

# WIE GEHT DAS

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



---

scan: **IGDL**



# WIE GEHT DAS

## Inhalt

H-Bombe	617
Hebel	621
Hefe	623
Heften mit Draht	627
Heizgeräte	628
Herzklappen, künstliche	633
Herz-Lungen-Machine	636
Herzschritmacher	638
Hi-Fi-Systeme	640

## In Heft 24 von Wie Geht Das



Der Hubschrauber kann vielseitig eingesetzt werden und ist im modernen Luftverkehr unentbehrlich. Die ersten erfolgreichen Versuche mit Hubschraubern wurden in den 30er Jahren in Deutschland durchgeführt, und seitdem ist ihre Entwicklung rapide fortgeschritten. Alles über Hubschrauber, ihre Funktionsweise und Anwendung können Sie in Heft 24 von Wie Geht Das nachlesen.

Durch die auf Lasern basierende Technik der Holographie ist es heute möglich, dreidimensionale Fotos zu produzieren. Der Artikel in der nächsten Ausgabe beschreibt die einzigartige Natur des Laserlichtes, das die Holographie und holographische Bilder ermöglicht.

### WIE SIE REGELMÄSSIG JEDE WOCHE IHR HEFT BEKOMMEN

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

### ZURÜCKLIEGENDE HEFTE

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

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

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

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

### INHALTSVERZEICHNIS

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

Bis dahin schaffen Sie sich ein Inhaltsverzeichnis dadurch, daß Sie die Umschläge der Hefte abtrennen und in der dafür vorgesehenen Tasche Ihres Sammelordners verwahren. 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

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

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

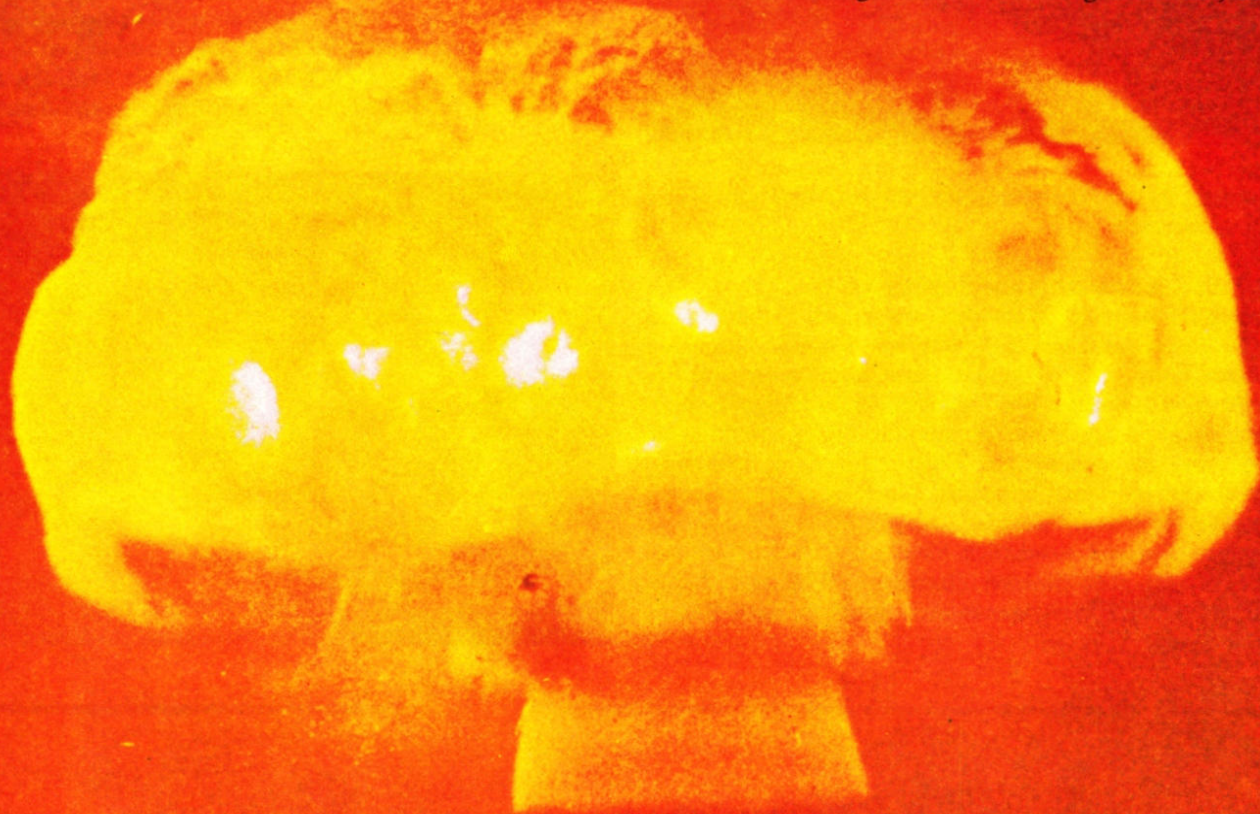




## H-BOMBE

Die Wasserstoffbombe (H-Bombe) besitzt die größte Zerstörungskraft aller bisher von Menschen entwickelten Waffen. Die größte in Versuchen gezündete H-Bombe hatte die hundertfache Detonationskraft der größtmöglichen Atombombe (A-Bombe). Trotz der ungeheuren Investitionen in Tausende von H-Sprengköpfen sind die Nuklearmächte vor allem darauf bedacht, daß es nie zum Einsatz dieser Waffen kommt.

gleichen, positiven Ladung abstoßen. Zur Fusion müssen sie zu einer Annäherung gezwungen werden. Für eine hinreichende Annäherung sind günstige Bedingungen notwendig: Der mittlere Abstand der Kerne muß bereits klein sein, und sie müssen sich mit großer Geschwindigkeit aufeinander zu bewegen. Hohe Geschwindigkeiten erreicht man durch Erhitzen der Komponenten auf mehrere Hundertmillionen Grad. (Deshalb heißt die H-Bombe auch 'thermonukleare' Bombe.) Wenn die kritische Temperatur überschritten ist, setzt Fusion ein. Die freigesetzte Energie sorgt für den weiteren Ablauf der Reaktion, bis das verschmelzbare Material aufgebraucht ist oder das Reaktionsgemisch sich so ausgedehnt hat, daß die



Bei der H-Bombe wird die bei der Kernverschmelzung (siehe KERNKETTENREAKTION) von Wasserstoffisotopen freiwerdende Energie in nicht kontrollierter, explosiver Weise abgegeben. Bei der Kernverschmelzung (Fusion) vereinigen sich Kerne kleinerer Atome, um den Kern eines größeren Atoms zu bilden. Energie wird frei, weil die Bindungsenergie, die die Kernbausteine im größeren Kern zusammenhält, kleiner als die Summe der Bindungsenergien der kleineren Kerne ist. Die bei der fast gleichzeitigen, sehr schnell ablaufenden Fusion mehrerer Millionen Kerne freigesetzte Energie führt zu einer Explosion ungeheuren Ausmaßes.

### Kernverschmelzung

Die Kernverschmelzung kann unter normalen Bedingungen nicht spontan auftreten, da sich je zwei Kerne wegen ihrer

Temperatur unter den kritischen Wert fällt. Der ganze Vorgang läuft sehr schnell, eben explosionsartig, ab.

Die beiden Wasserstoffisotope Deuterium und Tritium werden in H-Bomben benutzt. Deuterium tritt in der Natur auf, z.B. als schweres Wasser ( $D_2O$ ) in einer Konzentration von 1:5000 in normalem Wasser, von dem es abgetrennt werden kann. Tritium ist ein radioaktives Isotop, das nicht natürlich vorkommt. Man stellt es künstlich her, indem man Lithium-6 (ein Isotop des Alkalimetalls Lithium mit dem

*Die Pilzwolke nach der Detonation einer H-Bombe in der Atmosphäre. Eine ähnliche Wolke würde auch bei einer nicht-nuklearen (konventionellen) Explosion derselben Größe entstehen.*





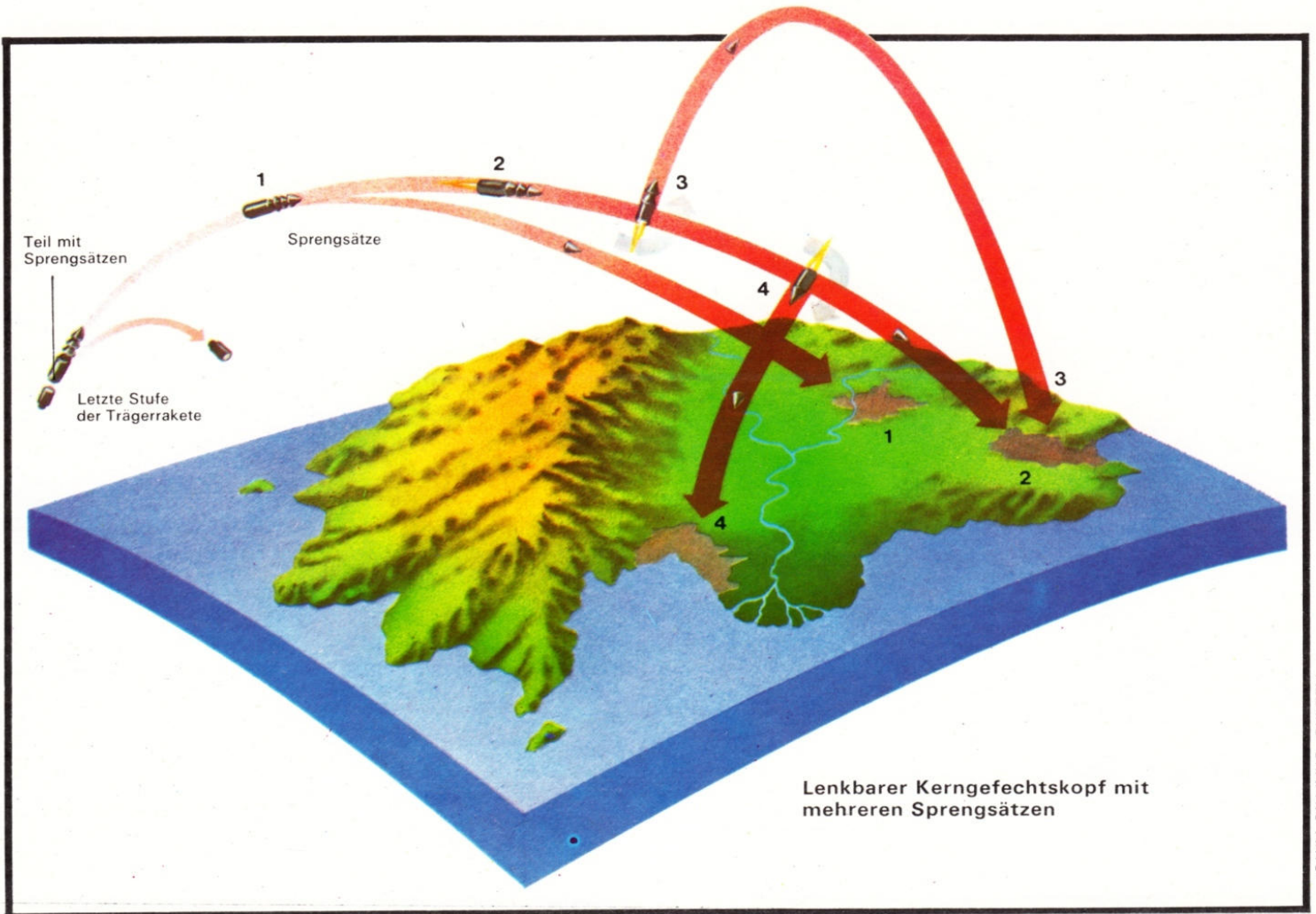


Atomgewicht 6) mit Neutronen bestrahlt und in Tritium und Helium umwandelt.

### Kurze Entwicklungsgeschichte

Die ersten H-Bomben bestanden aus einem Atomsprengekörper (A-BOMBE) und einem Vorrat von Wasserstoffisotopen in flüssiger Form. Die A-Bombe diente als Zünder und bewirkte die zum Einsetzen der Fusionsreaktion nötige Temperaturerhöhung. (Auch heute ist dies die einzige praktikable Methode, um die ungeheuren Temperaturen zu erreichen, obwohl der Einsatz von Lasern zur Zündung erforscht wird.) Flüssige Isotope wurden benutzt, weil der Abstand der Atome im flüssigen Zustand wesentlich kleiner als im gasförmigen Zustand ist. Da aber flüssiger (Isotopen-) Wasserstoff sehr instabil und gefährlich ist, war es nicht möglich, diese Bombe sicher zu lagern.

Heutige H-Bomben bestehen aus einer A-Bombe als Zünder, die von einer Schicht aus Lithiumdeuterid (einer Verbindung aus Lithium-6 und Deuterium) umgeben ist. Das Lithiumdeuterid erfüllt zwei wichtige Aufgaben: Erstens hält es die Deuteronen dicht zusammen (im festen Zustand sind die Atomabstände noch kleiner als im flüssigen Zustand), so daß sie sich in einer für die Fusion günstigen Ausgangslage befinden. Zweitens erhält man aus dem Beschuß von Lithium-6 mit Neutronen Tritium, das mit dem Deuterium verschmelzen kann. Die dazu notwendigen Neutronen werden bei der Explosion der A-Bombe frei, so daß also auch der Zünder mehrere Aufgaben hat. Neben den Hauptreaktionen, der Verschmelzung von Deuterium mit Deuterium oder mit Tritium, können auch andere Fusionsreaktionen zur Explosion beitragen. So kann beispielsweise ein Lithiumkern mit einem Deuteriumkern unter Energieabgabe verschmelzen.



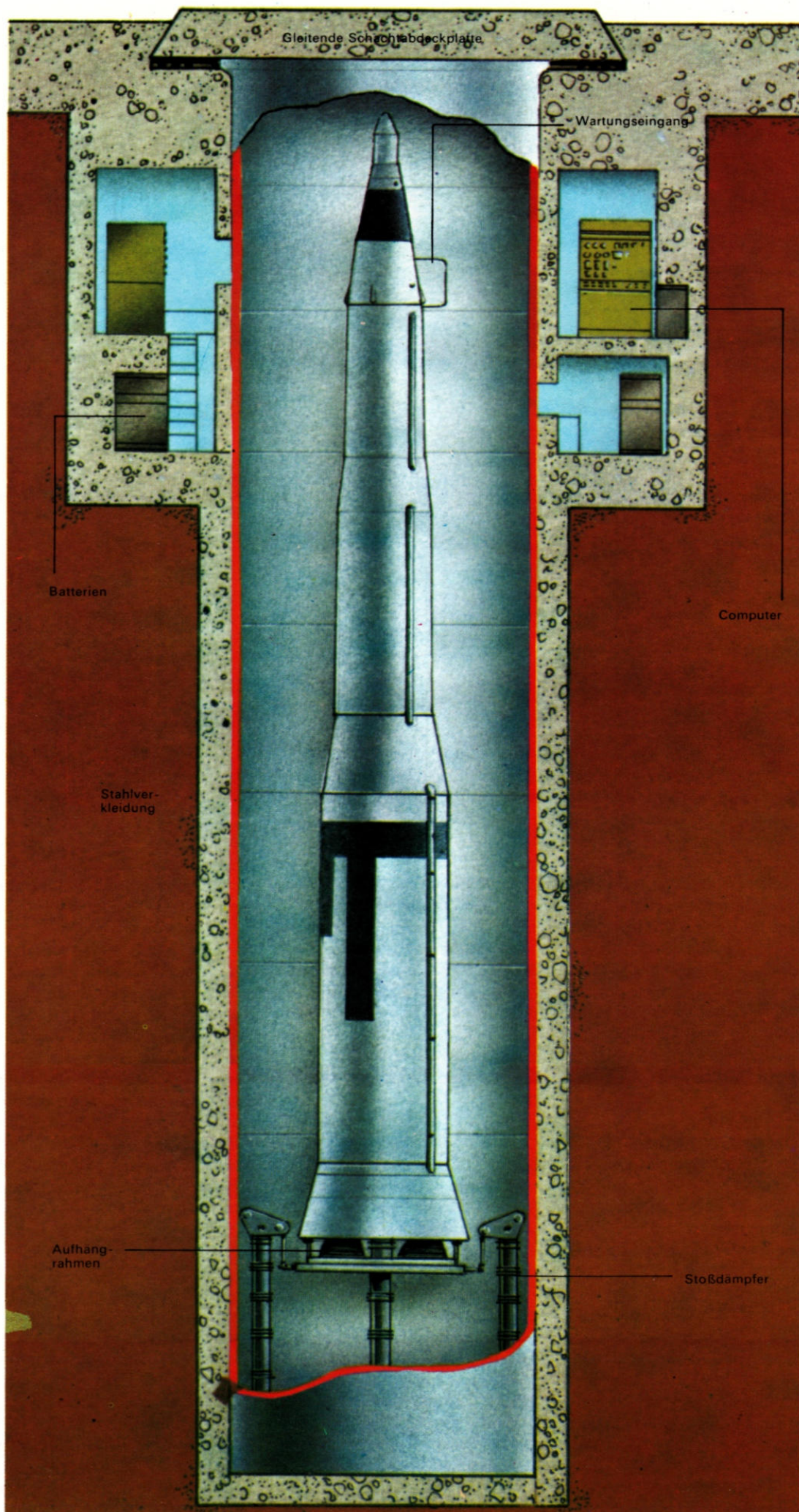


**Links aussen:** Das berühmte 'rote Telefon' im Hauptquartier des SAC (Strategic Air Command) in Washington. Ein möglicher Befehl für den Einsatz atomarer Waffen würde über dieses Telefon erfolgen.

**Links:** Eine Batterie von Nike-Raketen, aufgereiht und zum Einsatz bereit. Nike-Raketen können wie hier an einem festen Standort montiert sein; sie können aber auch von mobilen Raketrägern abgefeuert werden.

**Rechts:** Viele Langstreckenraketen werden von sogenannten unterirdischen 'Silos' abgefeuert. Die USA z.B. haben ihre 'Minuteman III' interkontinentalen ballistischen Raketen in Silos von 24,4 m Tiefe untergebracht. Die 'Minuteman III' kann mit MIRV ('Multiple Independent Re-entry Vehicle') Sprengköpfen ausgerüstet werden, die mehrere einzelne nukleare Sprengsätze enthalten. Diese Sprengsätze breiten sich dann aus und können mehrere Ziele gleichzeitig angreifen, was die Wirksamkeit dieser Rakete beträchtlich erhöht.

**Links:** Nachdem die Hauptstufe der Trägerrakete ausgebrannt ist, setzt der Teil mit den Sprengsätzen seinen Weg fort. Der erste Sprengsatz löst sich bei Punkt 2. Der Teil mit den Sprengsätzen kann dann mit seinem eigenen Rakentriebwerk eine Reihe von Bewegungen ausführen und weitere Sprengsätze abfeuern. So lassen sich mehrere Ziele beschießen.

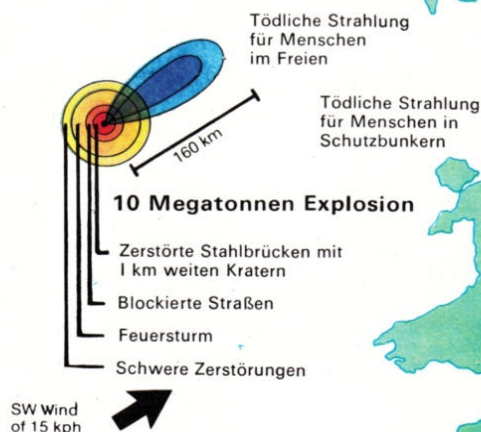






**Oben:** Die Auswirkung radioaktiver Strahlung auf Pflanzen.

**Rechts:** Nach britischen Schätzungen würden 15 bis 20 Millionen Menschen sofort getötet, wenn auf die sieben dichtbesiedeltsten Städte des Landes je eine 10 Megatonnen-bombe abgeworfen würde. 10 Megatonnen entsprechen 10 Millionen Tonnen TNT. Die Hiroshimabombe hatte dagegen nur 15 000 TNT.



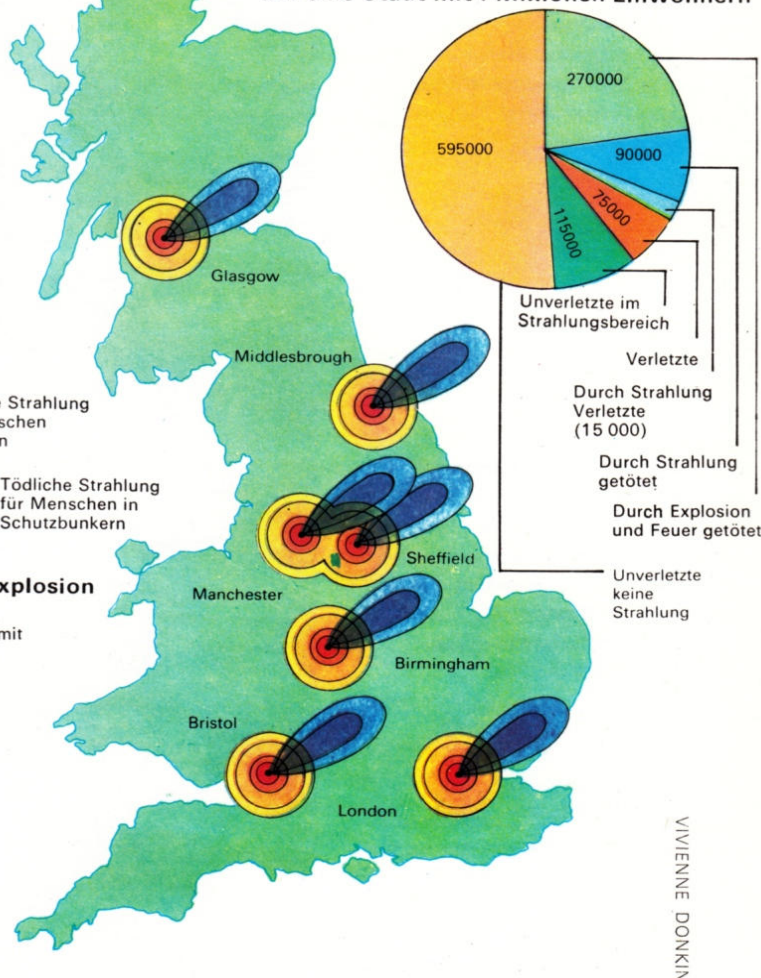
Diese Art der H-Bombe wird als verhältnismäßig 'sauber' angesehen, da ihre Explosion nur wenig sogenannten radioaktiven Niederschlag ('Fallout') produziert, der aus radioaktiven Reaktionsprodukten, vor allem aus Zerfallsprodukten des Zünders, und aus Tritium besteht. Da nur eine kleine A-Bombe als Zünder ausreicht, bleibt die radioaktive Niederschlagsmenge gering. Anders liegen die Verhältnisse bei den sogenannten Dreiphasensprengkörpern, bei denen die H-Bombe in der beschriebenen Form noch von einem äußeren Mantel aus Uran-238 umkleidet ist. Neben der Funktion eines 'Behälters', in dem die Fusion noch etwas länger aufrechterhalten werden kann, liefert dieser Mantel durch die Spaltung von Uran-238 mit Hilfe der bei der Fusion freiwerdenden schnellen Neutronen zusätzliche Detonationskraft. Diese Bombe liefert beträchtliche Mengen radioaktiven Niederschlags und gilt daher als 'schmutzig'.

