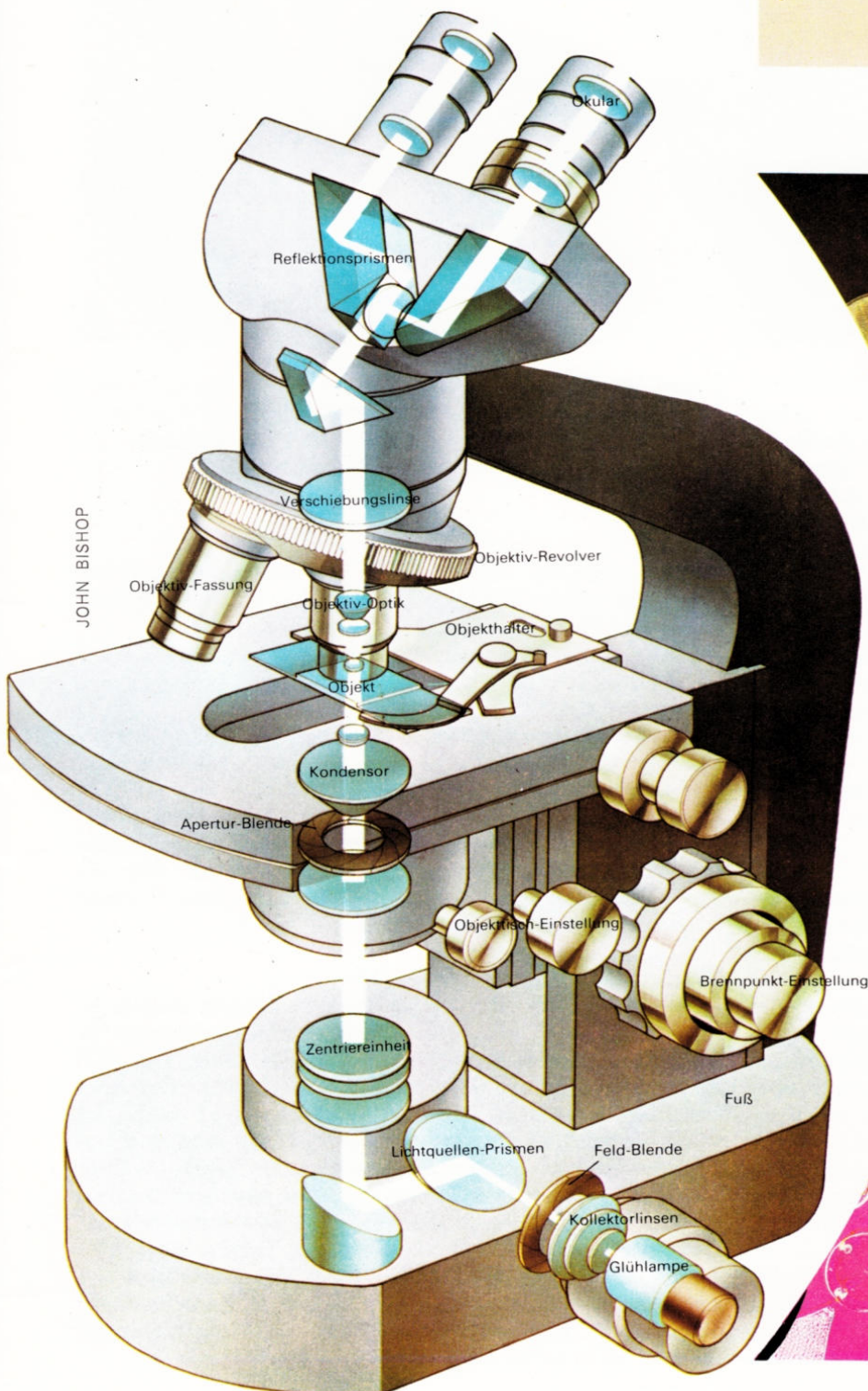
Zwei spezielle Techniken bei durchgehender Beleuchtung sind aus dem letzten Jahrhundert übernommen worden: Die Dunkelfeld-Beleuchtung und die Beleuchtung mit polarisiertem Licht. Diese Techniken liefern noch heute gute Ergebnisse.