### Detonationswerte

Der Detonationswert einer H-Bombe liegt aus zwei Hauptgründen wesentlich höher als der einer A-Bombe. Einmal enthält eine bestimmte Menge (gemessen am Gewicht) Deuterium oder Tritium erheblich mehr Atome als die gleiche Menge Uran oder Plutonium, da die Atomgewichte von Deuterium und Tritium viel kleiner sind. Die vollständige Fusion einer gegebenen Menge Deuterium ergibt theoretisch fast dreimal soviel Energie wie die vollständige Spaltung derselben Menge Uran-235. Zweitens ist die Größe der H-Bombe, im Gegensatz zur A-Bombe, fast unbegrenzt. Bei der A-Bombe muß eine Kettenreaktion aufrechterhalten werden, die die Anwesenheit einer gewissen (überkritischen) Masse an spaltbarem Material voraussetzt. Bei der Detonation wird jedoch ein Großteil des spaltbaren Materials weggeschleudert, und die Kettenreaktion setzt aus. Bei der H-Bombe setzt sich die Fusionsreaktion so lange fort, bis alles verschmelzbare Material verbraucht ist, vorausgesetzt, die Temperatur bleibt

### WIRKUNG VON SIEBEN H-BOMBEN AUF GROSSBRITANNIEN

Wirkung einer 1-Megatonnen-Bombe auf eine Stadt mit 1 Millionen Einwohnern



hoch genug. Ein größerer Anteil des Fusionsmaterials wird also genutzt. Die Größe der H-Bomben ist nur durch die Tragfähigkeit der Flugzeuge oder Waffenträgersysteme begrenzt.

### Kernwaffenversuche

Die erste Versuchszündung einer H-Bombe wurde von den USA am 1. November 1952 auf dem Eniwetok-Atoll im Pazifik durchgeführt. Der Detonationswert lag bei 5 bis 7 Megatonnen (dies entsprach der Wirkung von 5 bis 7 Millionen Tonnen des Sprengstoffs TNT). Die UdSSR testete ihre erste H-Bombe am 21. August 1953. Seitdem haben auch Großbritannien, Frankreich und China eigene H-Waffen entwickelt und getestet. Die größte je gezündete H-Bombe (am 30. August 1961 in der UdSSR) hatte einen geschätzten Detonationswert von etwa 60 Megatonnen. Zum Vergleich hatten die in Japan am Ende des Zweiten Weltkrieges detonierten A-Bomben Detonationswerte um 15 Kilotonnen; die größten A-Bomben liefern einige Hundert Kilotonnen.

### Versuchstopps und Rüstungsbegrenzung

H-Bomben sind zwar nie in Kriegen eingesetzt worden, aber auch Versuche haben viele unerwünschte Effekte. Radioaktive Niederschläge können Lebensmittel (z.B. Milch) verseuchen und ernste Erkrankungen (z.B. Krebs) hervorrufen. Teilweise aus diesen Gründen unterzeichneten die USA, die UdSSR und Großbritannien im August 1963 einen Vertrag, der Kernwaffenversuche jeder Art in der Atmosphäre, im Weltraum und unter Wasser verbietet. Nur unterirdische Versuche sind noch erlaubt. Inzwischen sind viele andere Länder diesem Vertrag beigetreten, obwohl sie nicht in der Lage sind, selbst solche Versuche durchzuführen.



## HEBEL

**Die Erfindung des Hebels, eine der einfachsten Maschinen, war für die Entwicklung primitiver Kulturen von großer Bedeutung. Mit dem Hebel kann der Mensch mit seiner nur geringen Kraft sehr große und schwere Gegenstände anheben. Fast alle modernen Maschinen verfügen in irgendeiner Form über Hebel. Der Hebel verstärkt Kräfte, Auslenkungen und Geschwindigkeiten.**

Der einfache Hebel besteht aus einem um eine Achse drehbaren Balken. Der Punkt, um den sich der Balken dreht, heißt Drehpunkt. Die angreifende Kraft wirkt auf ein Ende des Balkens. Sie sollte so weit wie möglich vom Drehpunkt entfernt wirksam werden. Die verstärkende Krafteinwirkung kommt dadurch zustande, daß der Gegenstand, der angehoben oder bewegt werden soll, sich näher am Drehpunkt befindet als die angreifende Kraft.

Der Betrag der Verstärkung ist das Verhältnis aus der Last zu der Krafteinwirkung. Er kann auch aus dem Verhältnis des Abstandes der zu bewegenden Last und des Abstandes der angreifenden Kraft vom Drehpunkt ausgedrückt werden.

Läßt man beispielsweise an einem Ende im Abstand von

1 m vom Drehpunkt eine Masse von 1 kg einwirken, kann am anderen Ende eine Masse von 2 kg angehoben werden, wenn ihr Abstand vom Drehpunkt 0,5 m beträgt. Im Abstand von 0,25 m ließe sich eine Masse von 4 kg anheben. Im ersten Falle hätte man eine Verstärkung von 2 und im zweiten Falle von 4.

Eine kleine angreifende Kraft in großem Abstand vom Drehpunkt hat das gleiche Drehmoment wie eine größere angreifende Kraft in kleinerem Abstand. Das Drehmoment ist definiert als das Produkt aus der wirkenden Kraft und dem Abstand vom Drehpunkt. Gleichgewicht liegt dann vor, wenn das Drehmoment der angreifenden Kraft und das Drehmoment der Last gleich sind, d.h. wenn die Summe der Drehmomente in Bezug auf den Drehpunkt Null ist.

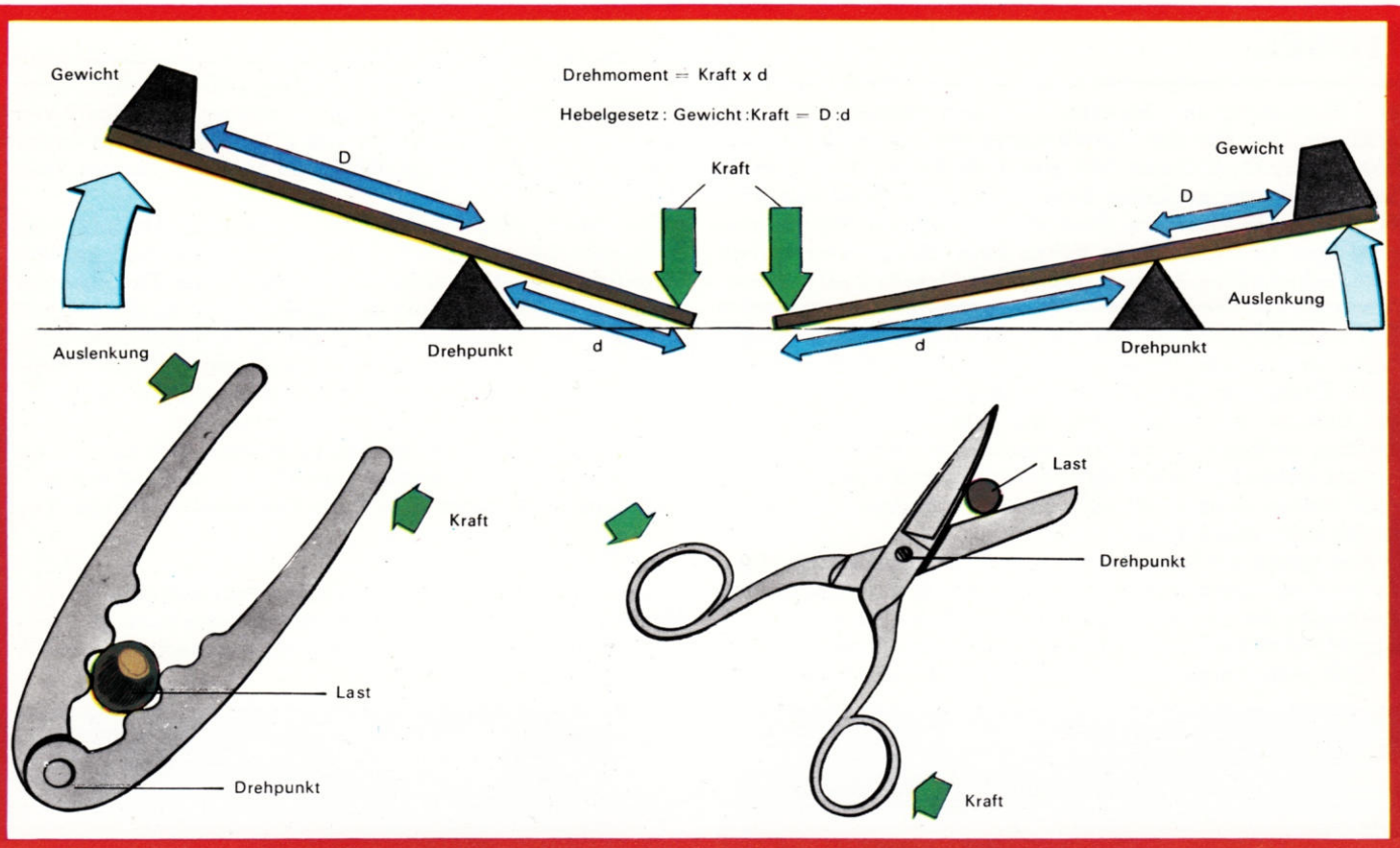
Die einwirkende Kraft und die zu hebende Last können auf verschiedenen Seiten (zweiarmiger Hebel) oder auf der gleichen Seite (einarmiger Hebel) des Drehpunktes wirken. Die

***Unten:** Die Hebelarme eines Baggers machen ein leichtes Manövrieren der Schaufel möglich, aber sie leisten keinerlei mechanische Hilfe, da die Kraft näher am Drehpunkt angewendet wird als die Last.*

PICTUREPOINT







**Oben:** Ein Balken, der um einen Drehpunkt rotiert, zeigt das Prinzip des Hebels. Je näher sich die angreifende Kraft am Drehpunkt befindet, umso mehr Kraft muß aufgewendet werden, um die Last zu heben. Ist die angreifende Kraft vom Drehpunkt weit entfernt, muß weniger Kraft zum Heben eines Gewichtes aufgewendet werden. Die Schere ist ein zweiarmiger, der Nußknacker ein einarmiger Hebel.

**Unten:** Das Prinzip des Hebels wird z.B. bei Arbeiten auf Baustellen angewendet. Die langen Arme der Kräne machen ein Erreichen von hochgelegenen und anderen schwer zugänglichen Stellen möglich.



Schere ist ein Beispiel für einen zweiarmigen Hebel. Je näher sich z.B. ein zu schneidendes Stück Pappe am Drehpunkt befindet, um so kleiner ist die Kraftanstrengung an dem anderen Scherenende. Auch eine Zange ist ein zweiarmiger Hebel.

Ein gutes Beispiel für einen einarmigen Hebel ist ein Nußknacker. Um eine Nuß mit kleinstem Kraftaufwand knacken zu können, sollte sich die Nuß möglichst nahe am Drehpunkt befinden.

### Auslenkung

Hebel werden sehr häufig zur Verstärkung von Kräften angewendet. Ein anderes wichtiges Gebiet ist die Verstärkung von Auslenkungen. Befindet sich der Drehpunkt in der Mitte eines Balkens (z.B. einer Wippe), ist die Auslenkung der Balkenenden aus der Gleichgewichtslage gleich. Verändert man den Drehpunkt in Richtung eines Endes, ändert sich auch der Betrag des Weges, der an beiden Enden durchlaufen wird.

Teilt der Drehpunkt den Balken beispielsweise im Verhältnis 2:3, ist die Auslenkung des längeren Astes doppelt so groß wie die des kürzeren Astes. Es kann also mit einer kleinen Auslenkung auf der einen Seite eine viel größere Auslenkung auf der anderen Seite erzielt werden.

### Geschwindigkeit

Wenn sich die beiden Enden eines Balkens, dessen Drehpunkt sich nicht in seiner Mitte befindet, bewegen, legen beide Enden die Auslenkung mit unterschiedlicher Geschwindigkeit zurück. Die Geschwindigkeiten sind den sogenannten Hebelarmen (Abstand der Enden des Balkens vom Drehpunkt) proportional.

Bei vielen Maschinen, die das Hebelprinzip anwenden, wirken Kraft, Auslenkung und Geschwindigkeit zusammen. Ein gutes Beispiel ist die Typenhebelschreibmaschine. Hier wird das relativ langsame Herunterdrücken der Tasten in eine schnelle Übertragung auf den Typenhebel umgesetzt. Die Geschwindigkeit der Enden des Typenhebels ist etwa 8- bis 10mal so hoch wie die der Tasten.



## HEFE

Die als Hefen bezeichneten einzelligen Pilze sind wegen ihrer Bedeutung bei der Bier- und Weingärung und der Herstellung von Backwaren allgemein bekannt. Weitere Hefeprodukte, die in bedeutenden Mengen erzeugt werden, sind u.a. Rinderfutter und Sojasoße.

Hefen sind Pilze aus mehr oder weniger kugelförmigen Einzelzellen. Sie sind im Gegensatz zu anderen Pilzformen nicht in zylindrischen oder langen, verzweigten Fäden angeordnet. Man kennt Tausende von Hefearten, die verschiedenen Pilzklassen angehören, die wiederum starke Unterschiede aufweisen. Von diesen Hefen werden jedoch nur wenige technisch verwertet. Einige Pilze, die normalerweise Fäden bilden, erzeugen unter bestimmten Bedingungen hefeartige Formen.

Auch fadenbildene Pilze werden gelegentlich in technischen Gärverfahren eingesetzt, gebräuchlicher ist jedoch die Verwendung von Hefen. Die kugelförmige Gestalt der Hefezellen hat zur Folge, daß bei den Hefen das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen größer ist als bei den fadenförmigen Pilzen; es steht damit eine größere Kontaktfläche zwischen der chemisch aktiven Zelloberfläche und dem für das Wachstum der Hefe vorgesehenen Medium zur Verfügung. Dies hat eine kräftigere Gärung zur Folge. Da die Hefen als Einzelzellen vorliegen, lassen sie sich auch leichter im Medium verteilen als Zellverbände.

### Natürlich vorkommende Hefen

Hefen findet man überall in großer Anzahl: im Boden, in der Luft, im Süß- und Salzwasser; ferner bedecken sie die Oberfläche von lebenden Pflanzen und Nahrungsmitteln. In den



**Oben:** Herstellung von Reinzuchtheife in einem holländischen Unternehmen. Die Hefezellen brauchen zum Wachsen und Vermehren Sauerstoff und liefern dafür Kohlenstoff. Diesen Vorgang nennt man Gären.

**Unten:** Vergärungsanlage in einer Rumfabrik auf den Westindischen Inseln. Der Alkohol entsteht, wenn beim Gärprozeß die Sauerstoffzufuhr beschränkt wird. Die Hefe zersetzt dann Zucker zu Alkohol und Sauerstoff unter Freisetzen von Kohlenstoff.





erwähnten Medien können sie lange überleben und sogar langsam wachsen und sich vermehren. Es überrascht nicht, daß man schon früh in der Menschheitsgeschichte entdeckte, daß sich Nahrungsmittel unter dem Einfluß dieser natürlich vorkommenden Hefen verändern. In manchen Fällen werden Nahrungsmittel durch Hefen verdorben; in einigen anderen Fällen hingegen erfolgt eine erhebliche Verbesserung von Struktur oder Geschmack. So ließ man bei der Brotherstellung den Teig mit Hilfe des Kohlenstoffdioxids aufgehen, das die Hefen während der Vergärung des im Teig vorhandenen Zuckers abgeben. Wurde ein Stück des aufgegangenen Teigs gut aufbewahrt und mit der nächsten Teigmischung vermischt, wurde der neue Teig 'angeimpft' und ging ebenfalls auf.

Erst im Jahre 1866 wurde von Louis Pasteur (1822 bis 1895) die Entdeckung gemacht, daß Gärungen durch lebende Organismen bewirkt werden. Pasteur beschäftigte sich zunächst mit der WEINHERSTELLUNG. Seine klassische Arbeit über den Wein kann als Beginn der wissenschaftlich angewandten Gärung angesehen werden.

Weinhefen liegen im Boden von Weinbergen vor, gelangen auf die Haut der Trauben und damit in den Traubensaft oder Most. Bei der traditionellen Weinerzeugung wurden dem Most keine weiteren Hefen beigegeben. Heute hingegen werden meist noch künstlich gezüchtete Hefen (Reinzuchthefen) zugesetzt. Weinberge verschiedener Gegenden haben jeweils ihre bestimmten Heferassen, die dem Wein bis zu einem gewissen Grade die charakteristische Blume der betreffenden Region verleihen. Diese charakteristische Eigenschaft ist sogar bei gleichen Traubensorten zu erkennen.

### Backhefe

Die Brau- oder Backhefe *Saccharomyces cerevisiae* (cerevisia ist das lateinische Wort für BIER) ist vermutlich die bekannteste und am meisten verwendete Hefe. Stämme dieser Hefe werden zur Brotherstellung und zum Brauen von hellem und

dunklem Bier eingesetzt. Ihre Zellen sind einförmig. Der längste Durchmesser beträgt etwa 0,006 mm. Es handelt sich um einen autonomen Organismus, der von selbst zu Wachstum und Vermehrung und selbstverständlich zur Gärung befähigt ist. Die gängige Vermehrungsmethode für Brauhefe ist das Okulieren, wobei junge Zellen in bestimmter Folge aus spezifischen Stellen der Zelloberfläche sprießen. Jede Tochterzelle erhält von der Mutterzelle einen Zellkern, der eine genaue Kopie des Mutterzellkerns ist. Da die Eigenschaften der Zelle durch den Zellkern bestimmt werden, hat die Tochterzelle genau die gleichen Eigenschaften wie die Mutterzelle. Dies ist für die Gärungsindustrie wichtig, da verschiedene Heferassen verschiedene chemische Eigenschaften haben. Die beschriebene Vermehrungsmethode gewährleistet, daß ein bestimmter Hefestamm über Generationen absolut identische Organismen enthält. Die Erzeugung neuer Stämme von *Saccharomyces cerevisiae* durch Kreuzung bekannter Stämme ist schwierig, doch kann sich die Mühe lohnen. Die Brotfabriken verwenden heute Hefestämme, die eine Reihe von Chemikalien mit Erfolg vergären können. Dies führt durch Verkürzung der Aufgärzeiten zu Einsparungen bei den Herstellkosten.

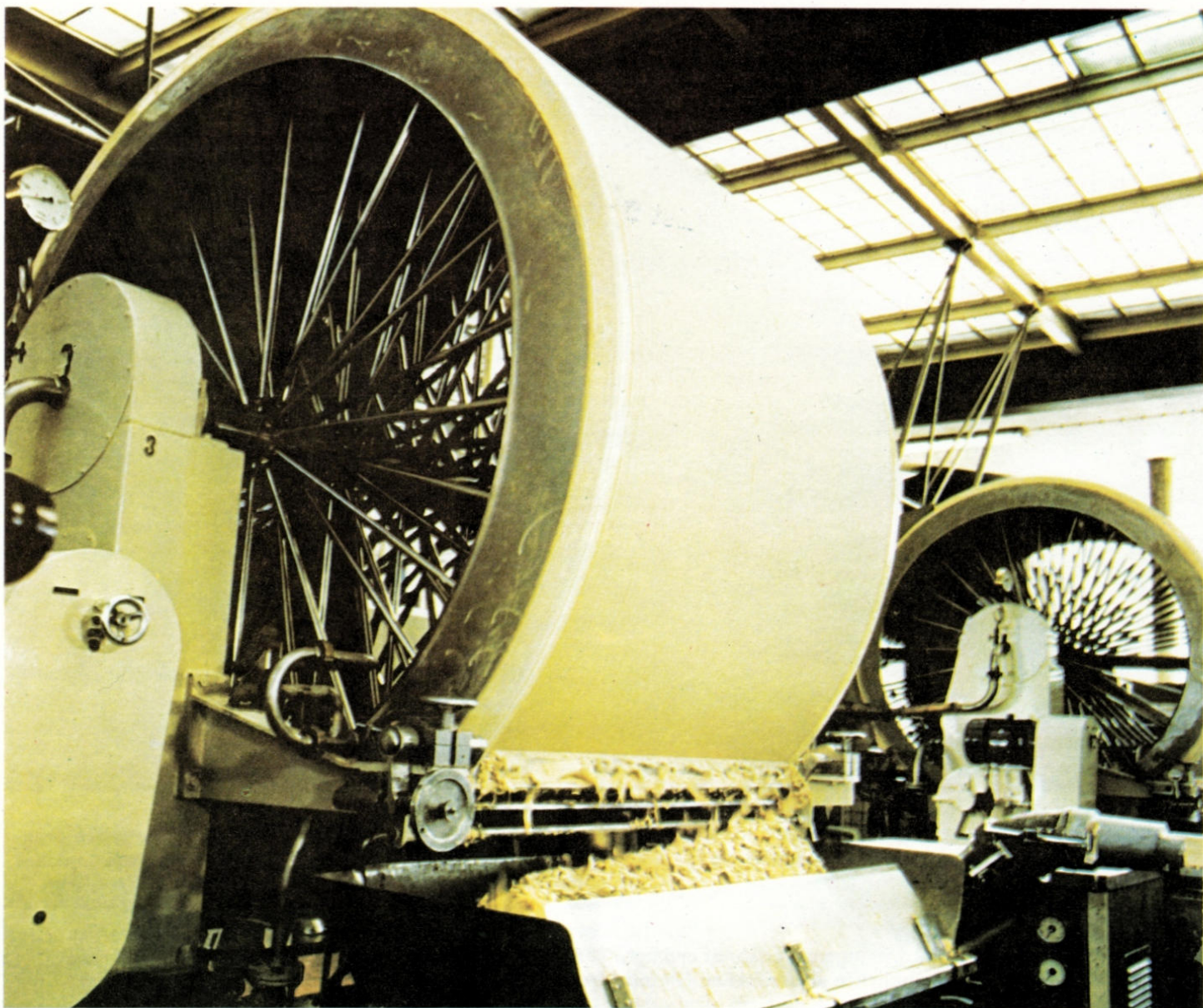
### Gärung

Beim Kontakt einer Zelle der Brauhefe mit Molekülen geeigneter Zuckerarten wird der Zucker von der Hefe aufgenommen und, wie bei jedem anderen Organismus, für Wachstum und Atmung eingesetzt. Der Vorgang erfordert Sauerstoff und

*Unten: Die stumpfe blaue Farbe dieser Trauben wird durch einen dünnen Film von Hefezellen auf ihrer Oberfläche verursacht. Wenn diese Hefezellen bei der Weinherstellung mit Zucker im Traubensaft in Berührung kommen, rufen sie durch den Vergärungsprozeß die Alkoholbildung hervor.*







liefert Kohlenstoffdioxid. Wird nicht genügend Sauerstoff aus der Luft geliefert, wie z.B. in einem Braukessel, so wandelt die Hefe einen Teil des Zuckers in Alkohol und Sauerstoff um. Der Sauerstoff dient zur Atmung, der Alkohol bleibt im Kessel. Dieser Vorgang ist die Grundlage der alkoholischen Gärung. Überschreitet die Alkoholkonzentration eine der Hefe zuträgliche Grenze oder ist der verfügbare Zucker verbraucht, wird die Gärung unterbrochen. Die Bedingungen in einem Gärgefäß müssen so eingestellt sein, daß eine angemessene Alkoholmenge produziert wird und gleichzeitig die Hefe schnell genug wächst, um Wildhefen zurückzudrängen, die das Verfahren stören könnten.

### Nährhefe

Ist Ziel des Verfahrens nicht Alkohol, sondern Hefe, wie bei der Herstellung von Nährhefen, muß Luft eingepumpt werden, damit sich die Hefe so schnell wie möglich vermehrt. Hierbei dürfen nur geringe Alkoholmengen produziert werden. Die Hefezellen sind reich an Protein, an Fett und insbesondere an B-Vitaminen. Bei richtiger Herstellung sind sie ausgezeichnet als Nahrungsmittel für Menschen und Tiere geeignet. Verschiedene Pilze, Hefen und Bakterien werden in großem Maßstab für Nahrungszwecke erzeugt.

Die Nährhefe *Torulopsis utilis* besitzt den Vorteil, daß sie auch wenig erfolgversprechende Substrate für ihr Wachstum ausnutzen kann. So kann sie z.B. auf der verbrauchten Sulfit-

*Oben: Hefe-Rotationsfilterräder, die aus der Hefekulter die Flüssigkeit herausrotieren. Die Hefe verfestigt sich dabei. Für verschiedene Kulturen werden verschiedene Filter verwendet.*

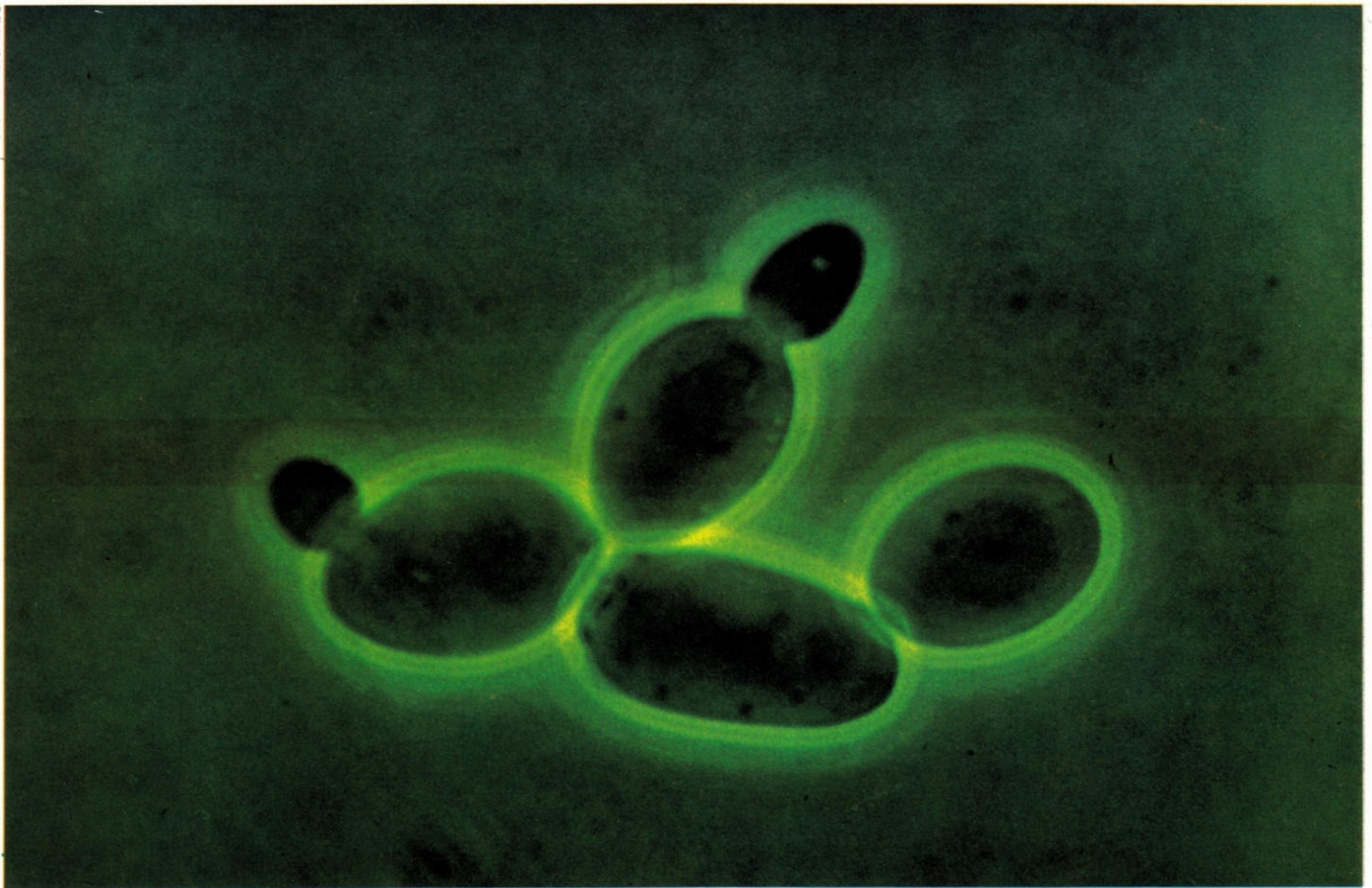
lauge der Papierfabriken gedeihen. Neben dem Sulfit enthält diese Lauge aus dem Holzbrei entstandenen Zucker. Das restliche Sulfit wird entfernt, die Lauge wird abgekühlt, mit Nährhefzellen angeimpft und in einen Gärbottich überführt, in den Druckluft gepumpt wird. Kontinuierlich wird daraus Lauge abgezogen, aus der die Hefezellen abzentrifugiert werden. Die Lauge enthält nun nur noch wenig Zucker und kann ohne Gefahr einer Gewässerverschmutzung abgelassen werden. Die Hefezellen werden durch gelindes Erwärmen abgetötet und als Zusatz zu Rinderfutter verwendet.

### Industrielle Verwendung

Zahlreiche weitere technische Verfahren werden mit Hilfe von Hefen oder anderen Pilzen ausgeführt. So gelingt die technische Erzeugung von Zitronensäure mit Stämmen des Pilzes *Aspergillus niger* (keine echte Hefe, sondern ein fadenförmiger Pilz) mit gutem Erfolg. Dieses Verfahren der Herstellung ist billiger als das Auspressen von Zitrusfrüchten. Es ist allerdings kompliziert, und man muß darauf achten, daß die Bildung der hochgiftigen Oxalsäure verhindert wird.

Glycerin wurde in großen Mengen unter Verwendung von





**Oben:** Vergrößerung von Hefezellen einer Kultur, die zum Backen verwendet wird. Die sich neu bildenden Zellen sind deutlich zu erkennen.

Brauhefen und ähnlichen Hefen in einem Verfahren erzeugt, das eine Abwandlung der gewöhnlichen alkoholischen Gärung darstellt. Die notwendigen Bedingungen sind ein alkalisches Medium, dem stetig Natriumsulfat und Natriumcarbonat zugesetzt werden.

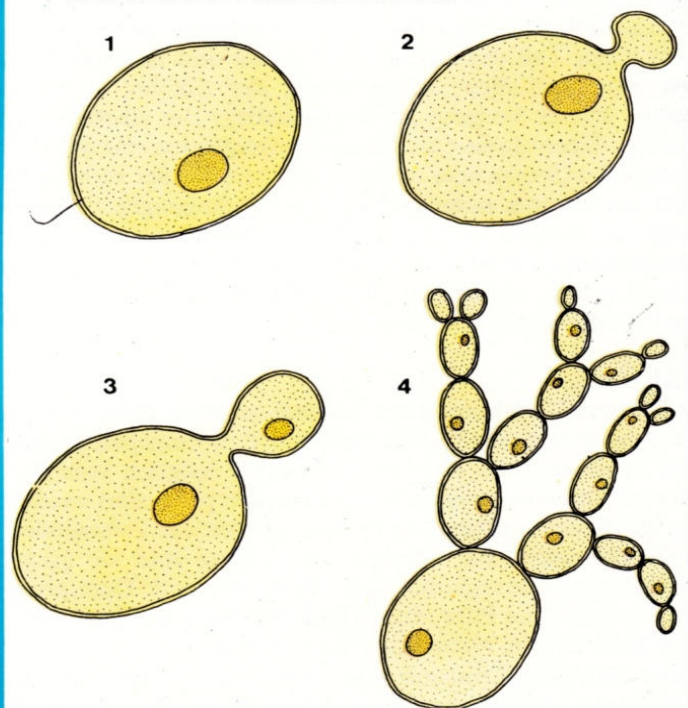
### Sake und Sojasoße

Die Vergärung stärkehaltiger Materialien, wie z.B. Reis, ist ein zweistufiger Vorgang. Zunächst muß die Stärke zu Zucker abgebaut werden, die dann in üblicher Weise vergoren wird. Hier kann also eine Vergärung mit mehr als einem Organismus notwendig sein. In Japan beschäftigt sich eine große Industrie mit der Herstellung von Sake (Reiswein). Das Rohmaterial, gekochter Reis, wird mit dem Pilz *Aspergillus oryzae*, dem sogenannten Starter, vergoren, wobei die Stärkemoleküle zu Zucker abgebaut werden. Der so erhaltene Sirup wird mit der hiesiger Brauhefe entsprechenden japanischen Variante, dem *Saccharomyces sake*, vergoren. Diese Hefe kann sehr hohe Alkoholkonzentrationen vertragen, so daß das Produkt einen ähnlichen Alkoholgehalt hat wie ein europäischer Wein, der durch Branntweinzusatz verstärkt wurde.

Andere Gärverfahren arbeiten mit komplizierten Kombinationen verschiedener Mikroorganismen. Eine bedeutende Industrie beschäftigt sich in China und Japan mit der etwas schwierigen Herstellung von Sojasoße. Es gibt verschiedene Rezepte. Ihnen allen liegt jedoch immer die Vergärung von Weizen und Sojabohnen mit mindestens drei Mikroorganismen zugrunde: einem Pilz als Starter (*Aspergillus oryzae*), einer Hefe (*Hansenula subpelliculosa*) und einem Bakterium (*Lactobacillus delbrueckii*).

**Unten:** Zellen der *Saccharomyces*-Familie, die gewöhnlich Brau- oder Backhefe genannt werden. Sie gehören — vom kommerziellen Standpunkt — zu den wichtigsten Pilzgewächsen. Hefezellen werden sowohl in der Backindustrie als auch im Braugewerbe verwendet. Die jungen Zellen kapseln sich von den Mutterzellen ab. Manchmal jedoch gelingt die Trennung nicht vollständig und es entstehen Zellbäume.

### DAS KEIMEN VON HEFEZELLEN





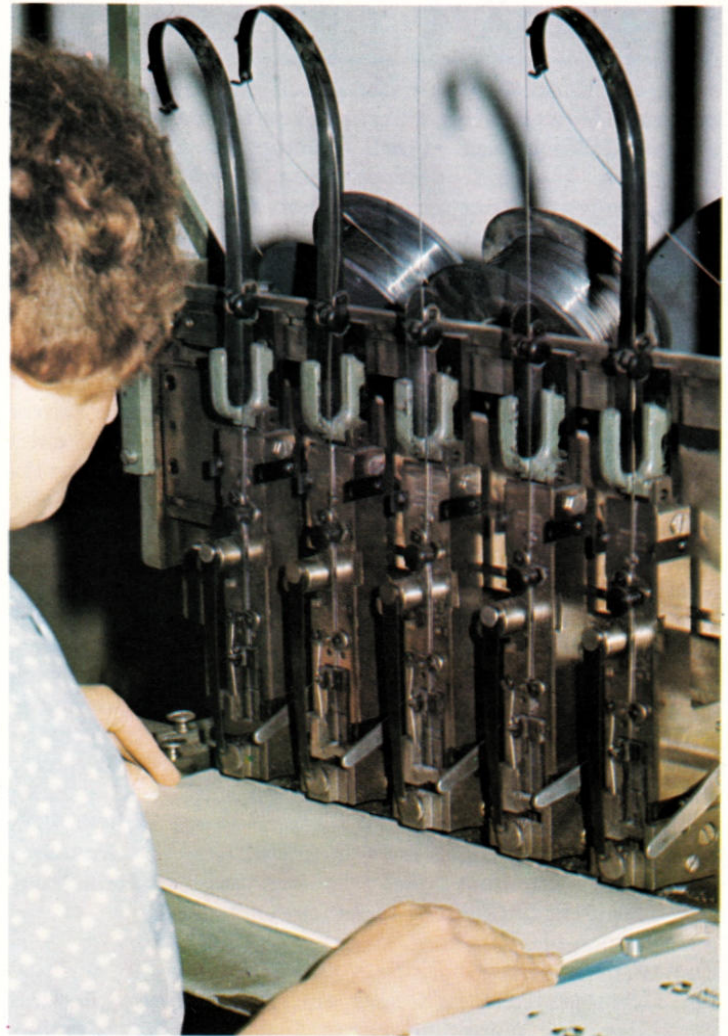
## HEFTEN MIT DRAHT

**Drahtheftung** wurde erstmals im 19. Jahrhundert zur festen Verbindung von Papieren in Büros angewendet. Heute ist daraus ein hochspezialisierter Industriezweig geworden. Drahtheftung wird in vielen industriellen Zweigen eingesetzt, so beispielsweise bei der Schaufenster- und Ausstellungsdekoration, im Ladenbau, beim Polstern, beim Verschließen von Kartons und Beuteln sowie bei der Heftung von Büchern und Zeitschriften.

Heftklammern sind U-förmig gebogene Drahtabschnitte, die in Streifen aneinandergeklebt als Magazineinsätze für die Heftmaschinen geliefert werden. Der Druck auf ein Metallblatt löst die einzelne Heftklammer vom Magazineinsatz und preßt sie in das zu heftende Material.

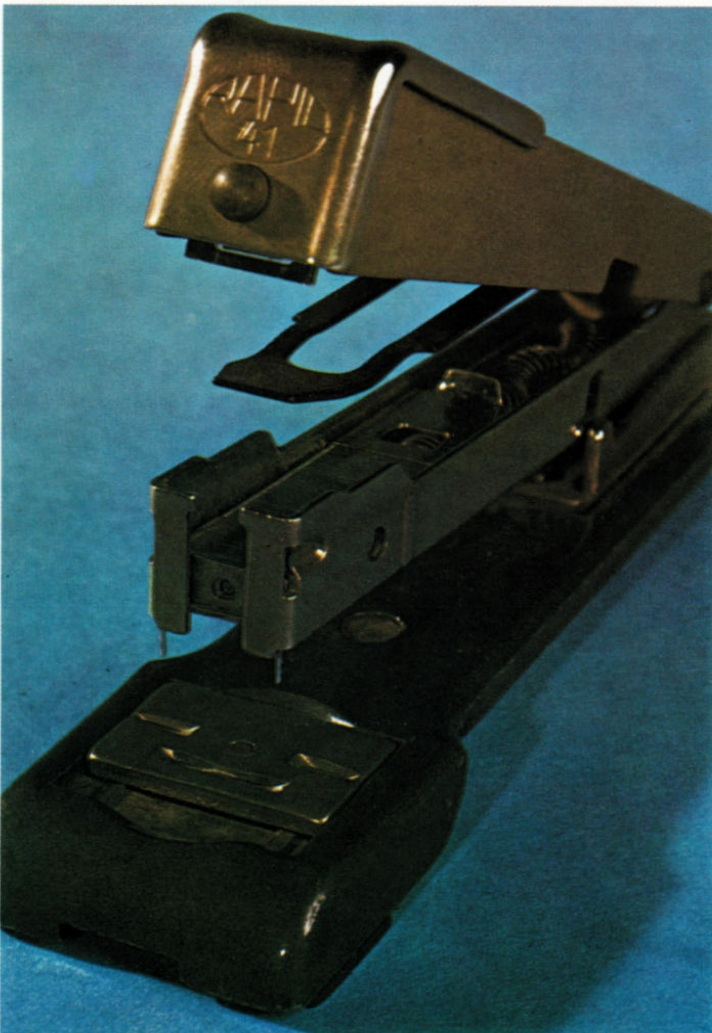
### Arbeitsweise

Drahtheftung arbeitet immer nach demselben Prinzip: Auf die Heftklammer drückt von oben ein Metallblatt. Da das Magazin unter Federspannung steht, wird die nächste Heftklammer automatisch nachgeschoben. Der Druck kann von Hand, durch Federkraft, elektrisch oder mit Preßluft ausgeübt werden. Bei üblichen Büroheftmaschinen, wozu auch die nach dem Hebelprinzip arbeitenden Heftzangen gehören, werden die zusammenzuheftenden Lagen Papier zwischen den Hefter und eine Auflage mit einer Vertiefung ('Gesenk') in der Stärke des Heftdrahtes gelegt. Die rechtwinklig vom Heftdraht abgehenden Schenkel der U-förmigen Heftklammer durchdringen die Papierlagen und werden auf dem 'Gesenk' flachgebogen. Das Gesenk ist meist drehbar und ermöglicht zwei Formen der Heftung: Für eine ständige Verbindung



**Oben:** Ein Industriehefter zum Zusammenheften von Broschüren und Werbematerial.

**Links:** Ein Hefter, wie er in Büros und im Haushalt verwendet wird. Heftklammern werden eingelegt und durch das aus der Maschine hervorragende Metallblatt eingedrückt.



werden die Schenkel nach innen gebogen und für eine Heftung, die sich von Hand durch Herausziehen der jetzt nadelförmigen Klammer jederzeit wieder lösen läßt, nach außen.

### Industrie-Heftmaschinen

In der Industrie müssen Heftmaschinen oft die Schenkel der Heftklammern durch Material treiben, ohne sie anschließend zu biegen. Sie haben kein 'Gesenk' und werden Nagler oder Schnellnagler genannt. Ihre 'Vorfahren' waren Heftmaschinen, mit denen man Mitteilungen auf Anschlagtafeln heftete. Sie werden allgemein zum Polstern und zur Verbindung von Holzplatten verwendet. Industrienagler werden gewöhnlich mit Preßluft betrieben. Sie arbeiten schnell, genau und lassen sich einzeln oder in Serienanordnung verwenden. Bei der Serienanordnung werden sie dann von einer einzigen Stelle aus gesteuert. Man kann sie auch in automatische Produktionsprozesse oder in Fließbänder integrieren.

Ihnen verwandt sind die pneumatischen Ringheftmaschinen, bei denen das 'Gesenk' so ausgebildet ist, daß die Schenkel sich ringförmig um den zusammengedrehten Hals einer Packung legen. Mit ihnen werden abgepackte Säcke, Beutel und Tüten aus Papier, Polyäthylen und Rupfen verschlossen, ohne daß dabei das Packmaterial durchbohrt werden muß.



## HEIZGERÄTE

**Wenn der Mensch sich nicht durch Witterungseinflüsse in seinen Bewegungen einschränken lassen will, muß er durch Kleidung und durch Wärme, die aus der Verbrennung geeigneter Brennstoffe herrührt, für entsprechenden Schutz sorgen. Schon die Römer besaßen beispielsweise solche 'modernen' Einrichtungen wie Fußbodenheizungen.**

Wärme kann auf drei Arten von heißen auf kalte Körper übergehen, nämlich durch Wärmeleitung, Konvektion (Umwälzung) und Strahlung. Wärmeleitung erfolgt, wenn Wärme von einem heißen Teil eines Körpers in benachbarte kältere Teile oder in einen anderen Körper 'fließt'. Der Griff eines Feuerhakens wird z.B. durch Wärmeleitung warm. Konvektion ist der Transport von WÄRME durch eine Flüssigkeit oder ein Gas, in denen durch Temperaturunterschiede bestimmte Strömungsverhältnisse erzeugt werden. Das Wasser in einem Heißwasserbereiter mit elektrischem Heizelement wird weitgehend durch Konvektion erhitzt. Strahlung ist die Bezeichnung für den direkten Wärmeaustausch voneinander getrennter Körper verschiedener Temperatur. Die Erwärmung durch die Sonne ist ein Beispiel für Wärmeübergang durch Strahlung.

Haushaltsheizungen erzeugen Wärme durch die Verbrennung eines Brennstoffs wie Gas, Heizöl, Kohle oder Koks, oder indem ein elektrischer Strom durch ein elektrisches Heizelement fließt. Solche Heizungssysteme lassen sich grob in zwei Gruppen einteilen, je nachdem, ob sie ein sekundäres System zur Verteilung der Wärme brauchen (Zentralheizungen) oder nicht (elektrische Heizöfen, Ölofen).

### Zentralheizung

Ein Heizungssystem mit einer einzigen Wärmequelle und Verteilung der Wärme in einem Gebäude heißt Zentralheizung. Die Wärme wird durch Verbrennung von Koks, Heizöl oder Gas in einem Ofen mit Heizkessel (wenn der Wärmeträger Wasser ist) oder mit einem WÄRMETAUSCHER (bei Luft oder Dampf als Wärmeträger) erzeugt.

In einer Haushalts-Heizkesselanlage wird die Verbrennungswärme zum Erhitzen (aber nicht zum Verdampfen) von Wasser benutzt, das die Wärme dann zu den verschiedenen Heizkörpern des Systems transportiert. Die Heizkörper sind untereinander und mit dem Heizkessel durch Rohre (aus Kupfer oder Stahl) verbunden. Das erwärmte Wasser steigt wegen seines geringeren spezifischen Gewichtes im Heizungssystem nach oben, gibt seine Wärme über die Heizkörper ab und kehrt zum Kessel zurück. Moderne Systeme besitzen eine elektrische Pumpe, die das Wasser schnell genug umwälzt, um einen hinreichenden Temperaturunterschied (normalerweise etwa 10°C) zwischen 'Vorlauf' und 'Rücklauf' zu erhalten. Das System muß auch die Ausdehnung des Wassers als Folge der Erwärmung berücksichtigen. Bei einem 'offenen' System nimmt ein offenes Ausdehnungsgefäß die Volumenzunahme auf. In 'geschlossenen' Systemen wird die Ausdehnung durch Komprimieren von Luft in einem abgeschlossenen Druckgefäß aufgenommen. In jedem Falle muß das System an die Wasserversorgung angeschlossen sein, um auftretende Verluste ausgleichen zu können. Die Heizkörper der Warmwasserheizung geben die Wärme durch Strahlung und durch Konvektion an die umliegenden Luftschichten ab. Die Verteilung der Wärme im Raum erfolgt durch Konvektion.

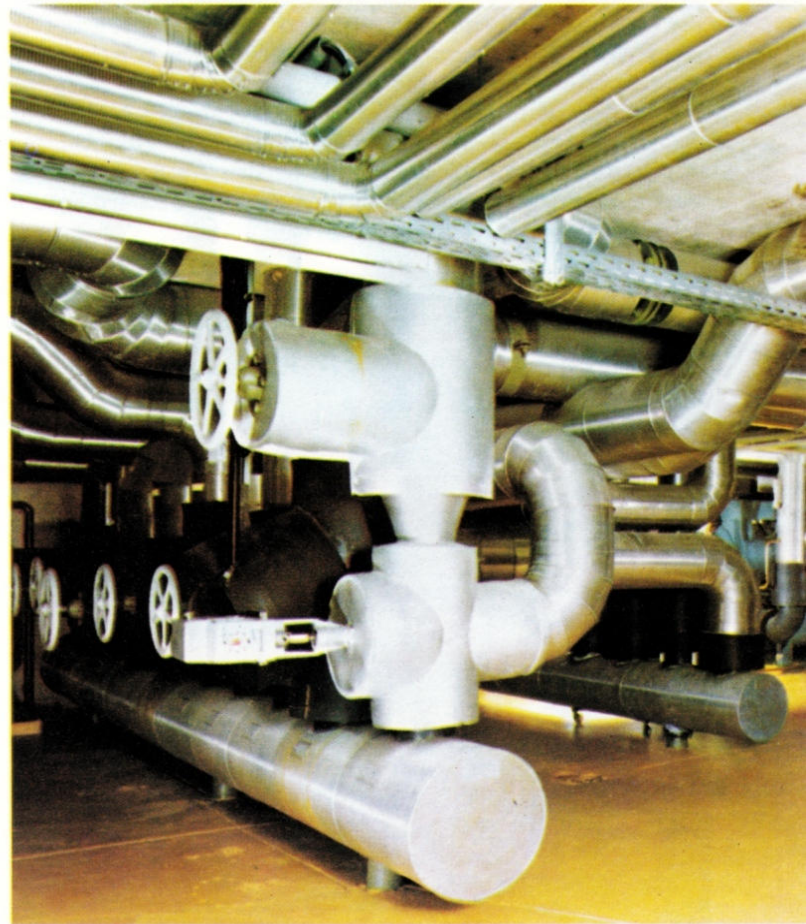
Bei der Heißluft-Zentralheizung wird Luft mit einem Gebläse durch einen Wärmetauscher gedrückt. Sie vermischt sich also nicht mit den Verbrennungsgasen, die in die Atmosphäre entweichen. Die erwärmte Luft wird über Kanäle in die zu beheizenden Räume geleitet, wo der austretende Luftstrom durch Blenden an den Austrittsöffnungen reguliert werden

kann. Die abgekühlte Luft kehrt meistens über Spalten in den Türen, manchmal auch durch getrennte Kanäle, zum Wärmetauscher zurück. Frischluft kann durch eine entsprechende Einlaßöffnung nach Bedarf zugeführt werden, wodurch die Luftumwälzung reduziert wird.