Rechts: Eine Auswahl von Diatomeen (einzelligen Algen), die durch ein Mikroskop mit verschiedenen Beleuchtungsmethoden fotografiert wurden. **Oben:** Beleuchtung mit gewöhnlichem Licht direkt durch die Probe. **Mitte:** Dunkelfeld-Beleuchtung, in der nur die Randstrahlen des Lichts durch die Probe übertragen werden. **Unten:** Beleuchtung mit polarisiertem Licht, wobei Filter das meiste Licht herausfiltern.

Unten: Ein Wild-M20-Mikroskop für Labors. Im Laufe der Zeit hat sich das Design etwas geändert, um den Gebrauch zu erleichtern. Eingebaute Beleuchtung und Untertisch-Kondensor sind heute Standardeinbauten. Das Binokular ergibt zwar keine Stereo-Ansicht, da ein einziger Lichtstrahl aufgespalten wird, aber das Betrachten ermüdet nicht so sehr, wenn beide Augen in gleicher Weise beansprucht werden.



BRIAN BRACEGIRDLE



JOHN BISHOP



Bei der Dunkelfeld-Technik wird der direkte Lichtstrahl durch eine Scheibe unter dem Untertisch-Kondensor unterbrochen, so daß nur die äußeren Strahlen durch die Probe gebeugt werden und das Objektiv erreichen. Hierdurch erscheint die Probe glänzend weiß auf einem schwarzen Untergrund. Dies ist für die Untersuchung kleiner Lebewesen besonders nützlich. Zur Beleuchtung mit polarisiertem Licht benötigt man Polarisationsfilter, einen unter der Probe und einen darüber. Hier wird eine Welleneigenschaft des Lichtes ausgenutzt: Bei gewöhnlichem Licht können die Schwingungsebenen jeden Winkel zur Ausbreitungsrichtung annehmen. Ein Polarisationsfilter unterdrückt bis auf wenige Winkel alle anderen. Durch zwei zueinander senkrecht stehende Polarisationsfilter kommt kein direktes Licht hindurch, aber durch die Probe — einen Kristall zum Beispiel — können einige Lichtwellen so verändert werden, daß sie den zweiten Filter durchlaufen und leuchtend farbige Bilder erzeugen.

Moderne Beleuchtungstechniken

Zu den obigen Beleuchtungstechniken sind im zwanzigsten Jahrhundert drei weitere hinzugekommen. Durch die Phasenkontrastbeleuchtung können Proben, die in gewöhnlicher Beleuchtung nahezu unsichtbar sind, klar gesehen werden, was für die direkte Untersuchung lebender Zellen von großer Bedeutung ist. Dieses System wurde in den dreißiger Jahren von Frederik Zernicke (1888–1966) erfunden und basiert darauf, daß Kondensor und Objektivpaare so angeordnet werden, daß das Licht, welches durch einen Teil des Kondensors läuft, gegenüber dem Rest verzögert, d.h. außer Phase, gebracht wird. Dies verursacht eine unterschiedliche Brechung, die sich in unterschiedlichen Schattenbildern äußert.

Die Interferenzmikroskopie benutzt ebenfalls die Überlagerung verschiedener Lichtstrahlen und wurde entwickelt, nachdem das Phasenkontrastmikroskop die Vorteile dieses Verfahrens gezeigt hatte. Der Lichtstrahl wird hier in zwei Teile aufgespalten, wovon einer durch die Probe läuft und

***Oben:** Dieses Nikon-Mikroskop hat eine Vorrichtung mit deren Hilfe das, was der Techniker sieht, auf eine Leinwand projiziert werden kann. Diese Projektion kann mit Originalzeichnungen überlagert werden, um beispielsweise Qualitätskontrollen vorzunehmen.*

dadurch verändert wird, bevor er mit dem anderen wieder überlagert wird. Unterschiede in der Lichtverzögerung durch die Probe erscheinen als verschiedene Farben. Der Vorteil dieser Methode ist, daß sofortige genaue Messungen der Probendicke und anderer Abmessungen vorgenommen werden können.

Die Fluoreszenzmikroskopie erfordert ein Minimum an Spezialausrüstung. Es wird aber für diese Methode eine hochentwickelte Färbetechnik benötigt. Blaues und violettes Licht wird benutzt, um Teile der speziell behandelten Probe zur Emission von Licht verschiedener Farben anzuregen. Filter absorbieren den primären Lichtstrahl, mit dem die Probe beleuchtet wurde, so daß nur die durch diese Methode erzeugten Farbbilder sichtbar sind.