### Heizkesselanlagen

Bei den üblichen Heizkesselanlagen läuft das Heizwasser über der Verbrennungszone durch ein System von Röhren, die eine möglichst große Kontaktfläche gegenüber den heißen Verbrennungsgasen bieten. Damit wird ein guter Wärmeaustausch erzielt.

Die Brenner in den mit Heizöl betriebenen Kesselanlagen können vom Verdampfungs-, Rotations- oder Druckzerstäubungstyp sein. Bei Verdampfungs-brennern wird das Heizöl durch die Schwerkraft über eine Zuleitung in eine Brennpfanne im Innern des Ofens geschickt. Die zur Verbrennung nötige Luft wird über das Flammrohr, das die Ölleitung umgibt, direkt oder durch ein Gebläse angesaugt. Nach der Zündung wird die Brennpfanne durch die Verbrennung erhitzt, so daß weiteres eintretendes Heizöl bereits vor der Verbrennung verdampft. In Rotationsbrennern tritt das Öl in

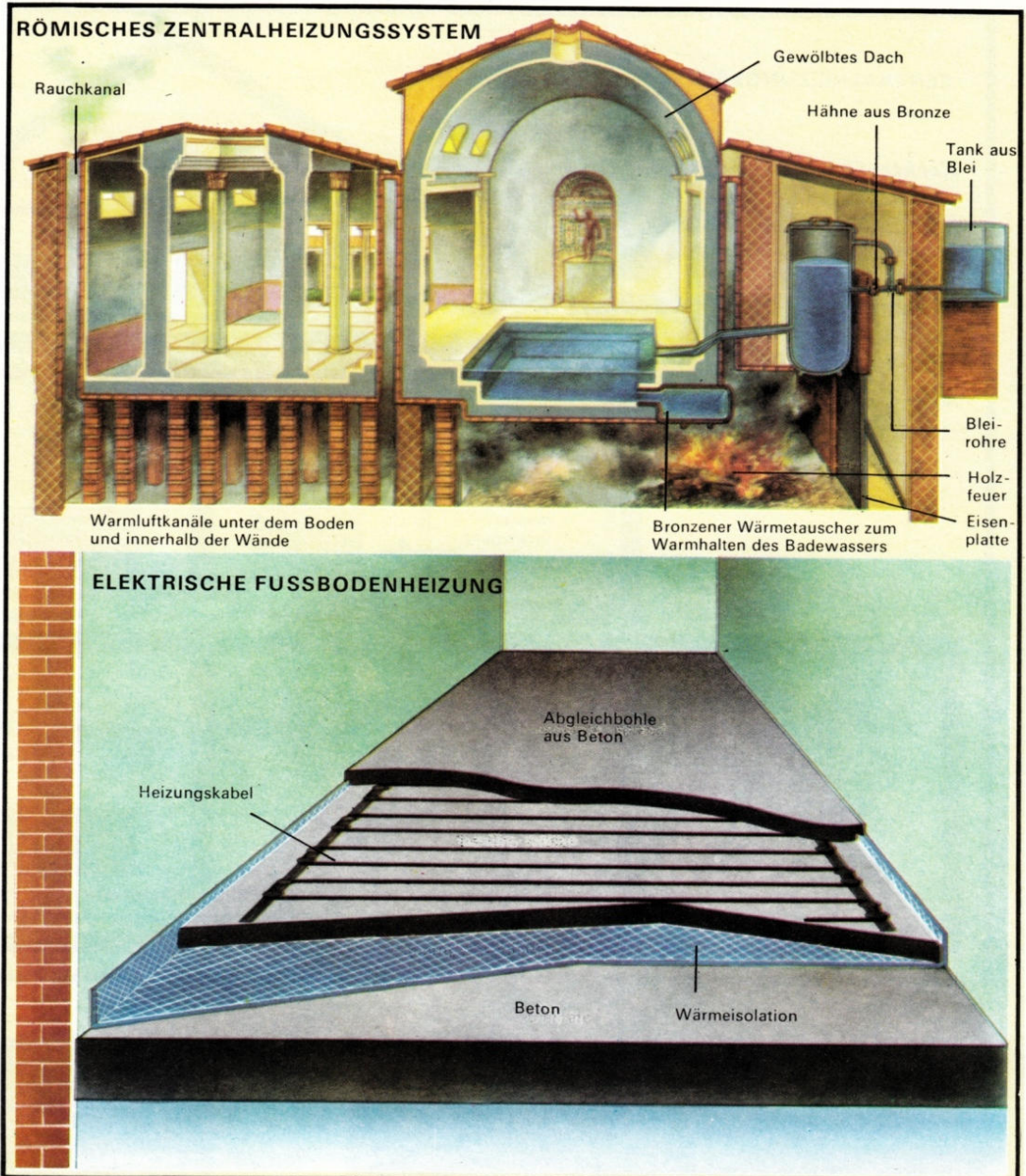


eine rotierende Pfanne ein, und Luft wird durch ein Gebläse zugeführt. Die rotierende Pfanne schleudert Öltröpfchen auf einen Brennering, wo sie elektrisch entzündet werden. Sobald der Ring heiß genug geworden ist, läuft die weitere Verbrennung von selbst ab. Beim Druckzerstäubungsbrenner wird das Heizöl unter Druck in eine Düse gepumpt, durch die ein Strahl feinsten Tröpfchen austritt. Wie beim Verdampfungs-brenner drückt ein Gebläse durch das Flammrohr Luft in den Brennraum. Zündungselektroden in der Nähe der Düse erzeugen Funken, die die Verbrennung in Gang bringen.

Gasbrenner haben eine Reihe von Gasdüsen und eine



**Rechts:** Das erste Zentralheizungssystem der Welt war das römische. Die von einem Feuer ausgehende Wärme zirkulierte unter dem Fußboden und stieg dann die hohlen Wände hinauf. Heißes Wasser wurde durch einen Boiler über dem Feuer geliefert. Moderne Fußbodenheizungen verwenden elektrische Wärmeelemente, die im Betonboden eingelassen sind. Der Boden selbst dient als Wärmespeicher. Ähnlich arbeitet die Deckenheizung, bei der heizbare Platten an der Zimmerdecke angebracht sind.



BUDERUS

**Links:** Moderne Großanlagen wie Universitäten, Krankenhäuser, Bürohochhäuser usw. verlangen ein umfassendes Heizungssystem — sogenannte 'Energiezentralen'. Hier die Zentrale des Marienkrankenhauses in Karlsruhe mit Wärmepumpe, Kältemaschine, Wärmetauscher sowie Verteilerstation.

Pilotdüse zur Zündung. Luft wird aus dem Heizungskeller oder über eine Zugröhre von außen angesaugt; ein Gebläse ist meist nicht nötig.

Brenner für feste Brennstoffe werden von einem Fülltrichter oberhalb der Brennzone gespeist. Ein Gebläse drückt Verbrennungsluft von unten durch den Verbrennungsrost.

### Wärmetauscher und andere Systeme

Man unterscheidet direkte und indirekte Wärmetauscher. Bei der direkten Form wird die zu erwärmende Luft direkt durch Kanäle oberhalb der Verbrennungszone geblasen, während

bei den indirekten Formen ein Kühler, ähnlich einem Auto-kühler, mit heißem Wasser von einer Kesselanlage gespeist wird, durch dessen Kühlrippen die Luft geblasen wird. In Haushalts-Wärmetauscheranlagen benutzt man die gleichen Brennstoffe wie bei Kesselanlagen, manchmal auch Elektrizität.

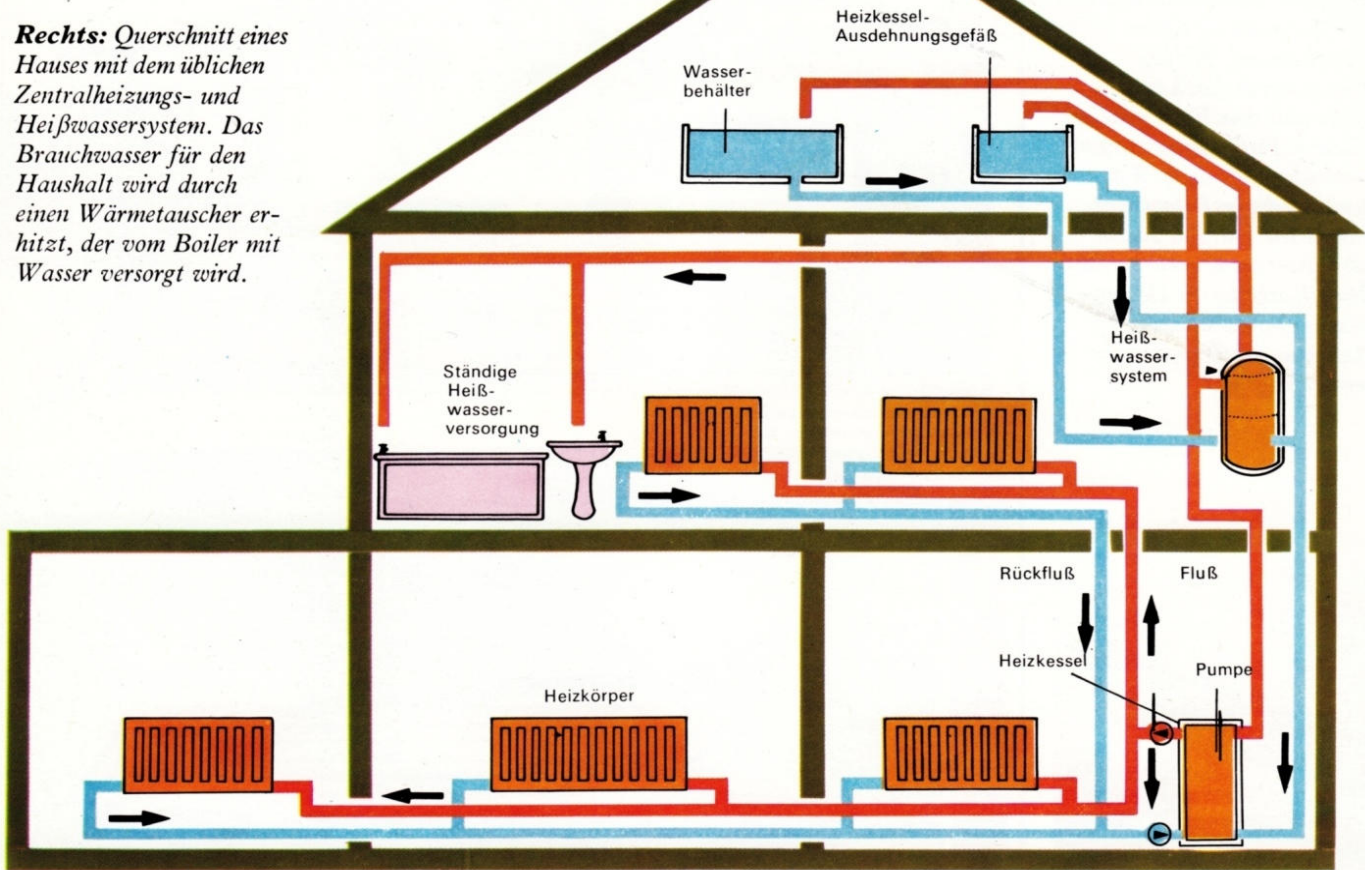
Die Wärmeabgabe von Heizkesseln und Wärmetauschern wird gewöhnlich durch Thermostaten geregelt. Bei Öl- und Gasbrennern betätigt der THERMOSTAT ein Magnetventil, das die Brennstoffzufuhr kontrolliert. Bei festen Brennstoffen kontrolliert der Thermostat das Gebläse.

In vielen Ländern gibt es Elektrizität zu niedrigen Preisen, wenn sie zu Zeiten geringer Nachfrage (vor allem nachts) abgenommen wird. Heizungssysteme, die diesen Vorteil nutzen, müssen daher Wärme speichern können. Die gebräuchlichste Methode besteht darin, elektrische Heizelemente mit Blöcken besonderer, dichter und feuerfester Keramik zu umhüllen. Bei Warmwasserheizungsanlagen kann die Wärmespeicherung direkt über das Wasser (eingebaute Leitungsschlangen) oder indirekt über Luft-Wasser-Wärmetauscher erfolgen. Für Heißluftsysteme speichert man die Wärme auf ähnliche Weise. Billiger Nachtstrom bietet sich auch für individuelle Nachtspeicheröfen an. Die einfachsten Modelle erlauben keine direkte Kontrolle der Wärmeabgabe. Andere



## ZENTRALHEIZUNGSSYSTEME IM HAUSHALT

**Rechts:** Querschnitt eines Hauses mit dem üblichen Zentralheizungs- und Heißwassersystem. Das Brauchwasser für den Haushalt wird durch einen Wärmetauscher erhitzt, der vom Boiler mit Wasser versorgt wird.



VIVIENNE DONKIN

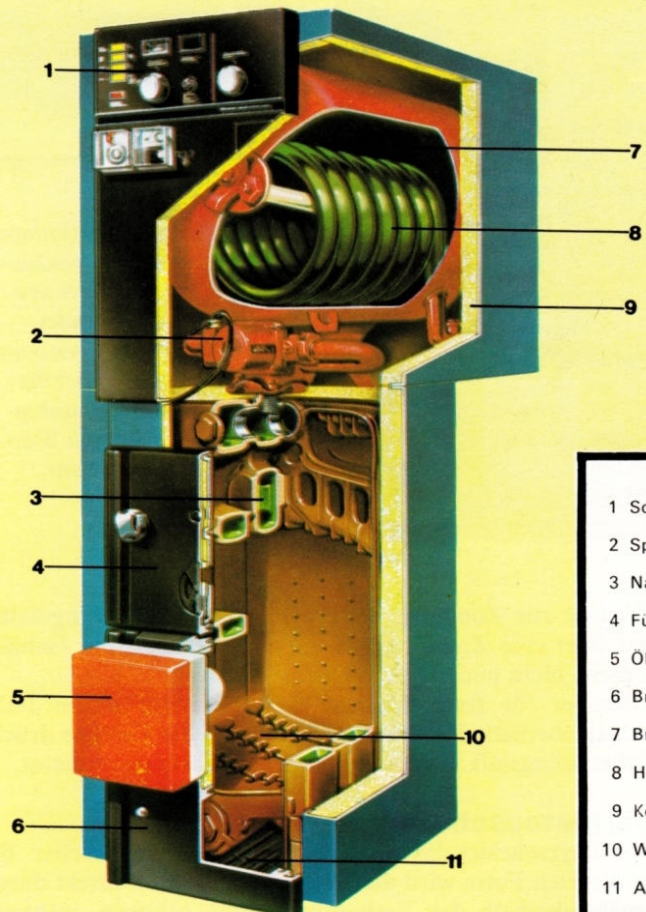


BUDERUS

**Oben:** Wärmeerzeuger einer Etagenheizung. Dieser Heizkessel in küchengerichter Abmessung ist für Gasfeuerung mit eingebautem Gasbrenner vorgesehen.

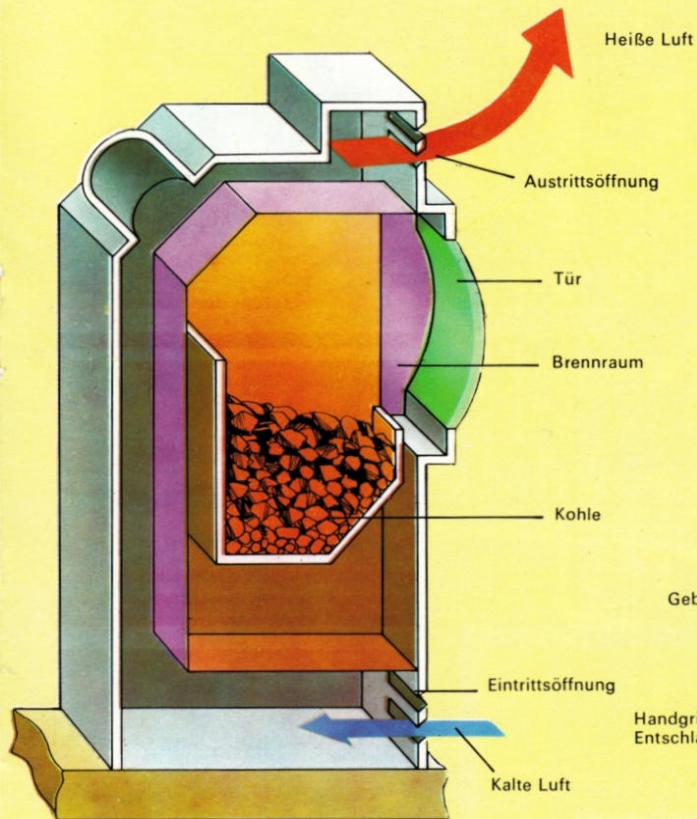
**Rechts:** Ein Heizungskessel, der sich sowohl mit Öl als auch mit Gas feuern läßt (Öl-Gas-Umstellbrandkessel).

TREVOR LAWRENCE/BUDERUS

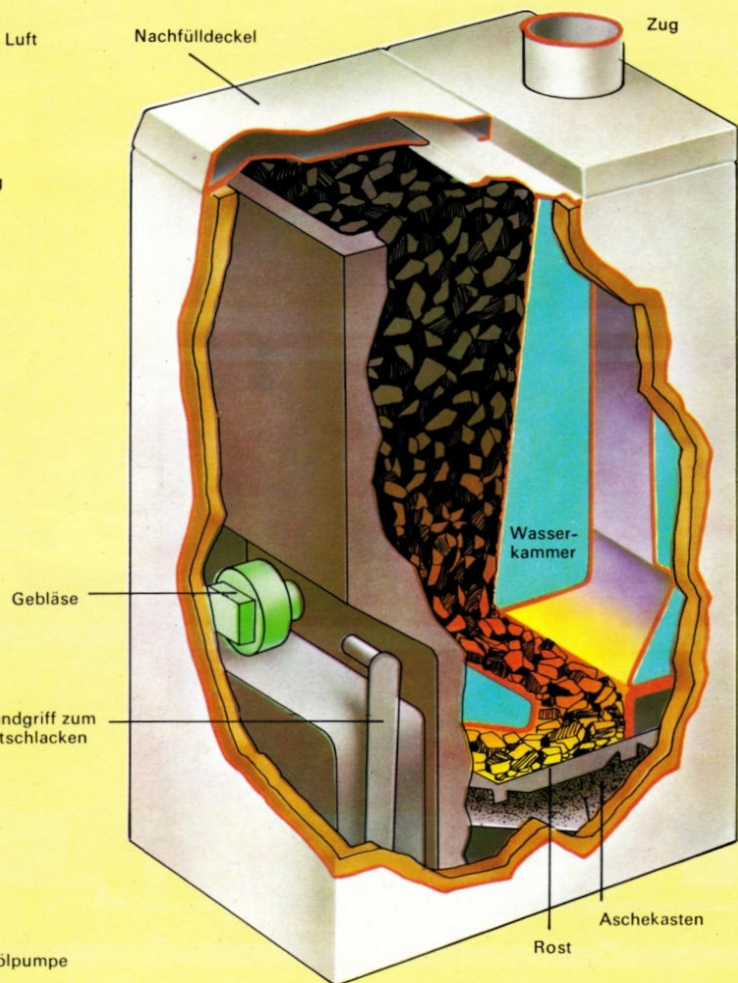


- 1 Schalttafel
- 2 Speicherladepumpe
- 3 Nachschaltheizfl.
- 4 Füll- und Reinigungsventil
- 5 Öl- oder Gasbrenner
- 6 Brenner- bzw. A.
- 7 Brauchwassersp.
- 8 Heizschlange
- 9 Kesselmantel
- 10 Wassergekühlter
- 11 Aschenraum

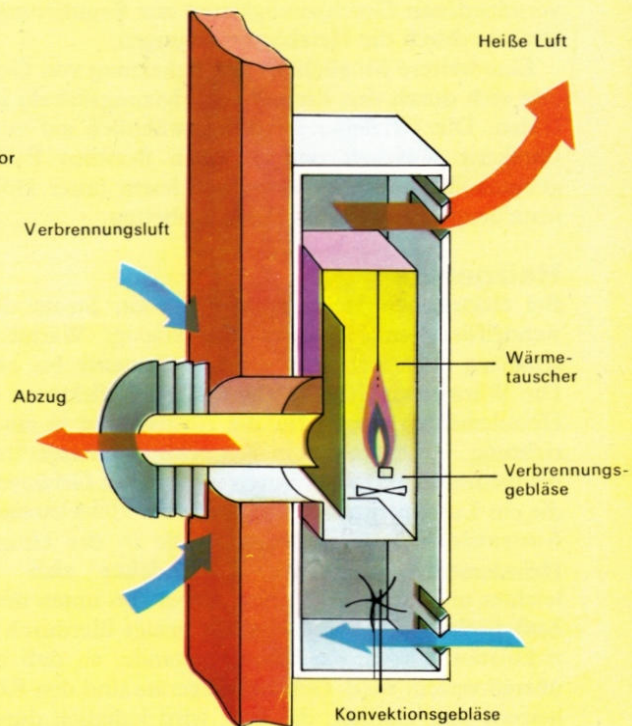
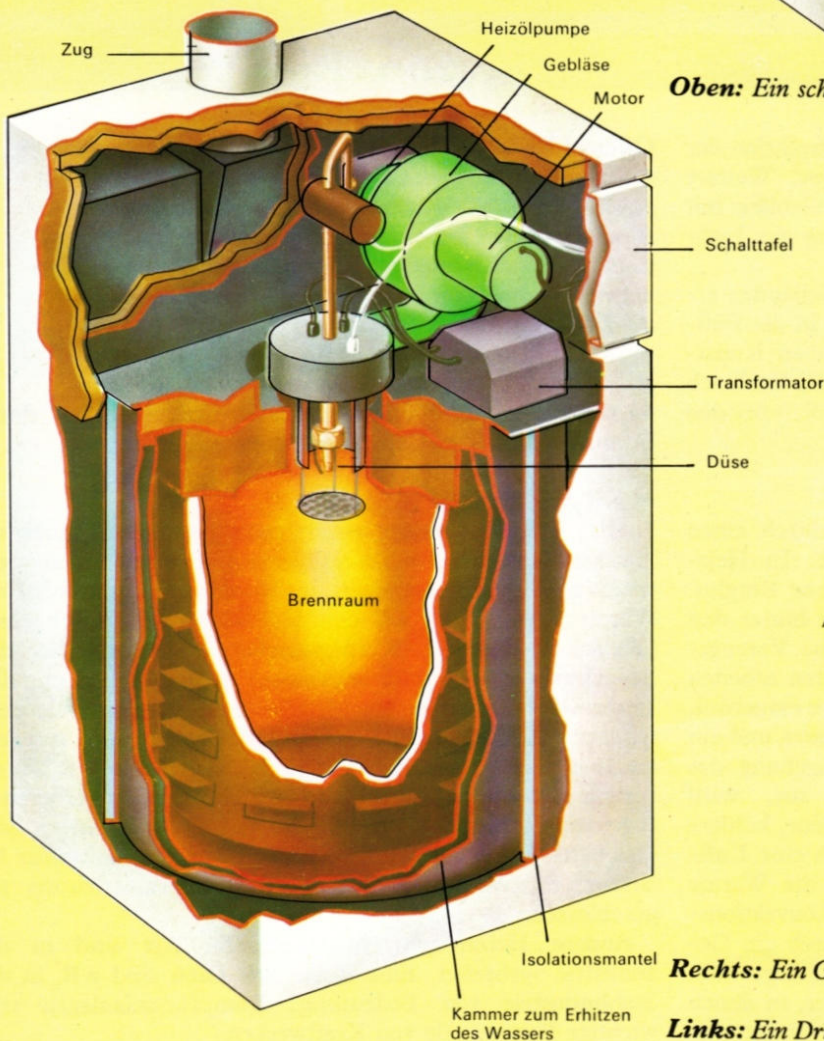




**Oben:** Ein Kohle-Konvektionsheizer.



**Oben:** Ein schwerkraftgespeicher Kohlebrenner.

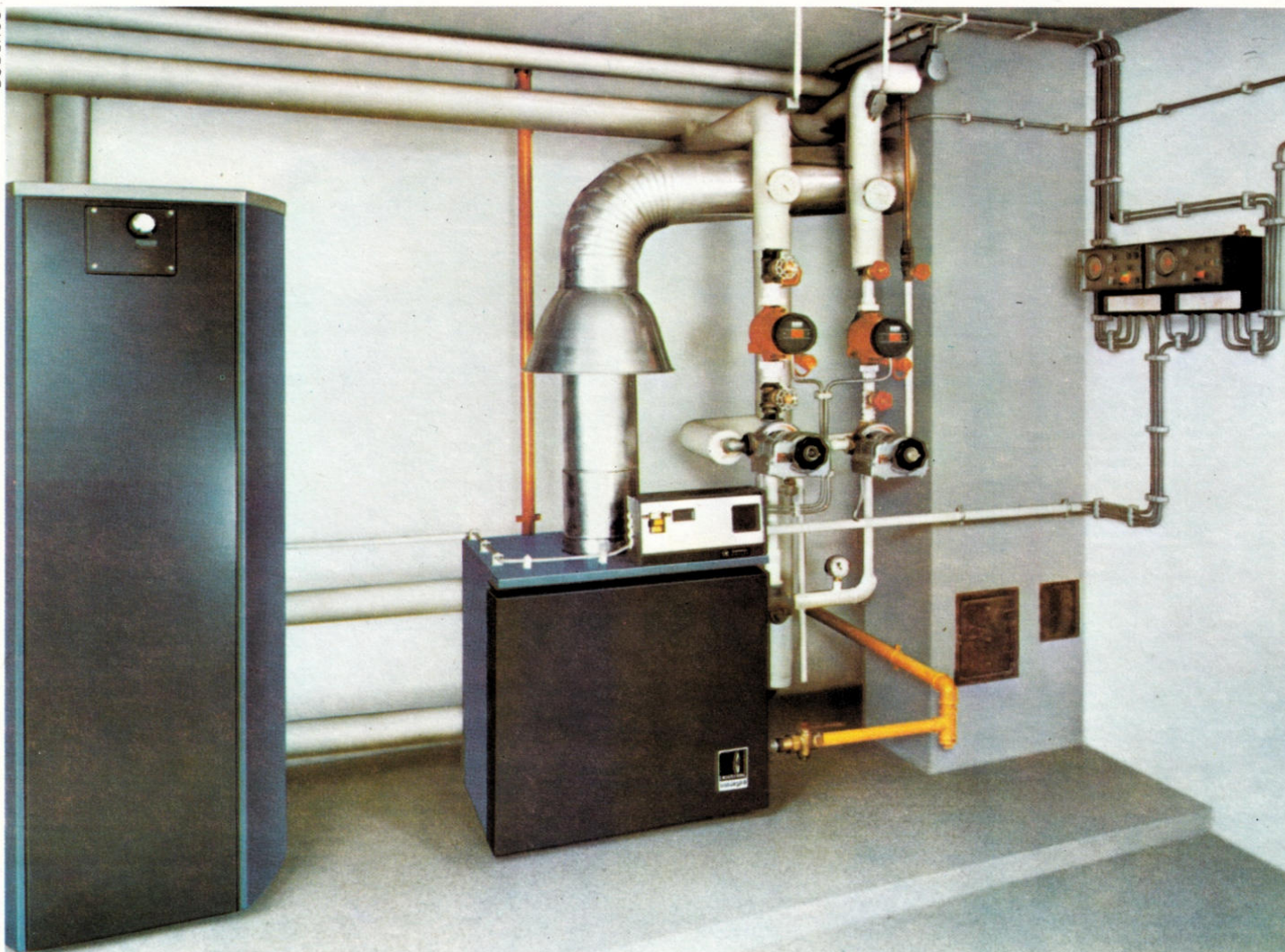


**Rechts:** Ein Gas-Konvektionsheizer.

**Links:** Ein Druckzerstäubungs-Ölbrenner.

pe  
iche  
ngstür  
ner  
schentür  
eicher  
  
Brennrost





Modelle haben Schieber, mit denen man die Konvektion der Luft durch den Heizkörper beeinflussen kann. Weitere Kontrollmöglichkeiten ergeben sich durch ein Gebläse mit verschiedenen Geschwindigkeiten zur Regulierung des Luftstromes durch die Heizkörperöffnungen.

Eine weitere Möglichkeit zur Beheizung von Gebäuden ergibt sich durch den Einbau von Heizungskabeln in die Fußböden. Die Heizleiter werden gewöhnlich auf einen Kunststoffkern gewickelt und in einen flexiblen PVC-Schlauch gezogen. Diese Kabel lassen sich leicht unter Holzfußböden installieren und sogar in Beton einbetten.

### Heizgeräte

Bei elektrischen Heizgeräten fließt ein Strom durch einen wendelförmigen Heizleiter und erzeugt Wärme. In Heizstrahlern erwärmen sich die Heizelemente bis zur Rotglut. Die Wärme wird direkt abgestrahlt. Reflektoren hinter den Heizelementen sorgen für die Abstrahlung in eine Vorzugsrichtung. Heizelemente in Konvektions-Heizgeräten arbeiten bei niedrigeren Temperaturen und sind in Gehäuse eingebaut, die ein Lufteintrittsloch unterhalb des Heizelementes und ein Austrittsloch darüber besitzen. Die in der Umgebung des Heizelementes erwärmte Luft dehnt sich aus, wird leichter und steigt nach oben, wobei von unten neue, kühlere Luft nachströmt. Das Heizgerät bringt hierdurch eine Luftzirkulation im ganzen Raum zustande, so daß die Wärme überall verteilt wird. Gebläseheizgeräte sind den Konvektionsheizern sehr ähnlich; die Luft wird lediglich durch ein Gebläse zu erzwungener Konvektion gebracht. Gelegentlich findet man auch ölfüllte elektrische Raumheizer, in denen ein elektrisches Immersionsheizelement das Öl erhitzt, das

**Oben:** Ein Gußheizkessel für atmosphärische Gasfeuerung im Keller eines Mietshauses. Diese Sammelheizanlage kann das ganze Gebäude mit Wärme und mit Brauchwasser versorgen. Wenn der Kellerraum in solchen Gebäuden schon für andere Zwecke benutzt worden ist, kann man den Wärmeerzeuger auch in Dachräumen installieren. Man muß dann aber die Decke verstärken.

— wie bei einem Heizkörper der Zentralheizung — durch Strahlung und Konvektion den Raum beheizt.

### Heißwasserbereiter

Heißes Haushaltswasser erhält man gewöhnlich über die Heizkesselanlage einer Zentralheizung oder von einem elektrischen Immersionserhitzer. In Heizkesselanlagen wird die Wärme vom Kessel auf den Heißwassertank durch einen (Wasser-zu-Wasser-) Wärmetauscher übertragen, so daß Brauchwasser und Heizungswasser getrennt bleiben. Ein Immersionserhitzer ist ein Metallrohr, in dem sich ein elektrischer Heizdraht befindet. Das Heizelement wird meistens am Boden eines Vorratsbehälters installiert, und die Wärme verteilt sich durch Konvektion. Manche Heißwasserbereiter, sogenannte Durchlauferhitzer, die meistens mit Strom oder Gas betrieben werden, liefern heißes Wasser unmittelbar bei Bedarf. Sie werden einfach an die Kaltwasserleitung angeschlossen.

Andere Heizanlagen verschiedenster Art sind in der Industrie verbreitet. Eine Reihe von Öfen sind z.B. in der Stahlindustrie von Bedeutung; Dampfkesselanlagen sind wichtige Bestandteile von Kraftwerken.



## HERZKLAPPEN, KÜNSTLICHE

**Künstliche Herzklappen werden operativ an die Stelle natürlicher Herzklappen, die durch Krankheit oder Verschleiß funktionsunfähig geworden sind, gesetzt.**

Das Herz ist ein als Pumpe wirkender Hohlmuskel, den das Septum (eine Wand) in eine rechte und eine linke Hälfte trennt. Diese Hälften wiederum werden in den oben liegenden Vorhof (Atrium) und die unten liegende Herzkammer (Ventrikel) geteilt. Rechts tritt durch Venen das verbrauchte Blut in den rechten Vorhof ein, der sich zusammenzieht und das Blut durch die Trikuspidalklappe in die rechte Herzkammer pumpt. Diese zieht sich dann zusammen und drückt das Blut durch die Pulmonalklappen in die Lunge, die es erneut mit Sauerstoff anreichert.

Damit das Herz das Blut wirksam pumpen kann, muß es in den Kammern einen hohen Druck aufbauen. Die Klappen müssen in eine Richtung freien Durchlaß gewähren, in der Gegenrichtung aber völlig dicht sein.

Noch immer beschäftigt sich die Forschung intensiv mit der Verbesserung der künstlichen Herzklappe. Sie muß so beschaffen sein, daß das Körpergewebe sie nicht abstößt, sie das Gewebe nicht reizt und ihre Aufgabe über Jahre hin erfüllt, ohne daß es nötig wäre, sie zu ersetzen oder zu reparieren.

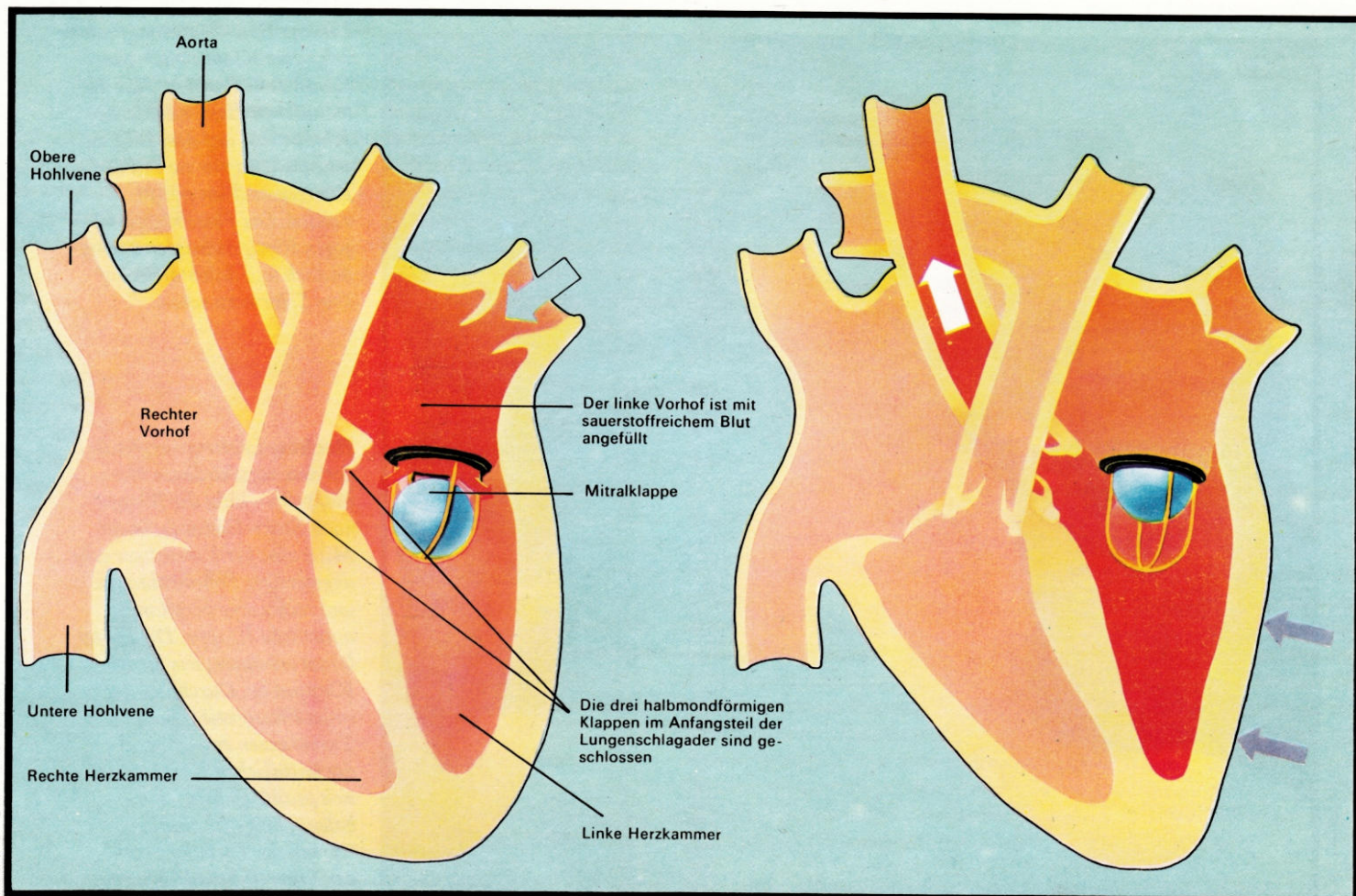
Am weitesten verbreitet ist die künstliche Herzklappe nach Starr-Edwards. Sie wird unten von einem Ring umschlossen; eine Hohlkugel aus Silikonkautschuk oder, in neuerer Zeit, aus Metall ist mit einem Metallkäfig überzogen. Dazu verwendet man eine Legierung aus Kobalt, Chrom, Wolfram, Molybdän und Eisen, die hart und physiologisch neutral ist. Um Ring und Käfig liegt ein Gewebe. An diesem 'Rahmen' kann Körpergewebe anwachsen. Jedes Zusammenziehen des



CAMERA PRESS

**Oben:** Eine Herzklappe, die einem Toten entnommen wurde, ist dann tiefgefroren und in einer sterilen 'Organbank' gelagert worden. Diese Klappe ist ihrer Größe wegen ausgesucht worden (es gibt 13 verschiedene Größen von 2 cm bis 4 cm Durchmesser), und wurde dann in warmem Wasser und Penicillin 'wiederbelebt'. Anschließend gab man ihr die passende Größe und Form und machte sie durch antibiotische Lösung undurchlässig.

**Unten:** Das Herz eines Menschen mit einer Mitralklappe nach Starr-Edwards. Auf der linken Zeichnung strömt sauerstoffreiches Blut von der Lunge durch die künstliche Herzklappe in die linke Herzkammer. Diese zieht sich zusammen und öffnet die Aortaklappe.





Herzens drückt die Kugel nach oben; dabei tritt um sie herum Blut aus. Bei der nachfolgenden Entspannung des Muskels fällt die Kugel auf ihren Sitzring zurück und dichtet die Öffnung sicher ab.

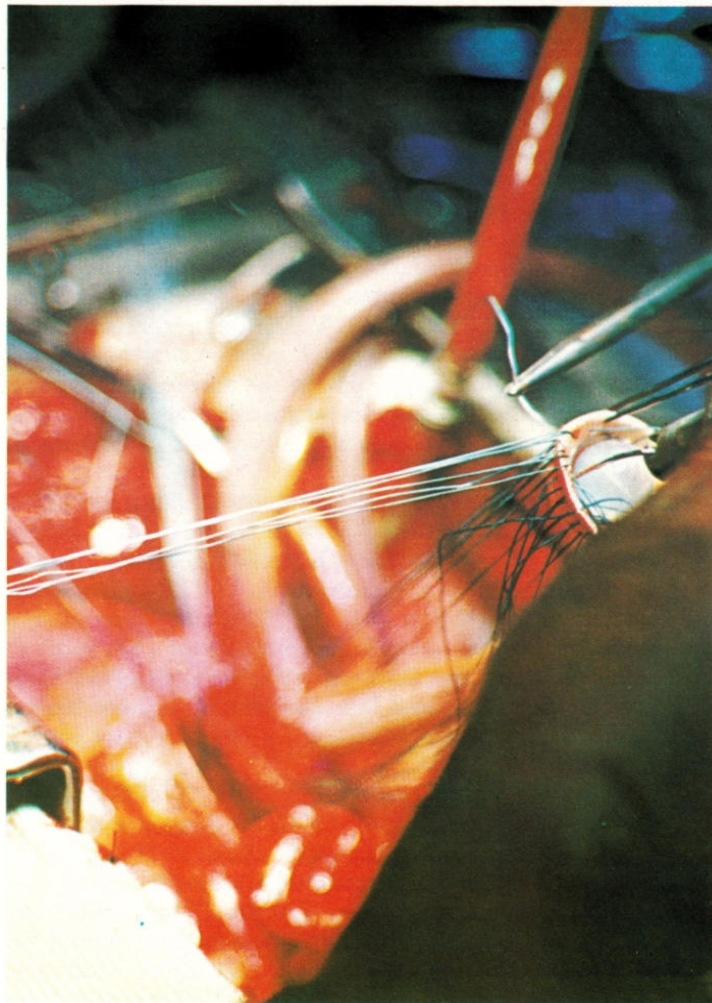
Der Verwendung künstlicher Herzklappen stellen sich zwei Hauptschwierigkeiten entgegen: Erstens können sich um die Klappe herum Blutgerinnsel bilden. Man verschreibt daher Patienten mit solchen Herzklappen gerinnungshemmende Mittel. Zweitens tritt bei den gegenwärtig verwendeten Herzklappen immer noch ein ziemlich hoher Durchflußwiderstand auf. Trotzdem sind künstliche Herzklappen weit leistungsfähiger als die durch sie ersetzten, erschlafften natürlichen Klappen, so daß Patienten, die im Grunde schon invalide sind, wieder ein aktives Leben führen können.

Es gibt eine Anzahl weiterer Arten von Herzklappen, von denen jede ihre Vorzüge und Nachteile hat. Alle arbeiten nach demselben Funktionsprinzip: Beim Zusammenziehen des Herzmuskels tritt Blut aus, das durch Heben einer Kugel oder Scheibe in eine vorgegebene Richtung fließen kann.

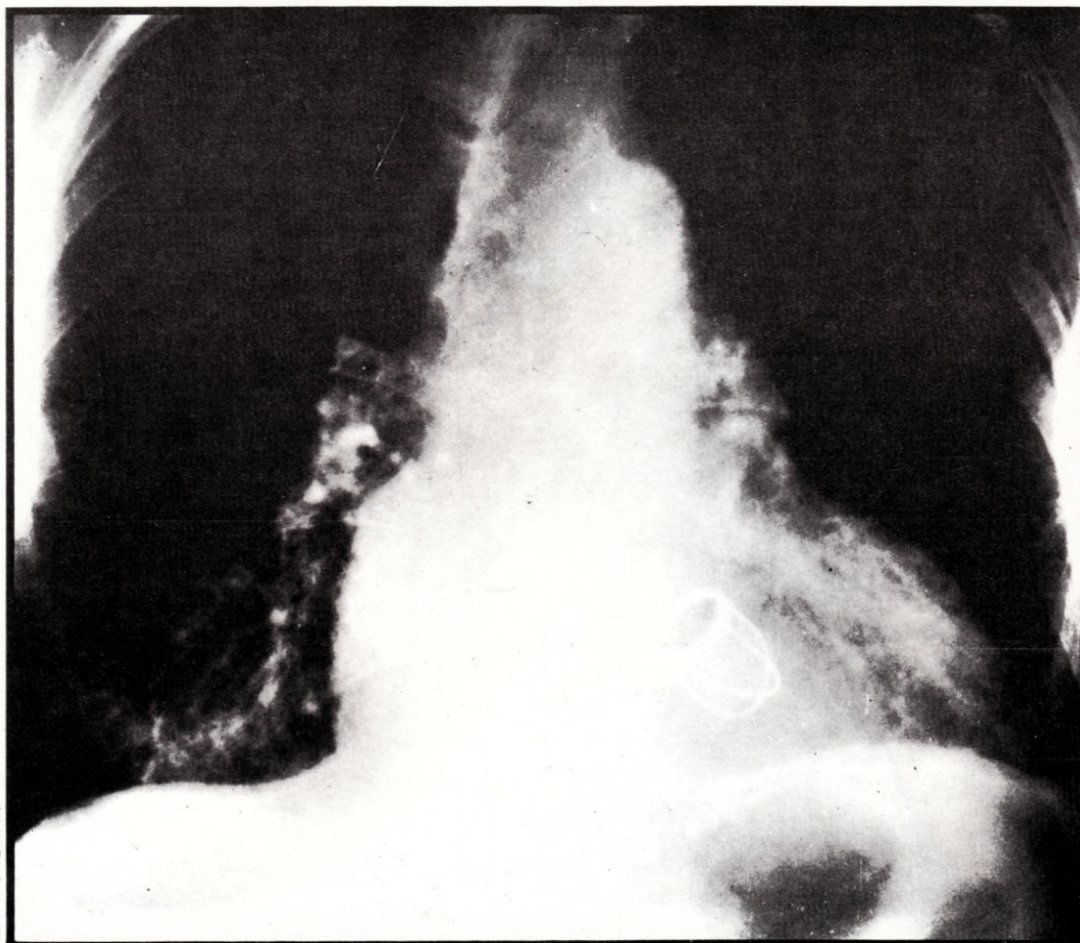
Man hat oft versucht, Herzklappen zu bauen, die wie die natürlichen eine Art Scharnier haben. Unglücklicherweise versagen diese Klappen aufgrund der ständigen Biegebeanspruchung an der Verbindungsstelle. Bis die Technik in der Lage ist, Materialien zu entwickeln, die diesen Belastungen standhalten können, werden solche Klappen kaum weitere Verbreitung finden.

#### Vergleiche: HERZSCHRITTMACHER

**Rechts:** Eine Herzklappe nach Starr-Edwards wird in ein Herz eingesetzt. Man kann erkennen, wie die Nähte des Chirurgen durch einen um die Klappe liegenden Ring aus Dacron (eine Polyesterfaser) verlaufen.