Probenaufbereitung

Das moderne Mikroskop ist vielseitig und relativ einfach zu handhaben. Viele Zubehörteile, die im letzten Jahrhundert für wichtig gehalten wurden, sind heute überflüssig. Für sich allein jedoch ist das Mikroskop nicht nützlich. Die Vorbereitung der Proben, die durchleuchtet werden sollen, ist sehr bedeutend, da die meisten Objekte viel zu groß sind, um direkt betrachtet werden zu können. Die gebräuchlichste Methode ist, eine Schicht des Objektes herauszuschneiden (siehe MIKROTOM), die so dünn ist, daß sie durchsichtig ist. Dann wird die Probe mit verschiedenen Farben eingefärbt, damit die Struktur klar sichtbar wird. Die Probe muß auf einen Objektträger, der von einem Harz (z.B. Kanadabalsam) umgeben ist, gebracht werden, damit die Voraussetzungen für gute Sicht erfüllt sind.

Erfindungen 31: GUSSEISEN UND STAHL

Das im westlichen Asien und in Europa seit etwa 1000 v. Chr. erzeugte Eisen wurde ursprünglich nach dem Rennfeuer-Verfahren hergestellt. Das Eisenerz wurde in einem Schachtofen auf etwa 1100°C erhitzt. Diese Temperatur reichte aus, um im Erz enthaltene Kieselsäure in Form von flüssiger Schlacke zu entfernen. Bei diesem Vorgang blieb das Eisen selbst in Form von faust- bzw. kopfgroßen porösen Stücken von Eisenschwamm, der sogenannten Luppe, zurück. Später wurde die Luppe herausgenommen, erneut erhitzt und geschmiedet, um daraus ein Stück Roheisen zu gewinnen, das bearbeitet werden konnte. Das auf diese Weise gewonnene Metall war weich und ließ sich leicht biegen.

Einsatzhärtung

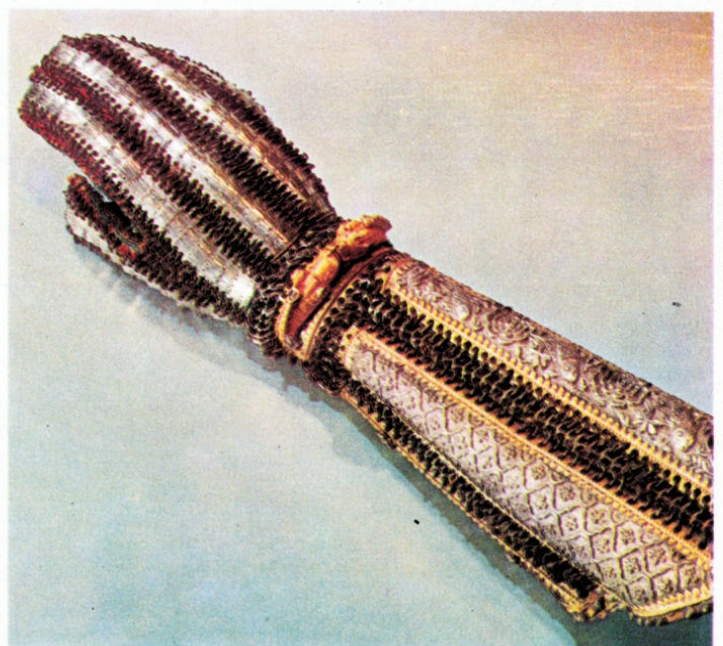
Offensichtlich wußten die Römer, daß Schmiedeeisen allmählich härter und weniger biegsam wird, wenn man es über längere Zeit in einer Esse mit Holzkohle ausglühen ließ. Diesen Vorgang bezeichnet man auch als 'Aufkohlen', weil die Härte dadurch entstanden ist, daß das Eisen eine bestimmte Menge Kohlen-