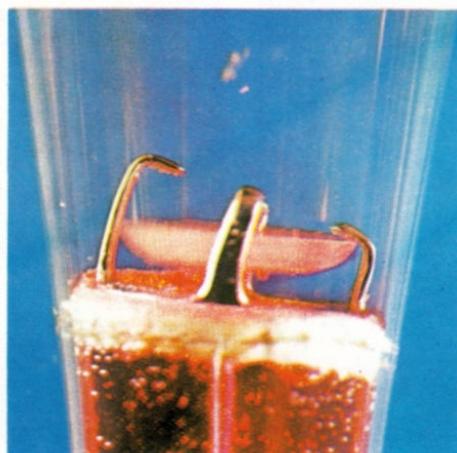
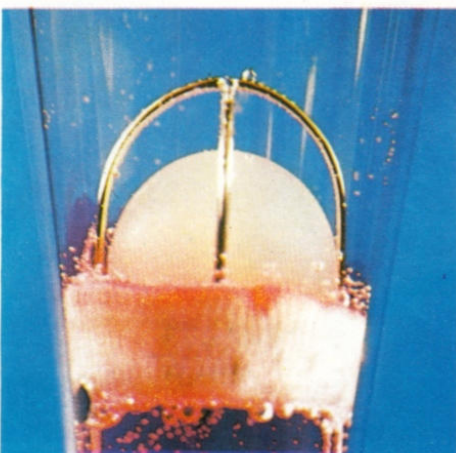
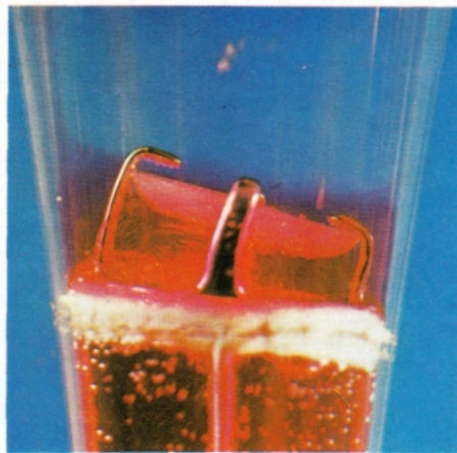
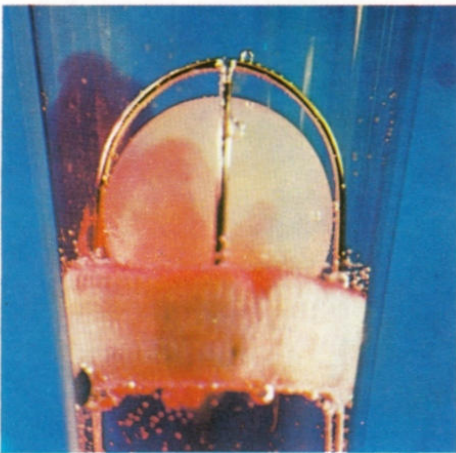
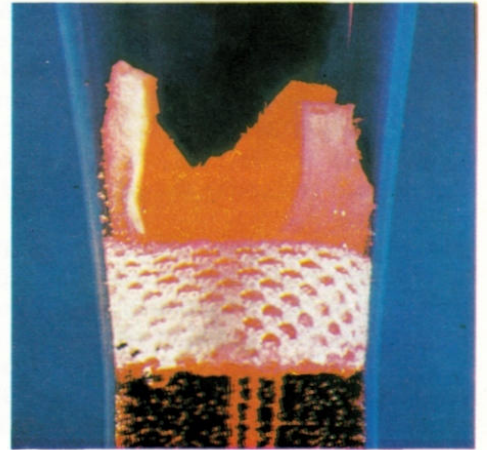
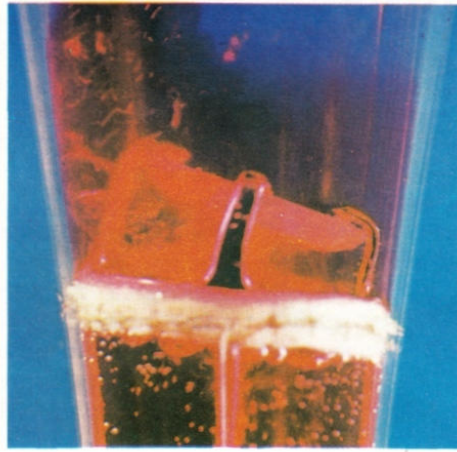
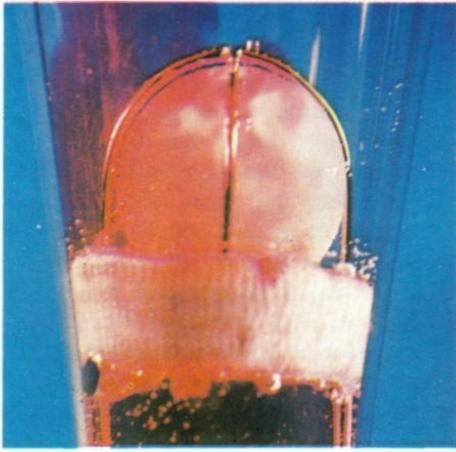
COLORIFIC



**Links:** Eine Röntgenaufnahme zeigt eine Klappe nach Starr-Edwards in Position. Nur die metallenen Bestandteile der Klappe sind auf dem Bild zu erkennen, da nur sie von den Röntgenstrahlen erfaßt werden. Die Plastikkugel ist gegen Röntgenstrahlen unempfindlich und daher nicht auf dem Schirm zu sehen.

**Rechts:** Leistungsvergleich der drei verschiedenen Herzklappen — links die Klappe nach Starr-Edwards, in der Mitte eine für Versuchszwecke angefertigte Scheibenklappe und rechts eine verpflanzte natürliche Klappe. Die Bilder lassen erkennen, wie an den Klappen bei Durchfluß der roten Flüssigkeit (Blut) Turbulenzen entstehen. An der natürlichen Klappe zeigt sich praktisch keine Turbulenz, hingegen eine beträchtliche Turbulenz an der Starr-Edwards-Klappe.







## HERZ-LUNGEN-MASCHINE

**Bei allen größeren Herzoperationen bedient man sich der Herz-Lungen-Maschine (H.-L.-M.), um die Funktion von Herz und Lunge während des Eingriffs aufrechtzuerhalten.**

Das Herz pumpt Blut von der Lunge, die es mit Sauerstoff anreichert, zu einzelnen Körperteilen, die den Sauerstoff verbrauchen. So fließt sauerstoffreiches Blut durch Arterien vom Herzen, und verbrauchtes durch Venen zum Herzen zurück.

Eine H.-L.-M. erfüllt zwei Hauptaufgaben: Sie versorgt das venöse Blut mit Sauerstoff und pumpt das sauerstoffangereicherte Blut etwa mit der Frequenz und dem Volumen wie die natürlichen Organe durch die Arterien des Patienten. Außerdem muß sie für die richtige Blutmenge und Bluttemperatur sorgen und das Blut im richtigen chemischen Gleichgewicht halten. Bestandteile der Maschine sind: taktgesteuerte Druckpumpen zur Aufrechterhaltung des Blutkreislaufs; ein Oxygenator, der dem Blut Sauerstoff zuführt; Filter, die das Blut von Fremdkörpern befreien; eine Heizung zum Anwärmen des Blutes auf Körpertemperatur; Behälter für Blut und chemische Lösungen, die über Leitungen miteinander in Verbindung stehen; Sperrhähne.

### Die Herz-Lungen-Maschine in Betrieb

Bei Operationen am stillstehenden und geöffneten Herzen muß die H.-L.-M. die Funktionen des Herzens und der Lunge übernehmen. Der Anschluß erfolgt über Katheter (Schlauchleitungen), die in der Nähe des Herzens in die Hauptvenen eingeführt werden. Durch sie fließt das Blut in einen Behälter an der H.-L.-M. und wird dort in den Oxygenator gepumpt. Dort erfolgt der Gasaustausch: Das Kohlenstoffdioxid wird beseitigt und Sauerstoff zugeführt; anschließend wird das Blut durch einen Filter und die Heizung (Wärmetauscher) geleitet. Das mit Sauerstoff angereicherte Blut wird dann mit

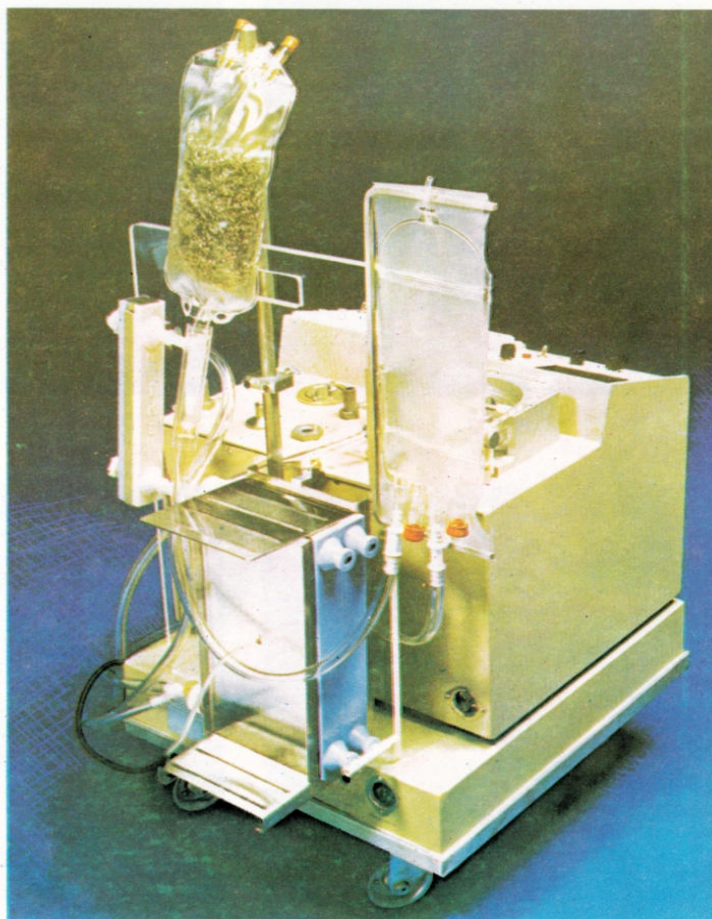
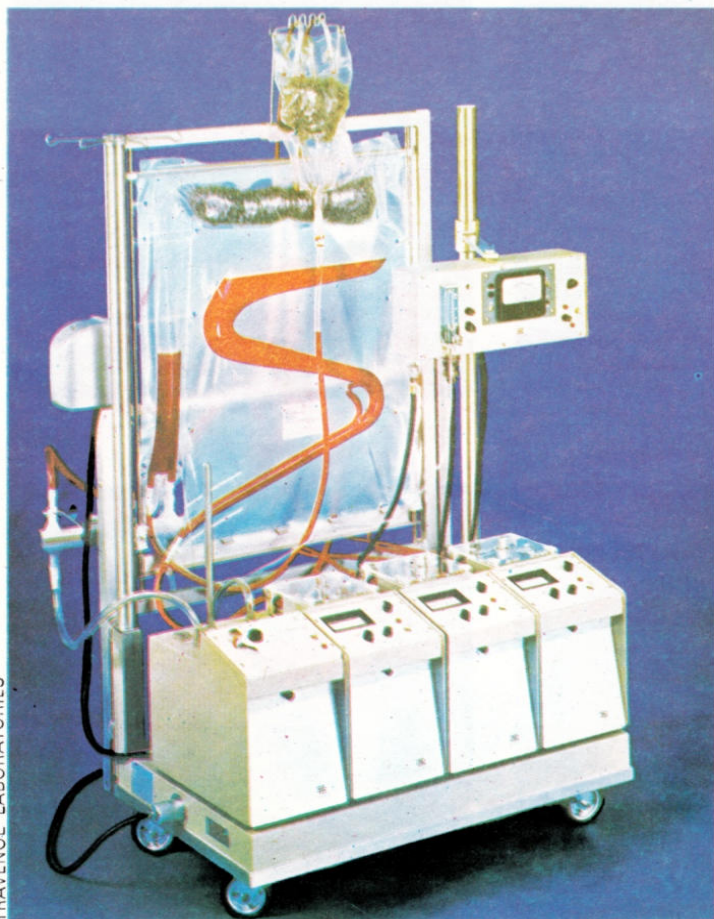
dem richtigen Druck durch einen Katheter in eine der Hauptarterien gepumpt. Sobald die Umgehung des Herz-Lungen-Kreislaufs einwandfrei arbeitet, kann man die Gefäße zum Herzen abklemmen und die Operation vornehmen.

Solche Herzoperationen wurden durch den technischen Fortschritt bei der Entwicklung von Pumpen und Oxygenatoren ermöglicht. Man stellte fest, daß man dem Blut das Kohlenstoffdioxid entziehen und es mit Sauerstoff anreichern konnte, wenn man das Blut fein verteilt einer sauerstoffgesättigten Atmosphäre aussetzte. Dazu taucht man eine Metallplatte in venöses Blut und läßt Sauerstoff darauf einwirken. Nach diesem Prinzip arbeiten bestimmte Oxygenatoren. Beim Oxygenator mit umlaufenden Scheiben sind auf einer Welle mit Abstandstücken zahlreiche Scheiben angebracht. Das Ganze befindet sich in einem Glaszylinder mit zwei metallenen Endplatten. An die beiden Enden werden die Zu- und Ablaufleitungen für Sauerstoff und Blut angeschlossen. Dann tritt auf der einen Seite das venöse Blut ein. Die rotierenden Scheiben lassen fein verteiltes Blut mit dem Sauerstoff in Berührung kommen, anschließend läuft es in den Sammelbehälter zurück.

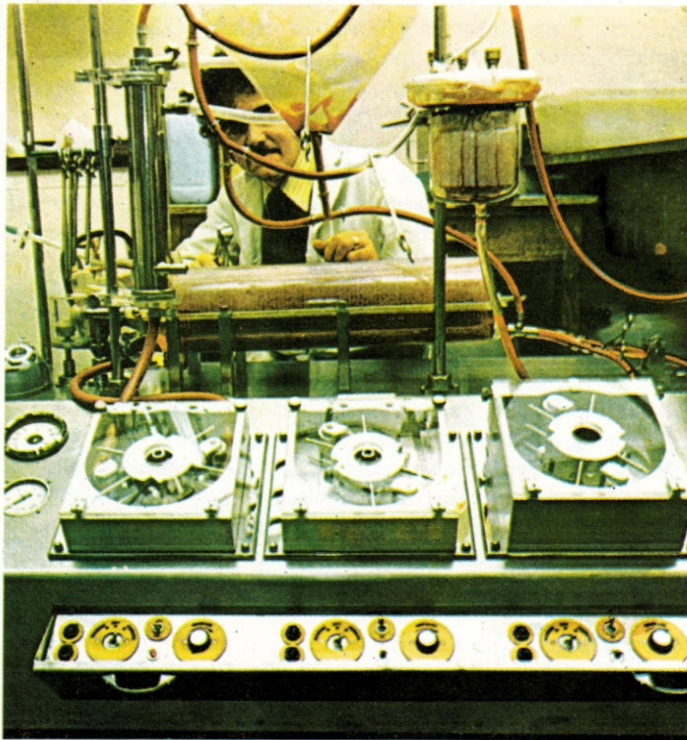
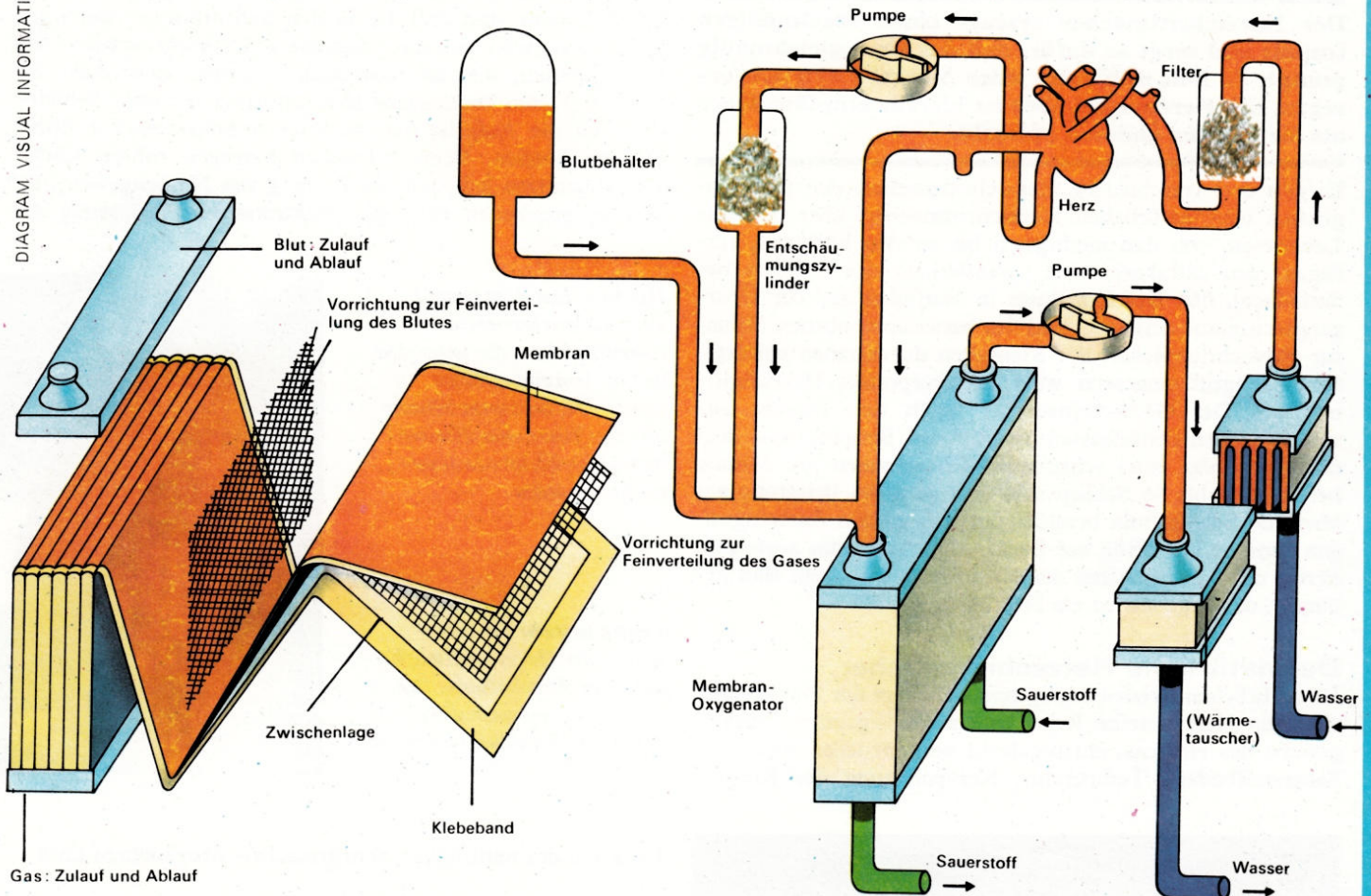
Diese Oxygenatoren haben allerdings zwei Nachteile. Erstens zerstören die Scherkräfte, die beim Zusammentreffen des Blutes mit den umlaufenden Scheiben auftreten, Blutzellen, außerdem denaturiert (zerstört) der unmittelbare Kontakt zwischen Blut und Sauerstoff einige der Eiweißmoleküle.

**Unten links:** Eine H.-L.-M. mit Bläschenoxygenator. Er ist aus durchsichtigem Kunststoff und wird nur einmal verwendet. Die Maschine verfügt über drei Pumpen, eine Temperatursteuerung und eine Überwachungseinheit.

**Unten:** Eine H.-L.-M. mit Membranoxygenator. Die Ein- und Austrittsöffnungen für Sauerstoff befinden sich an der Seite.







Das Bild oben zeigt eine H.-L.-M. mit einem Oxygenator mit umlaufenden Scheiben. In der Bildmitte sieht man den eigentlichen Oxygenatorzylinder, in dem Scheiben auf einer horizontalen Welle rotieren. Im Vordergrund sind die drei Peristaltik-Pumpen klar zu erkennen.

**Oben:** Eine H.-L.-M. mit Membran-Oxygenator. Links eine auseinandergezogene Anordnung des Oxygenators. Das venöse Blut gelangt teils durch eine nahe dem Herzen eingesetzte Nebenstromklappe, teils durch eine Peristaltikpumpe zum Oxygenator. Nach Durchlauf geht das Blut durch eine Pumpe und eine Heizvorrichtung zum Herzen zurück.

Diese Nachteile überwindet der Membranoxygenator weitgehend. Hier strömen Blut und Sauerstoff über die gegenüberliegenden Flächen einer Membran aus Silikonkautschuk. Für Gasmoleküle, d.h. Kohlendioxid in der einen und Sauerstoff in der anderen Richtung, ist die Membran durchlässig, nicht aber für Blut. So wird es ohne unmittelbaren Kontakt und ohne daß die im Blut enthaltenen Eiweißmoleküle oder die Blutzellen durch mechanische Beanspruchung zerstört werden, mit Sauerstoff angereichert.

### Pumpen

In H.-L.-M. verwendete Pumpen müssen in der Lage sein, Blut durch die Maschine und den Patienten zu pumpen, ohne dabei Blutzellen zu beschädigen. Durch beschädigte Zellen und die sich daraus ergebende Verringerung ihrer Menge im Blutkreislauf des Patienten kann es zu sofortigen und zu langfristigen Störungen des Blutkreislaufs kommen. Peristaltikpumpen (Pumpen, die das Blut mittels Walzen, Nocken oder Druckfingern schonend durch einen Schlauch aus Silikonmaterial drücken) sind in ihrer Wirkung allen anderen überlegen und haben den bedeutenden Vorzug, daß keine mechanischen Teile in unmittelbare Berührung mit dem Blut kommen.



## HERZSCHRITTMACHER

**Der Herzschrittmacher erzeugt einen regelmäßigen Impuls und sorgt so dafür, daß das Herz gleichmäßig pumpt. Es läßt sich zwar jeder Muskel elektrisch erregen, der Herzmuskel aber ist hierfür empfänglicher als die meisten anderen Muskeln.**

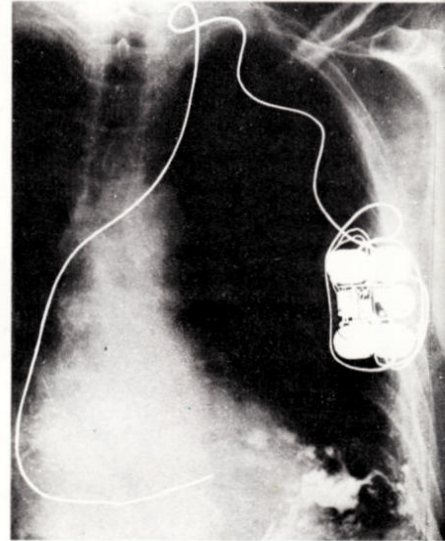
Es gibt drei verschiedene Herzschrittmacher: den physiologischen oder natürlichen Herzschrittmacher, über den alle Lebewesen, von den niedrigsten bis zu den höchsten, verfügen; den extrakorporalen (=außerhalb des Körpers befindlichen), den Krankenhäuser in Notfällen und für Übergangszeiträume einsetzen, und den batteriebetriebenen Miniatur-Herzschrittmacher, der Menschen durch einen chirurgischen Eingriff eingesetzt wird (intrakorporaler Herzschrittmacher). Der Herzschrittmacher regelt den Impuls entsprechend den Bedürfnissen des Körpers. Beispielsweise liegt der Herzschlag eines schlafenden Erwachsenen pro Minute bei etwa 55 bis 60 Schläge/min und wird bei Belastung auf über 100 Schläge/min beschleunigt. Bei großen Anstrengungen kann er kurzzeitig auf über 200 Schläge/min ansteigen. Erregt der Schrittmacher das Herz nicht, wird kein Blut gepumpt, das Ergebnis ist ein Herzblock.

### Der natürliche Herzschrittmacher

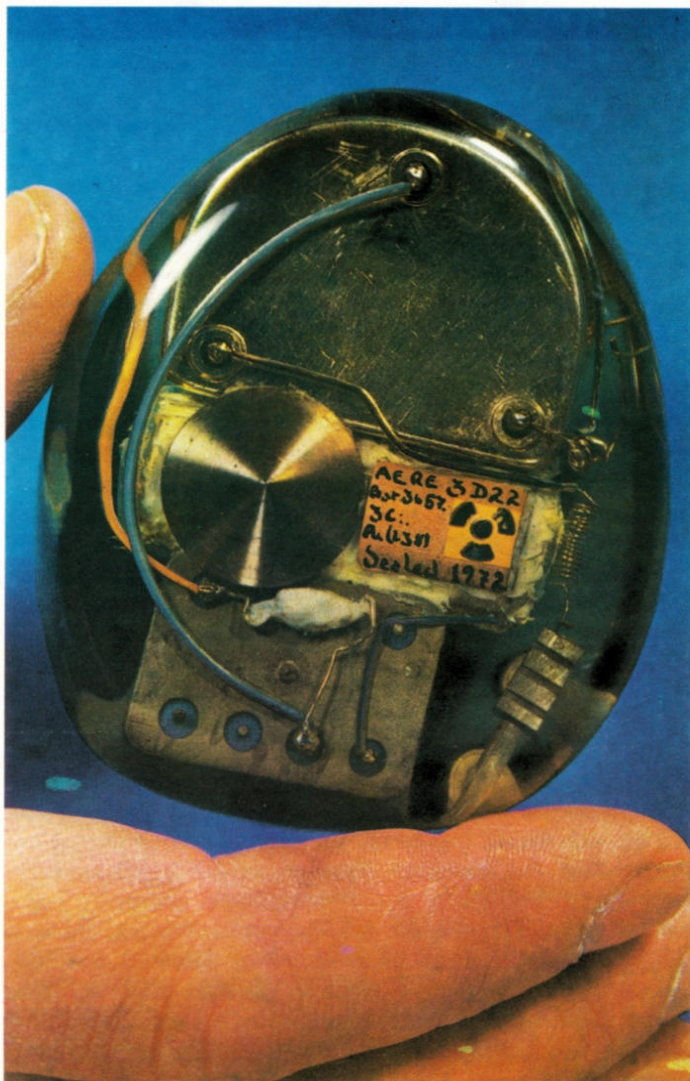
Im natürlichen Reizleitungssystem empfängt der Sinusknoten oben am Herzen seine Reize vom außenliegenden Muskelgewebe des Herzens, entsprechend verschiedenen Faktoren: Sauerstoffbedarf, Temperatur, Nervenreizung des Körpers

usw. Bei biologischen Versuchen hat sich gezeigt, daß jede Zelle des Herzgewebes ihren eigenen Schlagrhythmus zu haben scheint, und daß die an den Schrittmacher weitergegebenen Impulse aus ihrer Summe abgestimmt werden. Bei Experimenten, u.a. an Salamandern, zeigte sich, daß von anderen Tieren übertragene Herzschrittmacher ohne Schwierigkeiten die Aufgabe der natürlichen Schrittmacher übernehmen können. Beim Menschen hingegen führen solche Verpflanzungen lediglich zur Bildung von Narbengewebe, so daß im gegebenen Falle eine elektronische Einrichtung die

***Rechts:** Ein Röntgenbild eines batteriebetriebenen Schrittmachers, der unter dem linken Arm eingepflanzt wurde. Die Batterien können alle drei Jahre ohne Herausnahme der Elektrode ausgetauscht werden.*



***Links unten:** Ein intrakorporaler Herzschrittmacher mit einer Atombatterie. Die Batterie ist so konstruiert, daß keine Strahlung austreten kann.*



Funktion des natürlichen Schrittmachers übernehmen muß.

### Der extrakorporale Schrittmacher

Er wird über einen Katheter (eine operativ eingesetzte Leitung) durch eine Vene an der rechten Herzkammer angeschlossen. Zum Katheter gehören in diesem Fall noch elektrische Meßfühler und Impulsgeber.

### Der intrakorporale Schrittmacher

Seit den 50er Jahren wurden verschiedene Arten von tragbaren Schrittmachern entwickelt. Bei einer Ausführung müssen lediglich Elektroden eingepflanzt werden, während das Gerät selbst auf der Brust getragen wird. Die Versorgung erfolgt entweder über Batterien, die sich wegen ihrer geringen Größe ebenfalls auf der Brust tragen lassen, oder über solche, die der Patient in einem besonderen Behälter oder an einem Halter trägt, der am Gürtel befestigt wird. Seit Ende der 50er Jahre pflanzt man vollständige Schrittmacher zusammen mit Batterien ein. Ihr Verhalten über längere Zeiträume wird gegenwärtig noch ausgewertet.

Intrakorporale Schrittmacher müssen bestimmten Anforderungen genügen. Sie müssen über mehrere Jahre zuverlässig arbeiten, und ihre Batterien über eine hohe Lebensdauer (gewöhnlich drei Jahre) verfügen. Die Stromaufnahme soll möglichst gering sein, und Schwankungen der Batteriespannung sowie körperliche Belastungen dürfen die Leistung nicht beeinträchtigen. Die Batterie muß gegen das Eindringen von Körperflüssigkeiten gekapselt, und die Elektroden müssen mechanisch und elektrolytisch standfest sein.

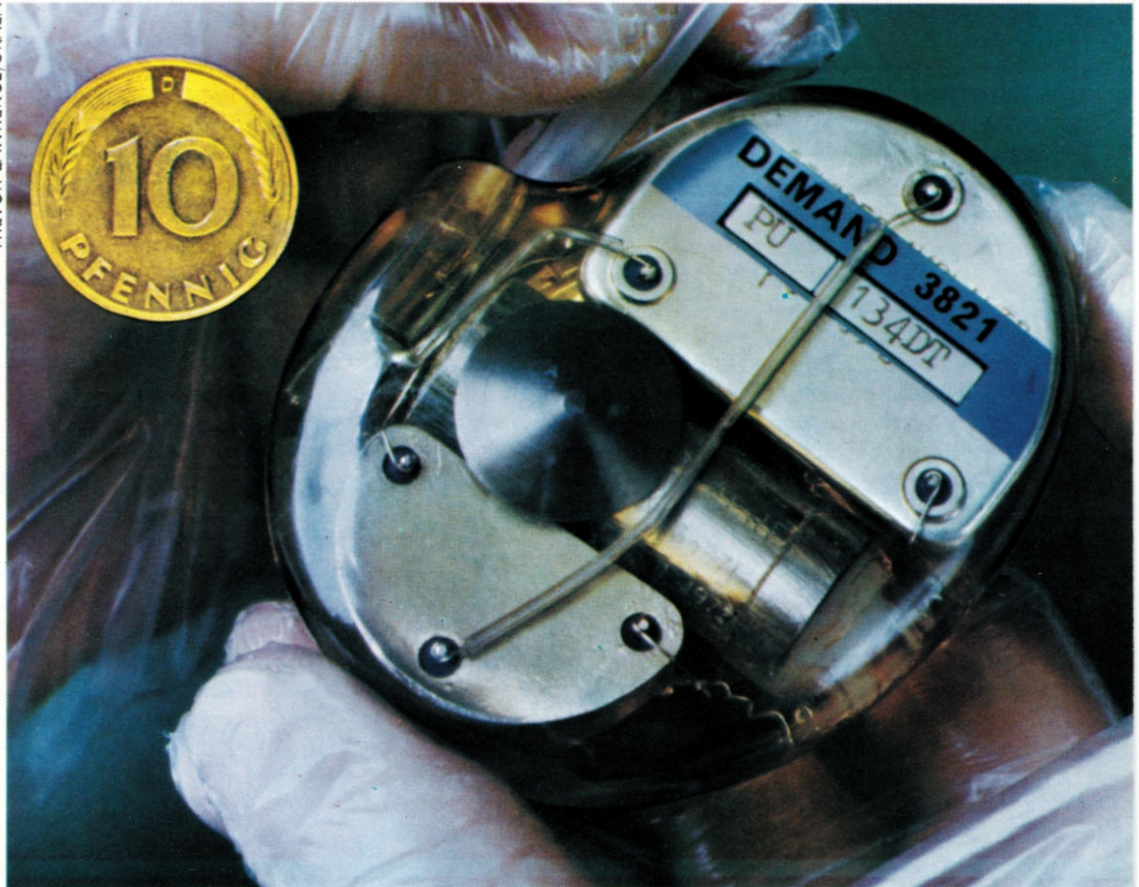
### Batterien

Im allgemeinen wurden Schrittmacher ursprünglich mit Quecksilberelementen betrieben, weil sie hinreichend klein und im Verhältnis zu ihrer Größe recht leistungsfähig sind; außerdem können sie während 90% ihrer Lebensdauer eine gleichmäßige Ausgangsspannung liefern. Zu neueren Ent-

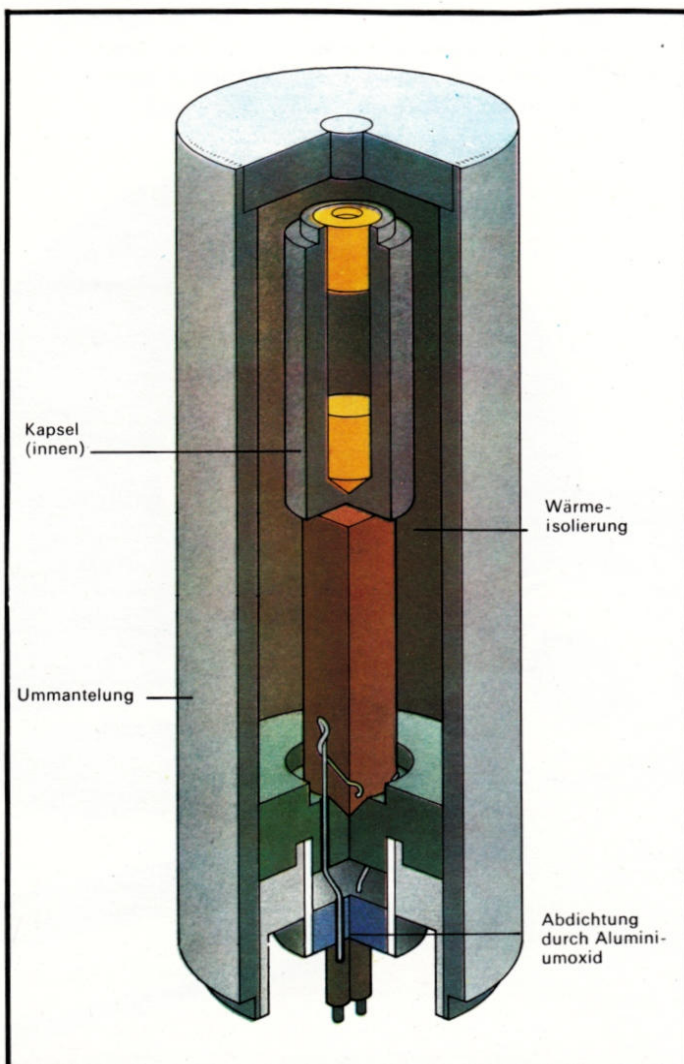


**Rechts:** Ein intrakorporaler Herzschrittmacher mit fünf Batterien. Zum Grössenvergleich daneben: eine 10-Pfennig-Münze.

TREVOR LAWRENCE/UKAEA



**Unten:** Eine Isotopenbatterie von der in Herzschrittmachern verwendeten Art. Die beim radioaktiven Zerfall des Isotops ( $^{238}\text{Pu}$ ) auftretende Wärme heizt die Kapselwandung auf, die an einer Seite die Wärmesäule berührt. Sie wiederum steht in Verbindung mit dem unteren Ende der Außenhülle. Die Batterie ist mit einem Gas geringer Leitfähigkeit, beispielsweise Xenon, gefüllt oder luftleer gepumpt. Sie muß gut wärmeisoliert und gegen Strahl Austritte abgeschirmt sein.



wicklungen gehören der Isotopen-Taktgeber und das Metall-Sauerstoff-Element. Der Isotopen-Taktgeber wandelt mit Hilfe einer Thermosäule die von Plutonium-238 erzeugte Wärme in elektrische Energie um (siehe THERMOELEKTRISCHE GERÄTE). Dabei dient die konstant geringe Körpertemperatur des Menschen von  $37^{\circ}\text{C}$  als Kaltverbindung. Man sagt diesem Taktgeber zwar eine Lebensdauer von 10 Jahren voraus, doch sind noch umfangreiche Versuche zur Erzielung einer völlig sicheren Kapselung nötig. Beim Metall-Sauerstoff-Element liefert der im Körpergewebe enthaltene Sauerstoff die Energie. Hier stellt die Menge des verfügbaren Sauerstoffs und die Fähigkeit zur Aufrechterhaltung der chemischen Diffusion noch eine Schwierigkeit dar.

### Schaltungsaufbau

Der bei vielen Schrittmachern verwendete Sperrschwinger arbeitet durchaus zufriedenstellend. Er ist aber für Dünnschichtschaltungen, die sich durch ihre langanhaltende Stabilität als beste erwiesen haben, wegen des bei seiner Verwendung erforderlichen Transformators nicht geeignet. Man hat versuchsweise Impulsgeneratoren mit komplementären Transistoren verwendet, weil sie nicht ständig Strom von der Batterie aufnehmen; sie sind jedoch besonders anfällig für Belastungs- und Leitungsschwankungen. Es wurden auch Versuche mit monostabilen und bistabilen Schaltungen durchgeführt (siehe LOGIKSCHALTUNGEN). Die auftretenden Schwierigkeiten werden dadurch nicht ausgeräumt, da man die erforderliche Taktwiederholung und Impulslänge ohne Abweichungen bei der Zeitsteuerung erreicht hat.

Der Bedarfs-Schrittmacher verfügt neben dem Taktgeber noch über einen frequenzabhängigen Verstärker, der eine Sperrschaltung des Taktgebers steuert. Die Elektrode, die das Herz erregt, zeichnet zugleich das EKG (Elektrokardiogramm) auf. Der Verstärker sperrt den Taktgeber bis auf solche Fälle, in denen ein Herzblock auftritt, so daß das Herz nur bei Bedarf stimuliert wird.



## HI-FI-SYSTEME

**Hi-Fi ist die Abkürzung für den englischen Begriff 'high fidelity' (= hohe Wiedergabegüte), der schon seit den dreißiger Jahren zur Kennzeichnung einer hervorragenden Wiedergabequalität von Tonfrequenzanlagen dient.**

Ursprünglich wurde dieser Begriff von der Werbung eingeführt, um damit bei Tonwiedergabegeräten wie PLATTENSPIELERN, TONBANDGERÄTEN, VERSTÄRKERN und Rundfunkgeräten den jeweils letztmöglichen Stand der Technik zu kennzeichnen. Später wurden in DIN 45 500 (Deutsche Industrie-Norm) die Qualitätsmerkmale solcher Heimstudioanlagen genau festgelegt. In der Norm sind auch weitere Anlageteile bis zum Mikrofon und Lautsprecher erfaßt. In Deutschland dürfen nur solche Geräte mit Hi-Fi gekennzeichnet werden, die den in der Norm festgelegten Qualitätsansprüchen genügen.

## Der Hi-Fi-Verstärker

Das Kernstück jeder Heimstudioanlage ist der Verstärker, dessen Ausgangssignale zur Ansteuerung der Lautsprecher oder der Kopfhörer dienen. Seine Eingangssignale liefert entweder ein Plattenspieler, ein Rundfunk-Empfangsteil, ein Tonbandgerät, ein Mikrofon oder ein Fernseh-Anschlußadapter zum Abhören des Fernsehtones.

Heute sind die meisten Hi-Fi-Anlagen für stereofone oder für quadrofone Wiedergabe aufgebaut. Die Begriffe Stereophonie bzw. Quadrophonie (siehe STEREO- UND QUADROFONIE) beziehen sich auf den Gebrauch von zwei oder vier Tonfrequenz-Übertragungskä­nälen im Verstärker; man will hiermit beim Hörer eine räumliche Tonverteilung erreichen, so daß er beim Abspielen einer Musikdarbietung den Eindruck erhält, im Konzertraum zu sitzen. Selbstverständlich ist das nur möglich, wenn sich am Ausgang des Verstärkers je nach Anzahl der Kanäle auch entsprechend viele Lautsprecher befinden. Kriterien für ein Hi-Fi-System sind guter linearer Frequenzgang, niedriger Anteil an Verzerrungen, geringes Rauschen und eine zur Wiedergabe ausreichende Ausgangsleistung.

## Übertragungsfrequenzgang

Das menschliche Ohr kann angenähert Frequenzen im Bereich von 20 Hz bis 20 000 Hz wahrnehmen; deshalb sollte ein Hi-Fi-System alle in diesem Bereich vorkommenden Frequenzen gleichmäßig wiedergeben, ohne einige von ihnen übermäßig anzuheben oder abzuschwächen.

Für jeden Baustein einer Heimstudioanlage wird der Frequenzgang durch die Anlage einer oberen und einer unteren Frequenz ausgedrückt, meist mit Festlegungen maximaler Änderungen vom gleichmäßigen oder auch linearen Verlauf. Diese Abweichungen werden in Dezibel (dB) angegeben. Das Dezibel kennzeichnet das Verhältnis zweier Spannungen oder Ströme oder Leistungen und ist ein Vielfaches des Briggschen LOGARITHMUS (Logarithmus zur Basis 10) dieses Verhältnisses. Das in den Logarithmus gesetzte Verhältnis der miteinander in Beziehung stehenden Spannungen oder Ströme wird mit dem Faktor 20 multipliziert, das der Leistungen mit dem Faktor 10.

Steigt beispielsweise eine Leistung von 50 W auf 100 W, so hat sie sich, in Dezibel ausgedrückt, um  $10 \times \lg(100/50) = 10 \times \lg 2 = 3,91$  dB erhöht. Vergrößert sich eine Spannung von 50 V auf 100 V, dann beträgt das Verstärkungsmaß  $20 \times \lg 2 = 6,02$  dB. Eine Verkleinerung der Größen kennzeichnet man durch eine negative dB-Angabe:  $-3$  dB bedeutet einen Abfall der Leistung von 100 W auf 50 W.

Zur Messung des Frequenzganges stellt man den Verstärker so ein, daß bei einem sinusförmigen Eingangssignal mit der Frequenz von 1 kHz an seinem Ausgang eine Leistung von 1 W erscheint. Diese Leistung wird als Bezugsgröße von 0 dB

genommen; danach wird bei verschiedenen Frequenzen bei festgehaltener Eingangsspannung die Ausgangsleistung ermittelt. Die derart gemessenen Ausgangsleistungen werden auf den Pegel von 0 dB bezogen. Man erhält so eine Aussage über die Linearität des Frequenzganges mit den tatsächlichen oberen und unteren Grenzfrequenzen des Verstärkers. Die Herstellerangaben lauten dann beispielsweise: Frequenzgang von 25 Hz bis 20 kHz  $\pm 1,5$  dB. Man muß dazu wissen, daß das menschliche Ohr für Änderungen der Ausgangspegel von weniger als  $\pm 1$  dB unempfindlich ist; viele Menschen können nicht einmal Änderungen von  $\pm 2$  dB wahrnehmen.

Die in dem Zusammenhang oft genannte Leistungsbandbreite wird genauso festgestellt. Sie gibt den Frequenzbereich an, über den der Verstärker mindestens die Hälfte seiner vom Hersteller angegebenen Ausgangsleistung innerhalb von festgelegten Verzerrungsgrenzen abgibt.

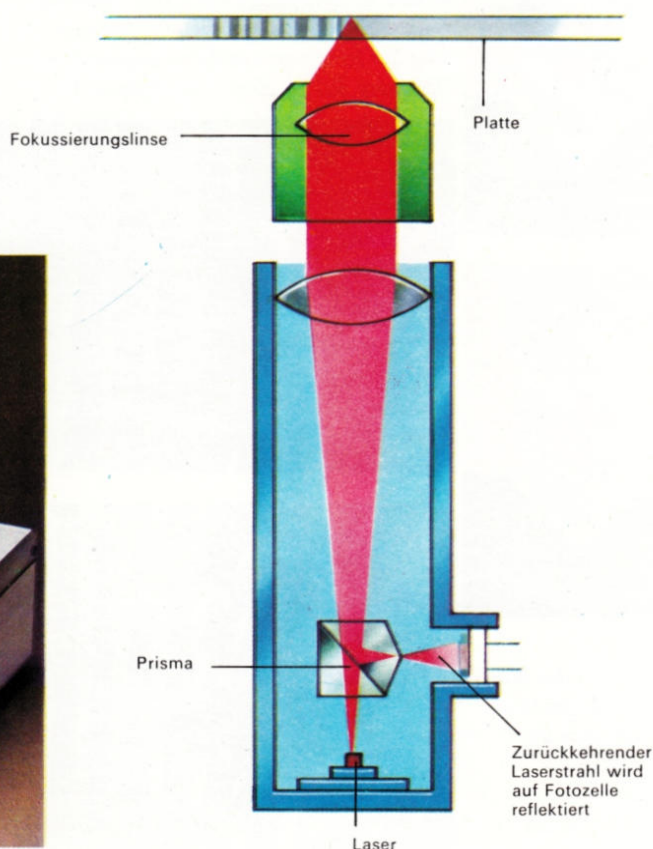
## Verzerrungen

Ebenso wichtig wie ein linearer und frequenzmäßig weit gestreckter Frequenzverlauf ist das verzerrungsfreie Arbeiten einer Hi-Fi-Anlage. Man kennt verschiedene Arten von Verzerrungen; grundsätzlich aber ist damit jeder Laut gemeint, der am Ausgang der Anlage oder am Ausgang eines ihrer Bausteine erscheint, der im Eingangssignal nicht vorhanden war.

*Im Bild rechts ein 'Music Centre' mit Fernsteuerung, das einen Plattenspieler, ein Radio und einen Kassettene Rekorder umfaßt. Im Bild unten das Kompaktschallplattensystem von Philips, das eine Revolution in der Plattenherstellung und in der Tonabnahme darstellt. Die 11 cm große Platte kann nur einseitig abgespielt werden und hat eine Spieldauer von 60 Minuten. Die Tonabnahme erfolgt über Laserstrahlen (siehe Abbildung rechts unten) von der Unterseite der Platte und zwar von innen nach außen.*



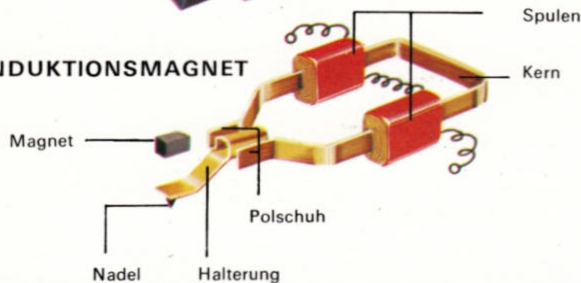
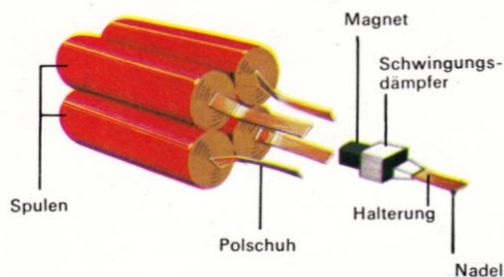




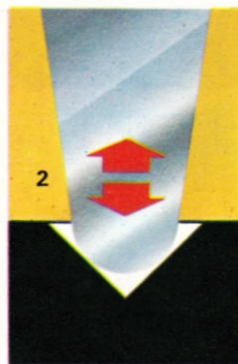
Harmonische Verzerrungen werden durch unerwünschte Erzeugung harmonischer Frequenzen innerhalb der Anlage verursacht. Unter harmonischer Frequenz versteht man ein Vielfaches der Grundfrequenz, d.h. der Frequenz des Eingangssignals, das den Verstärker durchläuft. Bei einer Grundfrequenz von 1 kHz beträgt die 2. Harmonische 2 kHz, die dritte 3 kHz usw. Harmonische Störungen sind das Ergebnis von Amplitudenstörungen, die hauptsächlich durch nicht-lineares Verhalten im Übertragungsweg des Signales von einer Verstärkerstufe zur anderen entstehen. Sie treten dann auf, wenn die Amplitude des Ausgangssignals der betrachteten Stufe in einem gegebenen Augenblick nicht mehr proportional zur Amplitude am Eingang ist. Amplitudenverzerrungen sind auch die Quelle der Intermodulationsverzerrungen, die innerhalb einer Anlage beim Durchlaufen zweier oder mehrerer Eingangssignale unterschiedlicher Frequenz entstehen. Hierbei werden durch Intermodulation über Addition oder Subtraktion der unterschiedlichen Frequenzen neue Frequenzen erzeugt. Harmonische Verzerrungen und solche, die durch Intermodulation entstehen, werden meist in Prozenten des Ausgangssignals angegeben. So bedeutet z.B. die Angabe 0,1%, daß im Ausgangssignal 0,1% harmonische Verzerrungen enthalten sind.