stoff aufgenommen hat, der zu einem Bestandteil des Stahles, Zementit, wird. Der Vorgang verlief jedoch sehr langsam, und die Schicht aus Härtungskohle bildete sich nur sehr dünn an der Oberfläche. Dadurch, daß man einen Eisenstab wiederholt aufkohlte, in kleine Stücke schnitt, diese übereinanderlegte, im Feuer schmiedete, um sie zusammenzuschweißen, den auf diese Weise geformten Metallstab dünn auszog und erneut aufkohlte, entstand ein Stab aus geschichtetem Metall, in dem Eisenschichten mit Zementitschichten abwechselten. Dieser Werkstoff war ausreichend hart und elastisch genug, um daraus Waffen herzustellen. Beispielsweise wurde nach diesem Verfahren das traditionelle japanische Samurai-Schwert hergestellt. Hierbei waren 100 aufeinanderfolgende Über-einander-Schichtungs- und Zementierungsvorgänge notwendig, damit die feine Blättchenstruktur entstand. In den Teilen Europas, die von den Sachsen und Wikingern bewohnt waren, wurden oft mehrere solcher Metallstäbe miteinander verwunden und zusammengeschmiedet. So ent-

standen Schwertklingen, die nach dem Polieren über die ganze Länge ein charakteristisches 'würmbuntes' Muster aufwiesen.

Wutzstahl (Damaszener Stahl)

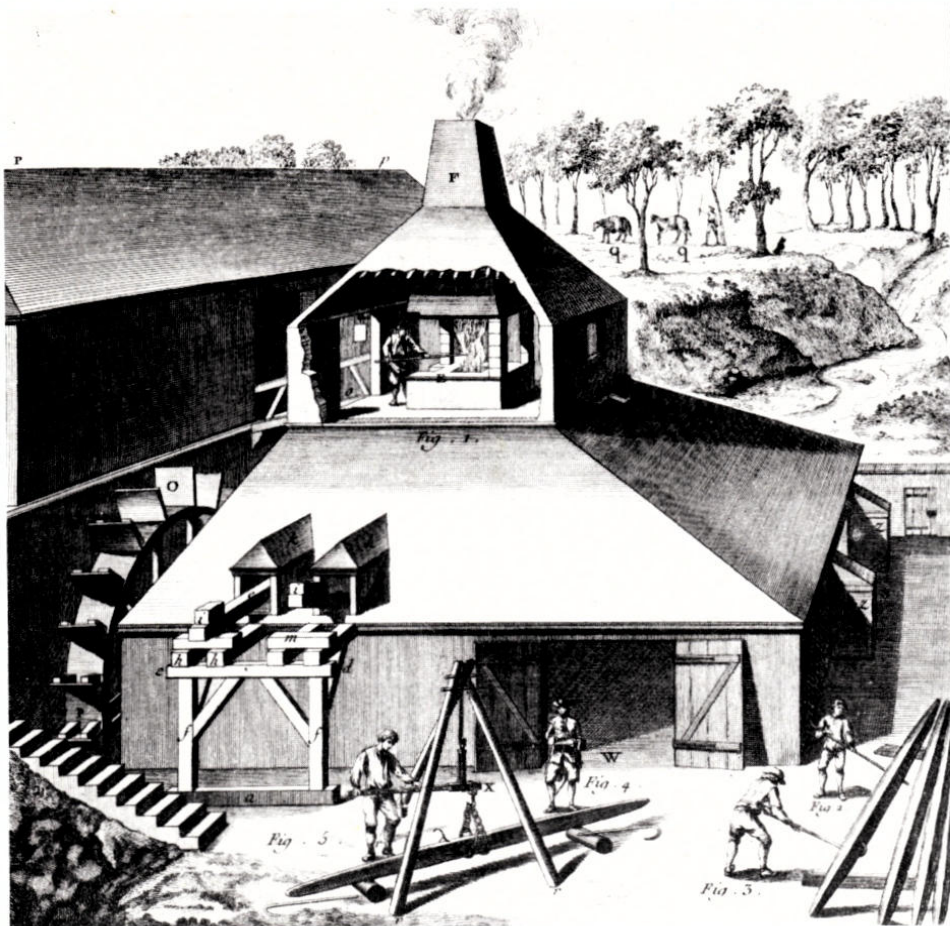
Ein grundlegend anderer Weg zur Herstellung von Stahl wurde in Südindien beschritten. Um 500 n. Chr. stellten die Inder geißfähigen Stahl her, der als Wutzstahl bezeichnet wurde. Das nach dem Rennverfahren gewonnene Eisen wurde in kleine Stücke geschlagen und zusammen mit Verkohlungsprodukten bestimmter Pflanzen in Schmelztiegel gestapelt. Die tönernen Tiegel wurden mit einem Deckel versehen, der durch Verschmieren mit Lehm luftdicht abgeschlossen wurde. Anschließend stellte man eine Anzahl solcher Schmelztiegel in einem Hochofen aufeinander und glühte sie ungefähr eine Woche lang fast bei Weißglut. Durch diesen Glühvorgang nahm das Eisen so viel Kohlenstoff auf, daß dabei der heute Austenit genannte Bestandteil des Stahls entstand. Nach dem Glühen wurden die Metallstücke heiß zu einem Stahlstab geschmiedet, der