Wird das Eingangssignal zu groß, entstehen Begrenzungsverzerrungen durch Übersteuerung, bei denen die Spitzen der Signalschwingung abgeschnitten werden, weil der Spitzenwert des Signales größer wird als ihn die Anlage verarbeiten kann. Nur wenige Hersteller geben die Übersteuerungsver-



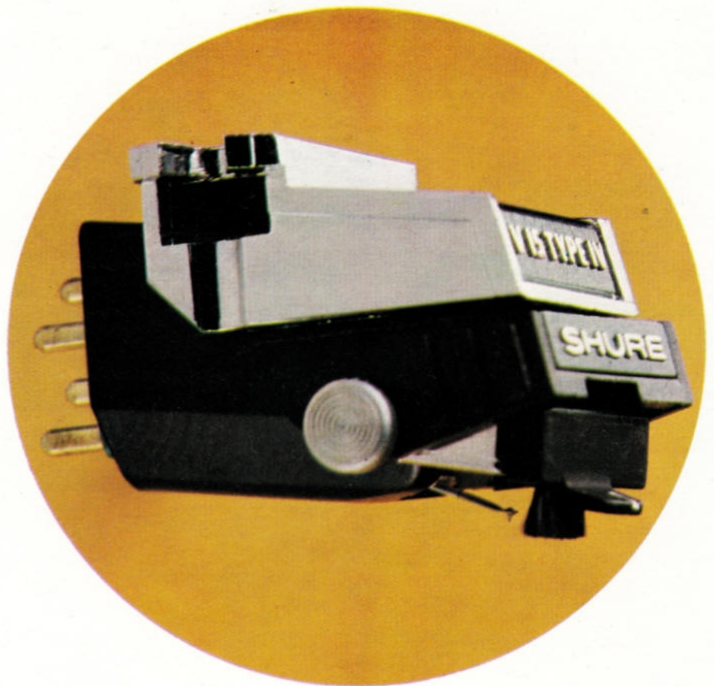
**DREHSPULTONABNEHMER****INDUKTIONSMAGNET****DREHMAGNET**

**Unten:** Die Rillen einer Monoschallplatte, die eine konstante Breite haben. Darunter die Rillen einer quadrofoni-schen Schallplatte, im Matrixverfahren geschnitten. Beim Matrixverfahren werden die vier Eingangskanäle auf zwei Spuren der Rille geschnitten.



**Unten:** Eine quadrofoni-sche Platte (oben), nach dem diskreten Verfahren aufgenommen. Dabei wird in die zwei Spuren an den Rillenwänden noch eine Informationsspur geschnitten, die zur Decodierung der Eingangskanäle verwendet wird. Darunter Rillen einer Stereoplatte.

Bei einer Monoplatte bewegt sich die Nadel horizontal (1). Alternativ entwickelte Edison ein Verfahren, bei dem sich die Nadel vertikal bewegt (2). Stereo-aufnahmen werden mit 45° in beiden Richtungen gemacht (3+4), die Nadel bewegt sich vertikal und horizontal.





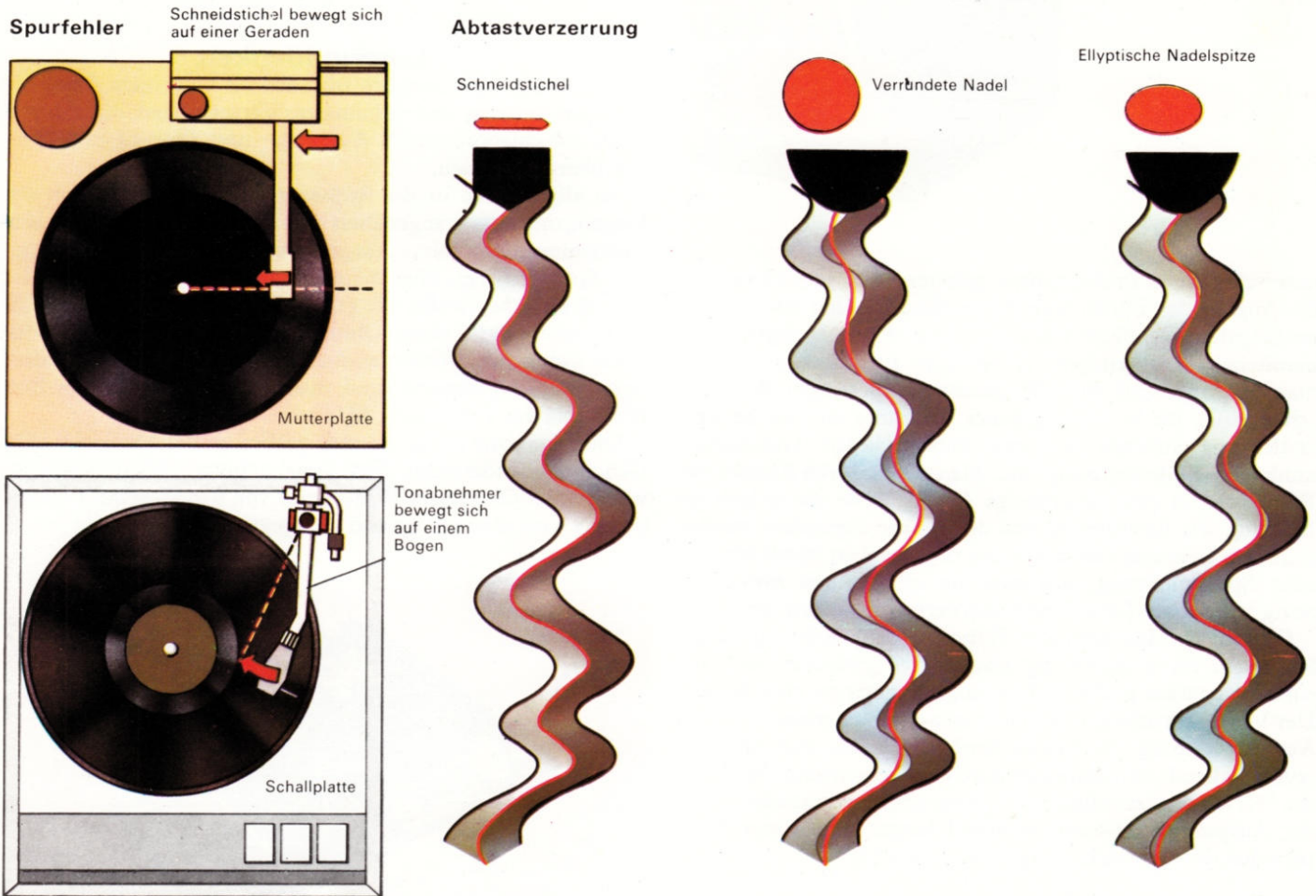
zerrungen an. So bedeutet z.B. die Angabe 0,1% Verzerrung bei 20 dB Übersteuerung, daß bei einem 20 dB über dem maximalen Wert liegenden Eingangssignal der Anteil der Verzerrungen 0,1% beträgt.

Bei der Wiedergabe von Schallplatten entstehen zwei Arten von Verzerrungen: einmal durch den Spurfehler (tracking distortion). Ursache der Verzerrungen durch den Spurfehler ist die ungenaue Abtastung der Nadel des Tonabnehmers in der eingepprägten Tonrille, weil entweder die Auflagekraft zu gering eingestellt ist oder weil ein unzulässiger mechanischer Widerstand in der Nadelanordnung oder im Tonabnehmerarm gegen die Bewegung wirkt.

Der Spurfehler ist der Winkel zwischen der Mittellinie der

## Rauschen

Als Rauschen wird die Summe der zufälligen elektrischen Signale bezeichnet, die innerhalb eines Systems erzeugt werden. Weil in den Schaltkreisen eines Verstärkers auch bei nicht angelegtem Signal immer ein Ruhestrom fließt, läßt sich das Rauschen nicht vermeiden. Die Rauschspannungen überdecken grundsätzlich das gesamte Frequenzspektrum. Deshalb bezeichnet man es auch analog zum weißen Licht als weißes Rauschen. In Verbindung mit dem Rauschen wird oft das Brummgeräusch angegeben, das im Netzteil als unerwünschtes Geräusch niedriger Frequenz durch die Netzfrequenz (50 Hz) und deren Harmonischer auftritt. Rausch- und Brummspannungen am Ausgang des Verstärkers werden meist



Nadel und einer an die Rille gedacht gelegten Tangente am Auflagepunkt. Dieser Winkel sollte so klein wie möglich sein, damit die Nadelspitze genau dem Weg des Schneidstichels folgen kann, der die Tonspur in die Mutterplatte eingeschnitten hat.

Abtastverzerrungen sind harmonische Verzerrungen, die dadurch entstehen, daß der erwähnte Schneidstichel, mit dem die Platten geschnitten werden, einen wesentlich kleineren Verrundungsradius an seiner Spitze besitzt als die Abtastnadel des Tonabnehmersystems eines Plattenspielers. Man sollte deshalb Systeme mit elliptisch verrundeten Abtastnadeln bevorzugen.

Häufig findet man in Datenblättern von Tonabnehmern die Angabe: vertikaler Spurwinkel  $15^\circ$ . Dies bedeutet, daß die Schwingungsebene des Nadelträgers gegenüber der Schallplattenoberfläche um  $15^\circ$  geneigt ist. Um diesen vertikalen Spurwinkel wird auch der Schneidkopf beim Herstellungsvorgang der Mutterplatte geneigt.

Links im Bild die Ursache von Spurfehlern: die Bewegung des Schneidstichels führt direkt in die Plattenmitte, während der Tonabnehmer sich auf einem flachen Bogen bewegt, so daß ein Fehlwinkel entsteht. Rechts: Abtastverzerrung: der Schnitt wird von vorn nach hinten flacher. Eine runde Nadel kann den entstandenen Pfad nicht genau verfolgen — eine elliptisch verformte Nadelspitze verhält sich günstiger.

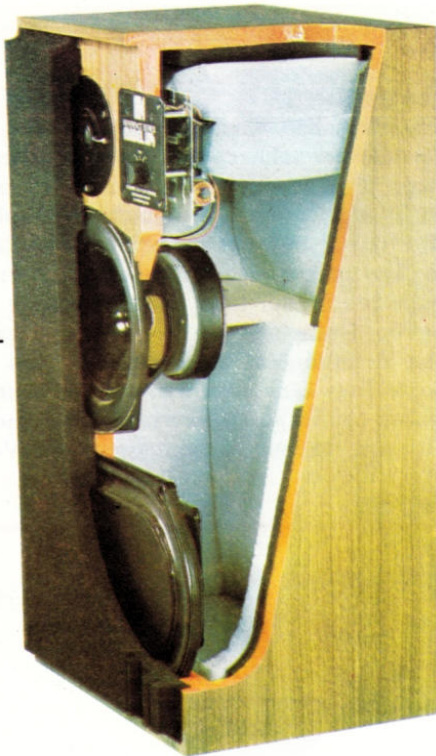
als logarithmisches Verhältnis des gewünschten Signals zum Rauschen angegeben. Ein Signal/Rausch-Verhältnis von  $-66$  dB bei 50 W Ausgangsleistung besagt, daß die Rauschleistung bei der angegebenen Ausgangsleistung niedriger als  $50 \mu\text{W}$  (50 Millionstel Watt) ist.

## Ausgangsleistung

Zur Festlegung der Ausgangsleistung oder der Belastbarkeit der Anlage sind unterschiedliche Angaben möglich, zu denen



**Rechts:** Qualitätslautsprecher in Anschnitt. Unten ist der Basslautsprecher zu sehen, in der Mitte der Lautsprecher für mittlere Tonlagen und oben der Lautsprecher für hohe Frequenzen. Die elektronische Kreuzschaltung befindet sich neben dem Hochfrequenzlautsprecher.



**Links:** Die Rückseite eines Lautsprechers der Firma Quad. Die Perforierung der Rückwand ist zur besseren Klangwiedergabe angebracht. Die Membranen befinden sich auf der Vorderseite des Lautsprechers. Das abgebildete Gerät gibt Frequenzen von 45 Hz bis 18 kHz wieder.

QUAD

unterschiedliche Prüfverfahren gehören. Am sinnvollsten ist die Angabe des Effektivwertes der Sinusleistung oder Nennausgangsleistung ohne Überschreitung der festgelegten harmonischen Verzerrungen. Unter dem Effektivwert versteht man die Amplitude einer Wechselspannungs- oder Wechselstromgröße, die bei vorgegebener Belastung die gleiche Verlustleistung aufweist wie eine entsprechende Gleichspannungs- oder Gleichstromgröße. Man erhält durch Angabe des Effektivwertes eine zuverlässige Angabe über die elektrische Leistung, die fortwährend von der Anlage abgegeben werden kann. Im Gegensatz hierzu stehen die Angaben Musikleistung oder Spitzenleistung, worunter im allgemeinen nur kurzzeitig verfügbare Leistungsspitzenwerte verstanden werden.

Obwohl für den normalen Gebrauch sehr hohe Ausgangsleistungen nicht notwendig sind, ist es günstiger, sich für einen Verstärker größerer Leistungsfähigkeit zu entscheiden. Der Verstärker arbeitet dann immer weit unter seiner höchsten Ausgangsleistung. Hierdurch wird vermieden, daß plötzlich laut einfallende Musikspitzen durch die begrenzende Wirkung des Verstärkers zunehmende Verzerrungen verursachen oder die Ausgangstransistoren während langer und lauter Hörperioden durch Überhitzung zerstört werden.

### Wow, Flutter und Rumpeln

Wow und Flutter (aus dem Englischen) sind Verzerrungsarten, deren Ursache in Geschwindigkeitsänderungen des Antriebsmechanismus eines Tonbandgerätes, Kassettenrecorders oder Plattenspielers zu suchen sind. Wow bedeutet eine langsame Änderung der Tonhöhe und wird durch Geschwindigkeitsänderungen um 10 Hz oder geringer hervorgerufen. Flutter verleiht dem Ton einen zitternden Effekt und entsteht bei Änderungen, die über 10 Hz liegen. Angaben zu beiden Verzerrungen findet man meist in Prozenten. Je kleiner die Prozentwerte sind, um so günstiger verhält sich die Anlage.

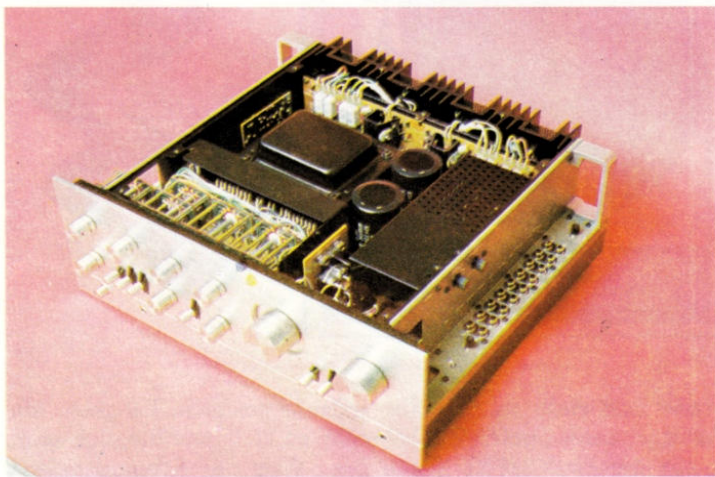
Das Rumpeln ist ein vom Plattenspieler erzeugtes Geräusch. Der Plattenteller überträgt es zum Tonabnehmer, von dort gelangt es über den Verstärker zum Lautsprecher. Der Klang ähnelt dem eines entfernten Donnergeräusches und wirkt während ruhiger Musikdarbietungen sehr aufdringlich. Plattenspieler hoher Qualität erzeugen kein wahrnehmbares Rumpeln. Ein guter Hi-Fi-Plattenspieler besitzt ein Rumpelgeräusch, das mindestens 45 dB unter dem geforderten Signalpegel liegt.

### Impedanz und Empfindlichkeit

Die Leistung wird dann am wirksamsten von einem Anlagen- teil zum anderen mit minimalen Verzerrungen übertragen, wenn die entsprechenden Ausgangs- und Eingangsimpedanzen übereinstimmen.

Im allgemeinen ist die Anpassung befriedigend, wenn die Eingangsimpedanz angenähert das Fünf- bis Sechsfache der Quellenimpedanz (hier: Ausgangsimpedanz der vorhergehenden Stufe) beträgt, aber nicht umgekehrt. Die Impedanz ist eine elektrische Größe, die gegen den elektrischen Stromfluß wirkt und durch einen Ohmschen, einen kapazitiven oder einen induktiven Widerstandsanteil festgelegt ist. Sie ändert sich mit der Frequenz, und man gibt im allgemeinen ihre Werte bei der Frequenz 1 kHz an.

Die Impedanz ist fast immer größer als der Ohmsche oder Gleichstromwiderstand. Ein Tonabnehmer besitzt beispielsweise einen Ohmschen Widerstand von 630  $\Omega$ , seine Lastimpedanz wird aber mit 47 000  $\Omega$  angegeben.



SHIRIO

**Oben:** Ein Verstärker vom Typ Pioneer SA 9900 für eine Stereoanlage. Es handelt sich um einen integrierten Verstärker, bei dem Vorverstärkung und Leistungsverstärkung stattfinden.

Anpassungen an die Impedanzen sind wichtige Maßnahmen beim Entwurf von Hi-Fi-Systemen, weil jede größere Fehlanpassung die Tonqualität herabsetzt. Die Empfindlichkeit eines Verstärkers ist die Eingangsspannung, bei der er seine maximale Nennausgangsleistung erreicht: Je kleiner der Wert dieser Eingangsspannung ist, um so empfindlicher ist der Verstärker. Das Eingangssignal kann den vorgegebenen Empfindlichkeitswert im allgemeinen um das Vier- bis Fünffache übertreffen, ohne Übersteuerung hervorzurufen.







# Erfindungen 19: WAAGE UND GEWICHTE

Es gibt nur wenige Waagen aus der Zeit vor der Blüte des Römerreichs, obwohl die ersten Anfänge um etwa 5000 v. Chr. liegen. Die ältesten Spuren für die Existenz von Waagen sind Stein- und Kupfergewichte, die bei archäologischen Ausgrabungen gefunden wurden. Diese Gewichte, die oft die Gestalt von Tieren hatten, wurden ab etwa 3000 v. Chr. in Mesopotamien und Ägypten benutzt. Ihre Werte waren das Vielfache einer gemeinsamen Grundeinheit, des Ge-

wichtes eines Weizenkorns. Daraus mag man schließen, daß schon vor dem Gebrauch von Stein- oder Metallgewichten Weizenkörner selbst als Gewichte benutzt wurden und daß es auch Waagen gegeben haben muß, mit denen kleine Mengen kostbarer Waren, z.B. Gold und Silber, abgewogen wurden. Die ältesten bildlichen Darstellungen von Waagen unterstützen diese Annahmen, da stets das Abwiegen wertvoller Materialien gezeigt wird.

## Die ersten Waagen

Die ersten Waagen waren sehr einfach konstruiert: Ein Balken (Hebel) war in der Mitte um eine waagerechte Achse drehbar aufgehängt, und an jedem Ende hing eine Schale. Die überlieferten Darstellungen geben wenig Einblick in die Feinheiten der Konstruktion. Im Minoischen Kreta (um 2000 v. Chr.) wurde die Waage

**Unten:** Poliertes Steingewicht aus Ur, Mesopotamien, um 2500 v. Chr. in Form einer Ente. Die symbolische Bedeutung ist bis heute ungeklärt. Der Wert des Gewichtes ist eingraviert.

**Links:** Ein griechisches Gewicht mit der Darstellung des Gottes Hermes, einer Weizenähre und Füllhörnern. Die Inschrift bedeutet: 'Amtliches Gewicht des Jahres vier.' (Gewicht 690 g.)

**Unten:** Ägyptische Wandgemälde (hier eine Kopie aus Theben) stellen oft Waagen dar, geben jedoch selten Einzelheiten über Aufhängung und Bedienung der Waage. Auf der Abbildung hier werden Goldrohre auf der linken Waagschale mit einem Gewicht in Gestalt eines Tierkopfes auf der rechten Seite aufgewogen.





z.B. als ein Wortzeichen benutzt, das 'Gewicht' oder 'Wiegen' bedeutete und nur mit wenigen kurzen Linien skizziert wurde. Da die Präzision der Balkenwaage vor allem durch die Art der Lager in der Drehachse bestimmt wird, wissen wir nicht, wie genau die damaligen Waagen arbeiteten, obwohl die Grundeinheit eines Weizenkorns eine ziemlich gute Genauigkeit andeutet.

### Gewichte

Aufgrund der politischen Bedingungen der damaligen Zeit entwickelte jeder Stadtstaat im Nahen Osten sein eigenes Gewichtssystem. Deshalb variierten die größeren Einheiten (in Vielfachen eines Korns = 1 Gran seit der Römerzeit) von Ort zu Ort. So konnte etwa der Sekel je nach örtlicher Regelung zwischen hundert und zweihundert Einheiten bedeuten. Ein Kaufmann, der im östlichen Mittelmeerraum reiste, mußte daher für jeden besuchten Hafen einen passenden Gewichtssatz mitführen. Entsprechende Funde sind kürzlich in dem Wrack eines Handelsschiffes vor der türkischen Südküste gemacht worden. Die damaligen Kaufleute müssen arithmetisch sehr geübt gewesen sein, um von einem Gewichts-

system auf ein anderes umzurechnen.

### Die Schnellwaage

Auf einem ägyptischen Wandgemälde aus der Zeit kurz nach 2000 v. Chr. findet sich ein Hinweis auf eine wesentliche Neuerung im Bau der Balkenwaage. Auf diesem Bild wird ein Mann dargestellt, der auf einem Arm des Balkens einen Gegenstand anbringt oder verschiebt. Es könnte sich hier entweder um ein kleines Gewicht handeln, das die Abweichung der Waage selbst vom Gleichgewicht korrigieren soll, oder es könnte ein Tariergewicht sein (von Tara, einer der Erbse verwandten Pflanze), das das Gewicht eines Korbes oder anderen Behälters auf dem anderen Arm ausgleichen soll. Wahrscheinlicher aber ist, daß hier ein Laufgewicht dargestellt wird, mit dem man die kleineren Einheiten abwog.

Der Gebrauch von Laufgewichten führte zu der in der Römerzeit weitverbreiteten Schnellwaage. Bei diesem Gerät hält der Warenbehälter auf der einen Seite einem gegenüberliegenden langen Arm mit Teilstrichen genau das Gleichgewicht, wenn das verschiebbare Laufgewicht auf Null steht. Bei wachsendem Gewicht der Ware muß das Laufgewicht entsprechend weiter nach außen verschoben werden. Eine große Zahl solcher Waagen, meist aus Bronze und mit Schneiden-Lagerung, haben die Zeitläufe überstanden. Durch die Lagerung des Balkens auf einer Schneide wurde die Reibung verringert und die Präzision erhöht. Der Balken wurde dazu im Drehpunkt

durchbohrt und an einer messerscharfen Schneide aufgehängt.

### Probierkunde

Die griechische Wissenschaft, die sich ab 500 v. Chr. stark entwickelte, benötigte genaue Instrumente, besonders nachdem erkannt worden war, daß man die Reinheit von Gold durch Messung des spezifischen Gewichtes prüfen kann. Dazu bestimmte man das Gewicht eines Körpers zuerst in Luft und dann in Wasser.

Im achten Jahrhundert n. Chr. begannen arabische Wissenschaftler, gestützt auf Übersetzungen griechischer Texte, die Waagenkonstruktion weiter zu verbessern. Seitdem findet man z.B. in Schriften, die sich mit wertvollen Edelsteinen befassen, oft erstaunlich genaue Angaben über ihr spezifisches Gewicht, während eine kleine Zahl arabischer Abhandlungen ausschließlich der Konstruktion verschiedener Waagentypen für wissenschaftliche Zwecke gewidmet ist. Übersetzungen dieser Bücher ermöglichten europäischen Gelehrten im 12. Jahrhundert, sehr genaue Waagen zu bauen, nachdem einfache Waagen bereits im frühen Mittelalter gebräuchlich waren.

**Unten:** Eine deutsche Getreide-Schnellwaage aus dem 17. Jahrhundert. Das würfelförmige Laufgewicht wurde zur Gewichtsbestimmung auf dem unterteilten Hebel verschoben. Diese Waage wurde in England verboten, weil gewissenlose Händler sie verfälschen konnten.

**Unten:** Kopie einer Wikingerwaage, die aus einer Fundstätte auf der Insel Gotland stammt. Diese Bronze-waage ist tragbar und wurde zum Wägen von Gold und Silber benutzt. Der Ständer ist eine moderne Ergänzung — die Waage wurde früher in der Hand gehalten.