WERNER FORMAN ARCHIVES

Oben: Ein im 18. Jahrhundert in Jaipur, Indien, aus Eisengliedern hergestellter Stahl-Handschuh.

Links: Diese im 4. Jahrhundert geschmiedete Kutub-säule südlich von Dehli, Indien ist 7,30 m hoch mit einem Durchmesser oben von 32 cm und unten von 42 cm. Trotz ihres hohen Alters zeigt sie keine Rostspuren.



Oben: Archiv-Zeichnung einer historischen Hammerschmiede in Frankreich. Das Wasserrad treibt die Schmiedehämmer an.

Unten: Die erste, vollständig aus Eisen hergestellte Brücke. Sie führt über den Severn bei Coalbrookdale, England, und wurde 1779 errichtet.



nach dem Polieren ein typisches 'damasziertes' Muster auf der Oberfläche zeigte.

In der spätrömischen Zeit wurde Wutzstahl aus Südindien exportiert. Arabische Seeleute und Karawanen brachten es in den östlichen Mittelmeerraum. Der römische Kaiser Diokletian gründete in Damaskus eine Waffenfabrik. Die Erzeugnisse dieser Fabrik nannte man Damaszener Stahl. Nach den Eroberungen der Araber im 8. Jahrhundert wurden weitere Fabriken gegründet, eine von ihnen in Toledo, Spanien.

Chinesisches Gusseisen

In China verlief die Entwicklung der Stahlherstellung noch anders. Bereits um 500 v. Chr. kannten die Chinesen die Herstellung von Gusseisen. Dies hatte hauptsächlich zwei Gründe. Viele Eisenerzvorkommen im Norden Chinas enthalten hohe Anteile an Phosphor. Phosphor setzt die Temperatur herab, bei der Eisen schmilzt, allerdings ist das dabei gewonnene Eisen übermäßig spröde. Außerdem machten es reiche Vorkommen an Anthrazitkohle den Chinesen leicht, 1200°C und darüber zu erreichen. Mithin behandelten die damaligen chinesischen Eisengießer das Metall so, als wäre es Kupfer oder Bronze, und gossen es in Formen. Dieses spröde Metall, das zwar zur Herstellung von Gefäßen und landwirtschaftlichen Werkzeugen ausreichte, war für die Herstellung von Waffen ungeeignet.

'Schmelzstahl'

Um 200 v. Chr. beherrschten die Chinesen, wahrscheinlich durch Vermittlung ihrer Nachbarn im Norden, der Mongolen, die Herstellung von Schmiedeeisen. Kurz danach begannen sie damit, Stahl durch Zusammenschmelzen herzustellen. Schmiedeeisen und Gusseisen wurden in kleine Stücke geschlagen und in einer Art Strahlungsofen geglüht, bis eine teigige Masse entstand. Dabei gab der Gusseisenanteil ziemlich viel Kohlenstoff ab, zugleich nahm das Schmiedeeisen einen Teil davon auf. Wurde das Verfahren richtig durchgeführt, mußte das Endprodukt ein hochwertiger Stahl gewesen sein, der hauptsächlich aus Zementit und Austenit bestand. Doch führten die Chinesen noch im zehnten Jahrhundert n. Chr. Wutzstahl aus Indien und Persien ein. Dies gibt zu Vermutungen Anlaß, daß ihr eigener, durch das Zusammenschmelzen erzeugter Stahl selten die gewünschte Qualität erreicht hat.